

– I N A U G U R A L
– D I S S E R T A T I O N

zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Fakultät Raumplanung
der
Technischen Universität
Dortmund

Vorgelegt von
Lion Lukas Naumann, M.Sc.
aus: Bonn, Deutschland

Thema

*Geodata-Science in der Quartiersentwicklung:
Innovative Methoden für komplexe urbane
Herausforderungen*

—

Kumulative Dissertation

Betreuer:

Prof. Dr. Michael Nadler, Technische Universität Dortmund, Deutschland

Prof. Dr. Kristin Wellner, Technische Universität Berlin, Deutschland

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei Professor Nadler bedanken, der mich in den letzten fünf Jahren meiner Forschungstätigkeit vielfältig unterstützt hat. Seine wertvollen Anregungen und der konstruktive Austausch haben maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Ein großer Dank gilt weiterhin dem Team vom Lehrstuhl für Immobilienentwicklung der Technischen Universität Dortmund. Insbesondere möchte ich Fabian Göddert, Christoph Ebbing und Miriam Bretz danken, die stets ein offenes Ohr für fachlichen Austausch hatten und mich immer wieder motiviert haben, wenn ich Unterstützung benötigte. Ihre Hilfe war in vielerlei Hinsicht unverzichtbar.

Meinen Freunden möchte ich für ihre unermüdliche, persönliche Unterstützung danken. Sie haben mir gezeigt, wie wichtig und wertvoll es ist, sich auf Menschen verlassen zu können. Ihre Ermutigungen und die gemeinsamen Momente der Entspannung und des Lachens waren ein wichtiger Ausgleich zu meiner Forschungsarbeit. Meiner Familie gebührt ebenso ein besonderer Dank. Sie waren und sind meine persönliche Stütze in allen Lebenslagen. Ihre Liebe, ihr Glaube an mich und ihre stetige Unterstützung haben es mir ermöglicht, diesen Weg zu gehen und meine Ziele zu erreichen.

Abschließend möchte ich mich ganz besonders bei Isabelle Wachter bedanken. Sie war sowohl fachlich als auch persönlich mein wertvollster Rückhalt. Ohne ihre Unterstützung, Motivation und fachliche Expertise hätte ich die Herausforderungen dieser Arbeit nicht bewältigen können. Für all das und noch mehr bin ich ihr zutiefst dankbar.

Lion Lukas Naumann

Dortmund, den 28. Juli 2024

Kurzzusammenfassung

Die Stadtentwicklung in Deutschland steht vor einer doppelten Herausforderung: Einerseits der wachsende Bedarf an Wohnraum und andererseits die zunehmende Komplexität, die durch soziale und ökologische Anforderungen entsteht, wie die Förderung von Nachhaltigkeit und gemeinwohlorientierter Stadtentwicklung. Quartiere spielen als Lösungsebene eine entscheidende Rolle, da sie nicht nur Wohnraum bieten, sondern auch als Kernelemente für soziale Interaktion und ökologische Nachhaltigkeit in Städten fungieren. Trotz der zentralen Rolle, die Quartiere in diesem Kontext spielen, gibt es bisher nur wenige praktische Anwendungen von Geodata-Science-Methoden, die aufzeigen, wie diese zur Lösung der vielschichtigen Herausforderungen in der Quartiersentwicklung beitragen können. Diese Forschungslücke ist umso bedeutender, da Geodata-Science das Potenzial besitzt, die komplexen Strukturen und Dynamiken urbaner Quartiere präzise zu erfassen und zu analysieren.

Vor diesem Hintergrund wird in dieser Dissertation die Rolle der Geodata-Science in verschiedenen Phasen der Quartiersentwicklung beleuchtet und gezeigt, wie geografische Informationssysteme, gepaart mit freien und offenen Geodaten, innovative Ansätze für die Quartiersentwicklung bereitstellen. Diese technologischen Fortschritte sind essentiell, um die vielfältigen Herausforderungen der modernen Quartiersentwicklung anzugehen und ermöglichen es, fundierte, datenbasierte Entscheidungen zu treffen. Die hier präsentierten Ansätze zeigen sich im Verlauf der Forschungstätigkeit als besonders geeignet, um effektive Lösungen für die Quartiersentwicklung zu gestalten und somit den aktuellen und zukünftigen Anforderungen in der Stadtentwicklung effizient zu begegnen.

Im Speziellen fokussiert sich die Arbeit auf die Methoden aus dem Bereich der Geodata-Science, die geografische Daten in Kombination mit statistischen Analysemethoden nutzt, um die Komplexität urbaner Räume zu erfassen. Geodata-Science ermöglicht es, räumliche Muster zu erkennen und Beziehungen sowie Wechselwirkungen zwischen verschiedenen städtischen Elementen zu verstehen.

Die Dissertation präsentiert drei Forschungsarbeiten, um die vielfältigen methodischen Ansätze für die Quartiersentwicklung zu erproben und weiterentwickeln:

1. Ein GIS-gestütztes Optimierungsverfahren von Baufeldern für die Quartiersentwicklung, demonstriert am Beispiel des Holsten-Areals in Hamburg, kombiniert Fuzzy-Methodik mit einem heuristischen Optimierungsalgorithmus, um potenzielle Bauflächen zu bewerten und zu optimieren. Hierbei wird ein räumliches Muster in der Bauland-Eignung erkannt und darauf aufbauend eine Simulation der Baulandentwicklung durchgeführt. Dieser Ansatz erweist sich insbesondere für die Modellierung städtebaulicher Parameter in einer frühen Planungsphase als nützlich.
2. Eine empirische Untersuchung von fünf Quartiersprojekten in Düsseldorf, die sowohl quantifizierbare städtebauliche Merkmale als auch individuelle Zufriedenheit der Bevölkerung mittels Haupt-

komponentenregression analysiert, um ein umfassendes Verständnis von erfolgreichen Quartiersentwicklungen zu erlangen. Bei der Untersuchung der Zufriedenheitsmuster wird ersichtlich, dass eine bewohnerzentrierte Sichtweise auch in der Quartiersentwicklung eine stärkere Fokussierung auf die Vernetzung mit anderen städtebaulichen Ebenen wie der Wohnungs- und Stadtebene einbeziehen sollte.

3. Eine Evaluierung quartiersbezogener städtebaulicher Regulierungen in Berlin, der die langfristigen Auswirkungen von Milieuschutzmaßnahmen auf den Immobilienmarkt untersucht. Hierbei werden Transaktionsdaten unter Anwendung einer Differenz-in-Differenzen (DiD) sowohl räumlich als auch zeitlich in Beziehung zu Quartierscharakteristika und weiteren räumlichen Daten gesetzt. Diese Analyse demonstriert die komplexe Wechselwirkung zwischen stadtplanerischen Regulierungen und den Dynamiken des Immobilienmarktes.

Diese Arbeit bietet einen tiefgreifenden Einblick in innovative Techniken und Strategien der Geodata-Science, die es ermöglichen, komplexe Quartiersstrukturen besser zu verstehen und effektiv zu gestalten. Sie betont die Bedeutung der kontinuierlichen Weiterentwicklung dieser Methoden, um die Effektivität der Quartiersplanung und -entwicklung zu steigern.

Abstract

Neighborhood development in Germany is confronted with a dual challenge: on one hand, there is a growing demand for housing, and on the other, an increasing complexity arising from social and ecological requirements, such as the promotion of sustainability and community-oriented urban development. Neighborhoods play a substantial role as a solution in this context, as they not only provide housing but also serve as core elements for social interaction and ecological sustainability in cities. Despite the central role that neighborhoods play, there has been limited practical application of Geodata-Science methods to demonstrate how these can contribute to addressing the multifaceted challenges in neighborhood development. This research gap is particularly significant, as Geodata-Science has the potential to precisely capture and analyze the complex structures and dynamics of neighborhood developments.

Considering this background, the dissertation illuminates the role of Geodata-Science in various phases of neighborhood development and shows how Geographic Information Systems, combined with free and open geodata, provide innovative approaches for neighborhood development. These technological advances are essential to tackle the diverse challenges of modern neighborhood development and enable informed, data-based decision making. The interdisciplinary approaches presented here prove to be particularly suitable during the course of research activities for creating effective and sustainable solutions for neighborhood development, thus efficiently meeting current and future requirements in urban development.

Specifically, the work focuses on the methods of Geodata-Science, which use geographic data and statistical analysis methods to capture the complexity of urban spaces. Geodata-Science allows for the recognition of spatial patterns and the understanding of relationships and interactions between various urban elements.

The dissertation presents three research papers to test and develop diverse methodological approaches for neighborhood development:

1. A GIS-supported optimization procedure for construction sites in neighborhood development, demonstrated using the example of the Holsten-Areal in Hamburg, combines fuzzy methodology with a heuristic optimization algorithm to evaluate and optimize potential construction sites. A spatial pattern in the suitability of building land is recognized, forming the basis for a simulation of land development. This approach is particularly useful for modeling urban planning parameters in an early planning phase.
2. An empirical investigation of five neighborhood development projects in Düsseldorf, analyzing both quantifiable urban planning features and individual satisfaction of the population using principal component regression, to gain a comprehensive understanding of successful neighborhood

developments. The examination of satisfaction patterns reveals that a resident-centered perspective in neighborhood development should increasingly focus on networking with other urban planning levels such as housing and city level.

3. An evaluation of urban planning regulations related to neighborhoods in Berlin, examining the long-term effects of milieu protection measures on the real estate market. Transaction data are analyzed using a difference-in-difference analysis, spatially and temporally related to neighborhood characteristics and other spatial data. This analysis demonstrates the complex interaction between urban planning regulations and the dynamics of the real estate market.

This work offers an in-depth insight into innovative techniques and strategies of Geodata-Science, enabling a better understanding and effective shaping of complex urban structures and processes. It emphasizes the importance of the continuous development of these methods to enhance the effectiveness of neighborhood planning and development.

Eidesstattliche Versicherung

Gemäß § 11 der Promotionsordnung der Fakultät Raumplanung der Technischen Universität Dortmund erkläre ich folgende Punkte:

1. Bei der eingereichten Dissertation zu dem Thema „*Geodata-Science in der Quartiersentwicklung: Innovative Methoden für komplexe urbane Herausforderungen*“ handelt es sich um meine eigenständig erbrachte Leistung.
2. Ich habe nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und mich keiner unzulässigen Hilfe Dritter bedient. Insbesondere habe ich wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Inhalte als solche kenntlich gemacht.
3. Die Arbeit oder Teile davon habe ich bislang nicht an einer Hochschule des In- oder Auslands als Bestandteil einer Prüfungs- oder Qualifikationsleistung vorgelegt.
4. Die Richtigkeit der vorstehenden Erklärungen bestätige ich.
5. Die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung sind mir bekannt.

Ich versichere an Eides statt, dass ich nach bestem Wissen die reine Wahrheit erkläre und nichts verschwiegen habe.

Ort und Datum

Lion Lukas Naumann

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Kurzzusammenfassung	iii
Abstract	v
Eidesstattliche Versicherung	vii
Abbildungsverzeichnis	xi
Tabellenverzeichnis	xii
Abkürzungsverzeichnis	xiii
I Synopse	1
1 Einleitung	3
1.1 Forschungshintergrund	3
1.2 Forschungsziel	5
1.3 Aufbau der Arbeit	6
2 Transformation der Quartiersentwicklung durch Geodata-Science	9
2.1 Die Quartiersentwicklung in der Stadtplanung und Immobilienwirtschaft	9
2.2 Data-Science Methoden in der Quartiersentwicklung	13
2.2.1 Anwendung in der städtebaulichen Forschung	15
2.2.2 Anwendung in der soziologischen Quartiersforschung	15
2.2.3 Anwendung in der Umwelt- und klimabezogenen Quartiersforschung	16
2.2.4 Anwendung in der immobilienökonomischen Forschung	16
3 Methodik und zentrale Erkenntnisse bei der Anwendung von Geodata-Science in der Quartiersentwicklung	19
3.1 GIS-basierte multidimensionale Verfahren zur optimalen Baulandentwicklung	20
3.2 Erfolgsfaktoren und Quartierszufriedenheit in neuen Stadtquartieren	25
3.3 Empirical effects of the designation of milieu protection areas	30
4 Schlussfolgerungen und Ausblick	37

4.1	Diskussion der Ergebnisse der Arbeiten im Zusammenhang	37
4.2	Kritische Reflexion des Forschungsprozesses	41
4.3	Forschungsausblick	44
	Literaturverzeichnis	49
	II Publikationen	59
1	GIS-basierte multidimensionale Verfahren zur optimalen Baulandentwicklung im Städtebau anhand des Beispiels des innerstädtischen Projekts Holsten-Areal in Hamburg . . .	62
2	Führen städtebaulich erfolgreiche Quartiersentwicklung zu zufriedenen Bewohner: innen? Ein geodatenbasierter Abgleich von Erfolgsfaktoren der Quartiersentwicklung mit der Wohnzufriedenheit in fünf neuen Stadtquartieren Düsseldorfs	80
3	Empirical effects of the designation of milieu protection areas on the residential property market in Berlin	120

Abbildungsverzeichnis

1.1	Anzahl internationaler Publikationen im Bereich Geoinformationssysteme (GIS) in der Stadt- und Quartiersentwicklung (2000 bis 2022)	6
1.2	Aufbau der Arbeit	7
3.1	Darstellung der Methodik zur GIS-basierten multidimensionalen Baulandentwicklung	22
3.2	Ergebnis der generierten Baufelder mit dem PRG und 3D-Modellierung	24
3.3	Forschungsdesign zur Untersuchung von Erfolgsfaktoren und Quartierszufriedenheit.	27
3.4	Erreichbarkeit der Erholungsflächen in den Quartieren Düsseldorfs	28
3.5	Forschungsdesign zur Untersuchung der empirischen Auswirkungen von Milieuschutzgebieten auf den Wohnimmobilienmarkt in Berlin	32
3.6	Karte der Milieuschutzgebiete in Berlin	34

Tabellenverzeichnis

3.1 Übersicht über die Fachartikel	20
--	----

Abkürzungsverzeichnis

ALKIS	Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem
BBR	Bundesamts für Bauwesen und Raumordnung
BGF	Bruttogrundfläche
CIM	City-Information-Modeling
DiD	Differenz-in-Differenzen
GFZ	Geschossflächenzahl
GIS	Geoinformationssysteme
GIS-MCDA	GIS-Multi-Criteria Decision Analysis
GRZ	Grundflächenzahl
GWR	Geographically-Weighted-Regression
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
MPA	Milieuschutzgebiet
NGIS	Nationale Geoinformations-Strategie
OLS	Ordinary-Least-Squares
OZG	Onlinezugangsgesetz
PCR	Principal-Component-Regression
PPGIS	Public-Participation-GIS
PRG	Parameterized-Region-Growing
PSG	Parameterized-Shape-Growing
SoVI	Social Vulnerability Index
SRG	Simple-Region-Growing
ZIA	Zentraler Immobilien Ausschuss

Teil I

Synopse

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Forschungshintergrund

Deutschland steht vor einer wachsenden Herausforderung hinsichtlich des Wohnungsangebots: Bis zum Jahr 2030 wird ein jährlicher Bedarf zwischen 125.000 und 334.000 neuen Wohnungen prognostiziert, wobei die regionale Nachfrage stark variiert (Braun und Grade, 2023). Die aktuell schwierige wirtschaftliche Lage in der Immobilienbranche verschärft diese bereits bestehende Problematik, die sich zu einer gesellschaftlichen Herausforderung ausweiten könnte. Die derzeitigen Baufertigstellungszahlen decken den wachsenden Bedarf an Wohnraum bei Weitem nicht, der Zentraler Immobilien Ausschuss (ZIA) prognostiziert bis 2025 daher einen Wohnungsmangel von bis zu 700.000 Einheiten (Zentraler Immobilien Ausschuss e.V., 2023). Diese Entwicklung könnte zu steigenden Mietpreisen und weiteren wirtschaftlichen Folgeschäden führen.

Quartiersentwicklungen spielen hierbei eine zentrale Rolle, da sie nicht nur auf den akuten Wohnraumbedarf reagieren, sondern auch eine treibende Kraft für die Immobilienentwicklung darstellen. Durch die integrierte Planung und Gestaltung urbaner Quartiere entstehen attraktive Lebensräume, die sowohl ökonomische als auch soziale und ökologische Anforderungen erfüllen. Dies ist besonders relevant in einem sich wandelnden Immobilienmarkt, wo nachhaltige und innovative Quartierslösungen einen immer bedeutenderen Einfluss auf die Marktwertentwicklung und die Attraktivität städtischer Gebiete haben (Götzen, 2021).

Angesichts der zunehmenden Wohnraumknappheit rücken große, städtebaulich signifikante Strukturen wie Quartiere in den Mittelpunkt der Planungsstrategien von Kommunen in Regionen mit angespannten Wohnungsmärkten (Spars und Guhl, 2021). Die Entwicklung städtischer Quartiere steht vielfach im Zentrum der modernen Stadtplanung und bildet ein vitales Element für die Gestaltung lebenswerter, nachhaltiger urbaner Räume (Bott und Siedentop, 2018a). Als komplexe, multifunktionale Einheiten reflektieren Quartiere die sozialen, ökonomischen und ökologischen Dynamiken einer Stadt (Schnur et al., 2014). Sie bieten daher und zugleich einen geeigneten Rahmen in der Stadtplanung für die praktische Umsetzung städtebaulicher Visionen und sind somit als Spiegelbild des städtischen Lebens ein Katalysator für städtische Erneuerungsprozesse (Wieland, 2014). Insbesondere in Ballungsräumen gewinnen Quartiersentwicklungen an Bedeutung, da sie sowohl eine Antwort auf den akuten Wohnraumbedarf bieten, als auch eine Schlüsselrolle in der Stadtentwicklung und Imagebildung einnehmen. Sie adressieren dabei Herausforderungen wie die effiziente Steuerung der Wohnungsversorgung, die Förderung nachhaltiger Mobilitätskonzepte und die Schaffung lebenswerter, sozial diversifizierter und ökologisch nachhaltiger urbaner Räume (Freudenau et al., 2021).

Die Planung, Realisierung und das Management der Quartiere stellen Stadtplaner jedoch vor eine Vielzahl komplexer Herausforderungen, die einen ganzheitlichen Ansatz verlangen, welcher soziale, ökonomische, ökologische und technologische Aspekte gleichermaßen berücksichtigt (Anders, 2015). In der aktuellen städtebaulichen Landschaft ergibt sich daher eine komplexe Situation: Einerseits steht die Stadtplanung in Ballungsräumen vor der Herausforderung, neue Stadtquartiere zu entwickeln, die nicht nur Wohnraum bieten, sondern auch soziale, ökologische und ökonomische Aspekte berücksichtigen (Freudenau et al., 2021). Andererseits muss sie sich mit den vielfältigen Problemen in Bestandsquartieren auseinandersetzen, insbesondere hinsichtlich der Schaffung sozial gerechter Wohnverhältnisse und der ökologischen Sanierung des Gebäudebestands (Han et al., 2020).

In beiden Kontexten – der Entwicklung neuer Quartiere und dem Management bestehender – zeigen datenzentrierte Ansätze, wie zum Beispiel die Nutzung von Big-Data und maschinellem Lernen, ein beachtliches Potenzial (Bibri, 2019). Während diese Methoden noch nicht flächendeckend etabliert sind, wird ihre Bedeutung für eine effiziente und zielgerichtete Quartiersentwicklung zunehmend erkannt (Wang und Vermeulen, 2020). Die Fortschritte in der Data-Science verändern die Art und Weise, wie gesellschaftliche Prozesse analysiert und interpretiert werden. Durch riesige Datenmengen wird es Computern ermöglicht, aus diesen Daten zu lernen und selbständig Schlüsse zu ziehen (Kitchin und Lauriault, 2019). Dies markiert einen tiefgreifenden Wandel in der Datenverarbeitung und eröffnet neue Dimensionen in der Erforschung und Gestaltung unserer Gesellschaft (Kitchin und Lauriault, 2019). Aktuell stehen wir an der Schwelle zu einer neuen Ära, in der die Digitalisierung, die Datenanalyse und die Automatisierung einen entscheidenden Einfluss auf die Gestaltung urbaner Räume nehmen. Diese datenzentrierte Herangehensweise wird immer mehr zur Grundlage für die Entwicklung intelligenter und nachhaltiger städtischer Umgebungen. Sie ermöglicht es, fundierte und datengesteuerte Entscheidungen zu treffen, die den gesamten Lebenszyklus urbaner Räume umfassen – von der Planungsphase über die Nutzung bis hin zur Umnutzung (Bibri, 2019; Kitchin und Lauriault, 2019).

In der Quartiersentwicklung spielt die räumliche Komponente der Data-Science eine entscheidende Rolle (Cartone und Postiglione, 2020). Diese spezialisierte Disziplin nutzt geografische Daten und Methoden, um die Komplexität urbaner Räume zu erfassen und zu analysieren (Arribas-Bel, 2019). Sie ermöglicht es, räumliche Muster zu erkennen und Beziehungen sowie Wechselwirkungen zwischen verschiedenen städtischen Elementen zu verstehen, was für eine zielgerichtete und effiziente Gestaltung von Quartieren unerlässlich ist (Shi et al., 2022; Arribas-Bel, 2019). Um diese Komplexität zu verstehen und zu berücksichtigen, ist die geografische Perspektive von zentraler Bedeutung (Cartone und Postiglione, 2020). Durch die Anwendung geografischer Datenanalysen erhalten Entscheidungsträger fundierte Einblicke über soziale, ökologische und wirtschaftliche Aspekte bei der Quartiersentwicklung. Der freie und offene Zugang zu raumbezogenen Informationen, insbesondere zu Daten, die von öffentlichen Institutionen bereitgestellt werden, wird als eine grundlegende Voraussetzung für die Entwicklung und Anwendung von datenzentrierten Ansätzen in der städtischen Planung gesehen (Neves et al. (2020); Fleischmann et al. (2021)). In Deutschland wurde diese Voraussetzung durch verschiedene Initiativen auf nationaler und europäischer Ebene erfüllt. Essentielle Daten für die Quartiersebene, wie das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS), Austauschformate für Plandokumente wie XPlanung und Laserscan-Daten, wurden im Rahmen dieser Initiativen öffentlich zugänglich gemacht. Diese Entwicklung, ausführlich dokumentiert in dem 5. Geo-Fortschrittsbericht der Bundesregierung, schafft die notwendige Grundlage für die Erprobung und Anwendung von Geodata-Science-Methoden in der Quartiersentwicklung und trägt somit zur Effizienzsteigerung und Innovation in der städtischen Planung bei

(Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 2021). Allerdings wurden diese Potenziale bislang nur in begrenztem Umfang realisiert.

Die Analyse des Forschungsstandes zu GIS und empirischen Untersuchungen in der Quartiersentwicklung, basierend auf einer zielgerichteten Publikationsauswertung der Elsevier Scopus-Datenbank aus Abbildung 1.1, offenbart eine Diskrepanz zwischen dem generellen Interesse an geografischen Methoden in der Stadtplanung und der spezifischen wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit der räumlichen Analyse der Quartiersebene. Dies lässt sich an der Auswertung der Keywords 'Urban Development' und 'Neighborhood Development' in internationalen Fachartikeln zeigen. Urban Development konzentriert auf breitere städtebauliche Fragestellungen, wie in der Arbeit von Ren (2015) über Implikationen städtischer Urbanisierungstrends. Hingegen befasst sich Neighborhood Development spezifischer mit der Entwicklung und Aufwertung einzelner Quartiere, wie in den Untersuchungen von Smith (2015) zu Bewertungssystemen neu errichteter Quartiere oder Spars und Guhl (2021) zur empirischen Untersuchung von Merkmalen deutscher Quartiersentwicklungen.

Trotz der wachsenden Bedeutung solcher quartiersspezifischen Themen in der Praxis bleibt die spezifische wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Geodata-Science in der Quartiersentwicklungen im Vergleich zur allgemeineren Thematik urbaner Fragestellungen in der akademischen Literatur unterrepräsentiert. Die Analyse des akademischen Publikationsaufkommens im Jahr 2023 offenbarte, dass im Bereich der 'Urban Development' mehr als 3200 wissenschaftliche Beiträge verzeichnet wurden, wohingegen die spezifischer fokussierte Domäne der 'Neighborhood Development' lediglich 46 Veröffentlichungen aufweisen konnte (vgl. Abbildung 1.1). Trotz einer Verdreifachung der Veröffentlichungen im letzten Jahrzehnt – ein Indikator für ein wachsendes Bewusstsein – ist die Präsenz dieses Themas in internationalen Publikationen zu Forschungen bisher vergleichsweise gering. Die Entwicklung hin zu einem erkennbaren Trend innerhalb der akademischen Diskussion spiegelt sich lediglich in der zunehmenden Berücksichtigung von Geografie als Datenpunkt und geografischer Erweiterung von Methoden bei der Modellierung von Kauf- und Mietpreise (Stang et al., 2022). Angesichts der steigenden Herausforderungen in der Quartiersentwicklung wird eine thematische Erweiterung und vertiefte Auseinandersetzung mit räumlichen Daten in diesem Forschungsfeld jedoch immer notwendiger.

1.2 Forschungsziel

Diese Dissertation vertieft daher die Anwendung der Geodata-Science für städtebauliche Fragestellungen in verschiedenen Bereichen der Quartiersentwicklung. Hierbei werden vielfältige methodische Ansätze in verschiedenen Kontexten erprobt und weiterentwickelt, die auf die Bedürfnisse und Herausforderungen der modernen Quartiersentwicklung zugeschnitten sind. Zu diesen Herausforderungen zählen beispielsweise der Flächendruck in dicht besiedelten Gebieten, die Bewertung der Bewohnerzufriedenheit in Quartieren sowie die Untersuchung von Quartiersmaßnahmen zur Mitigierung von Verdrängung und deren Auswirkungen auf das Angebot und die Preise von Eigentumswohnungen in den Quartieren. Diese Arbeit leistet einen Beitrag zur Forschung über die Quartiersentwicklung, indem sie Einblicke in innovative Geodata-Science Methoden bietet. Diese ermöglichen es, komplexe urbane Strukturen und Prozesse nicht nur besser zu verstehen, sondern auch effektiv zu gestalten.

Vor diesem Hintergrund leistet die vorliegende Arbeit einen signifikanten Beitrag, indem sie verschiedene Ansätze zur Methodenergänzung in der städtebaulichen Quartiersentwicklung verfolgt. Sie adressiert eine Forschungslücke bezüglich der Demonstration einer konkreten Nutzung von geografischen Data-Science-Methoden in der Quartiersentwicklung. Das primäre Ziel dieser Arbeit ist es, den Einsatz

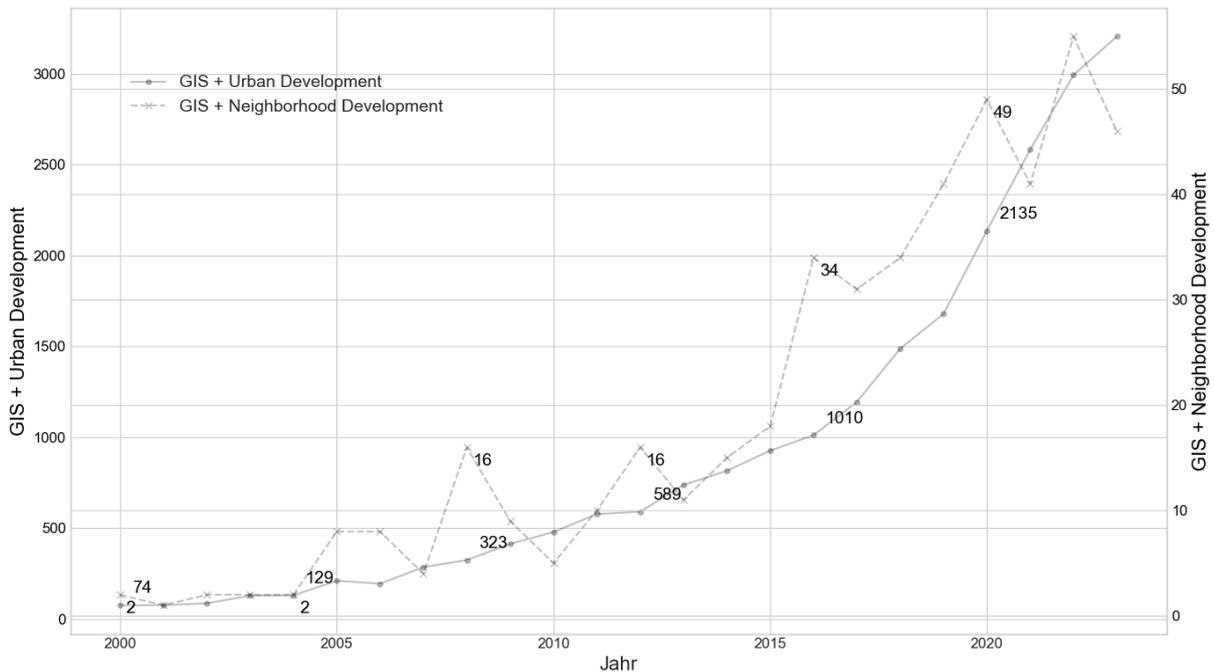


Abbildung 1.1: Die Abbildung zeigt die Anzahl internationaler Publikationen im Bereich GIS in der Stadt- und Quartiersentwicklung, gruppiert nach dem Jahr der Veröffentlichung ab dem Jahr 2000 bis einschließlich 2022. Für die Datenabfrage wurden verschiedene Varianten der Schlüsselwörter 'GIS', 'urban development' und 'neighborhood development' verwendet. Die Daten wurden aus der Elsevier Scopus-Datenbank abgerufen.

diverser Methoden der Geodata-Science mit dem Fokus auf die Quartiere praktisch zu verdeutlichen und gleichzeitig sowohl deren Potenziale als auch mögliche Nachteile kritisch zu untersuchen. Diese Analyse wird durch Praxisbeispiele in den Großstädten Hamburg, Berlin und Düsseldorf gestützt, um ein Verständnis der realen Anwendbarkeit dieser Methoden in verschiedenen städtischen Kontexten zu demonstrieren. Die Ansätze reichen von der Analyse räumlicher Daten bis hin zur Integration in die Planungspraxis und bieten somit innovative Lösungsansätze für die vielschichtigen Herausforderungen in der Quartiersentwicklung.

Die Dissertation konzentriert sich dabei hauptsächlich auf die Phasen der Baulandentwicklung, Konzeption und der Nutzungsphase, da in diesen Phasen städtebauliche Fragestellungen von besonderer Bedeutung sind. Hier sind die Möglichkeiten zur Beeinflussung und Gestaltung am größten, und die Auswirkungen von planerischen Entscheidungen sind am deutlichsten messbar. Durch die Verknüpfung von Theorie und Praxis strebt die Arbeit an, sowohl die akademische Diskussion zu bereichern als auch konkrete Handlungsempfehlungen für die Quartiers- und Immobilienentwicklung zu liefern, und Perspektiven für zukünftige Forschung sowie praktische Anwendungen in diesem Bereich aufzuzeigen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Dissertation stellt eine synoptische Darstellung der Forschungsaktivitäten und Erkenntnisse zusammen, die im Zeitraum von 2019 bis 2023 vom Autor entwickelt wurden. Die Arbeit bündelt die wesentlichen Ergebnisse aus drei wissenschaftlichen Artikeln und gliedert sich in zwei zentrale Teile.

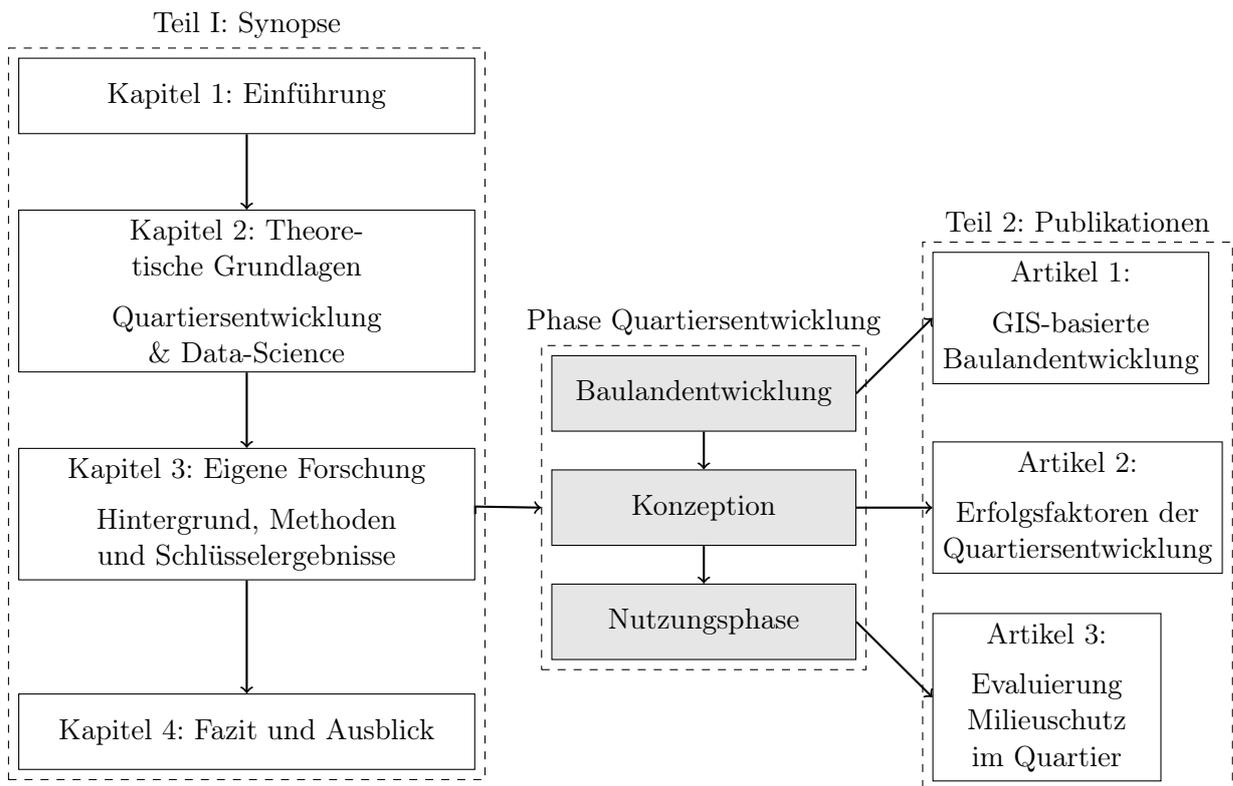


Abbildung 1.2: Die Abbildung zeigt den strukturierten Aufbau der vorliegenden Arbeit, unterteilt in einzelne Kapitel und deren inhaltliche Schwerpunkte.

Sie repräsentiert somit eine kohärente Aufarbeitung und Reflexion der durchgeführten Forschungen. Abbildung 1.2 veranschaulicht den Aufbau der Arbeit, welcher sich in vier Hauptkapitel gliedert.

Kapitel Zwei legt die theoretischen Grundlagen dar, indem es die Bedeutung des für die Arbeiten immanenten Begriffs der Quartiersentwicklung erörtert und aufzeigt, wie geografische Data-Science-Methoden zum besseren Verständnis dieser eingesetzt werden können. Dieses Kapitel bildet das theoretische Fundament für die Kenntnis der nachfolgenden Forschungsergebnisse und deren praktische Anwendung. Das dritte Kapitel widmet sich der Präsentation der eigenen Forschung. Hier werden der Forschungsanlass, die Methoden und die Ergebnisse der drei im Rahmen der Dissertation erarbeiteten Publikationen vorgestellt. Diese Publikationen sind eng mit den Phasen der Baulandentwicklung, Konzeption und der Nutzungsphase verbunden, was in der Abbildung 1.2 durch die Zuordnung der Artikel zu den entsprechenden Phasen illustriert wird. Die praktische Anwendung der in Kapitel Zwei besprochenen Methoden steht dabei im Mittelpunkt. Das vierte Kapitel zieht Bilanz über die durchgeführten Untersuchungen und gibt einen Ausblick auf künftige Entwicklungen und Herausforderungen in der Quartiersentwicklung im Zusammenhang mit Geodata-Science-Methoden. Es reflektiert die gesamte Forschungsarbeit, fasst die Hauptkenntnisse zusammen und diskutiert deren praktische Anwendbarkeit. Zudem wird aufgezeigt, wie diese Erkenntnisse die akademische Diskussion bereichern und konkrete Handlungsempfehlungen für die Praxis bieten.

Im zweiten Teil der Arbeit sind die drei Publikationen angehängt, die sich jeweils auf die genannten Phasen der Quartiersentwicklung beziehen. Diese Publikationen liefern die vertiefenden Einblicke und detaillierte Ergebnisse zu den jeweiligen Themenbereichen, auf die sich die vorliegende Synopse bezieht.

Kapitel 2

Transformation der Quartiersentwicklung durch Geodata-Science

Das vorliegende Kapitel thematisiert, wie die Quartiersentwicklung durch den Einsatz von Geodata-Science-Methoden transformiert werden kann. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Einbettung der Quartiersentwicklung in die städtebauliche Projektentwicklung, die laut Mrosek (2011) als Synthese betriebs- und immobilienwirtschaftlicher Handlungslogiken mit den Herausforderungen und Zielen des Städtebaus verstanden wird. Diese Perspektive ist essenziell, da in den letzten Jahrzehnten ein Wandel in der Quartiersentwicklung stattgefunden hat, der maßgeblich durch die zunehmende Einbindung privater Akteure beeinflusst wird. Dieser Wandel ist im Kontext kontinuierlicher Planungs- und Entwicklungsstrategien zu sehen und prägt entscheidend die Prozesse in der Quartiersentwicklung (Schulte und Pelzeter, 2011).

2.1 Die Quartiersentwicklung in der Stadtplanung und Immobilienwirtschaft

Die Quartiersentwicklung in Deutschland hat sich in den letzten Jahrzehnten, insbesondere seit den 1990er Jahren, durch Strukturwandel-bedingte Revitalisierungsmöglichkeiten von brachliegenden Industrie- und Gewerbearealen tiefgreifend verändert (Dziomba, 2009; Freudenau et al., 2021). Diese Entwicklungen haben transformative Geschäftsfelder für die private Immobilienwirtschaft geschaffen und bieten für die öffentlichen Akteure neue Möglichkeiten für die städtebauliche Gestaltung (Feldmann, 2009; Mrosek, 2011). In diesem Zusammenhang gewinnt die Entwicklung von Quartieren an strategischer Bedeutung, sowohl für die kommunale Stadtplanung als auch für die Immobilienwirtschaft (Schütz und Feldmann, 2008).

Obwohl sich die Definitionen von Quartieren in der wissenschaftlichen Literatur unterscheiden, findet sich ein grundlegender Konsens darüber, dass Quartiere als abgegrenzte räumliche Segmente des städtischen Raums verstanden werden, die sich durch ihre charakteristischen Strukturmerkmale signifikant von ihrer Umgebung abgrenzen (Schnur et al., 2014; Bott und Siedentop, 2018a). Neue Quartiere charakterisieren Feldmann (2009) und Guhl (2018) als innerstädtische oder innenstadtnahe Bereiche mit vielfältiger Nutzungsmischung, gehobener baulicher Dichte und robuster Stadtstruktur, während bei der

Auseinandersetzung mit Quartieren bei Wieland (2014) der Fokus auf die räumliche Ausdehnung und das Entwicklungspotenzial legt. Beide Sichtweisen betonen die Bedeutung einer funktionierenden Infrastruktur und öffentlicher Räume sowie die Homogenität und Stabilität der Quartierstruktur.

Diese konzeptionellen Überlegungen stehen im Einklang mit der Definition urbaner Stadtquartiere des Bundesamts für Bauwesen und Raumordnung (BBR). In den von Breuer und Schmell (2007, 2012) sowie von Freudenaus et al. (2021) verfassten BBR-Publikationen werden Stadtquartiere anhand von vier zentralen Kennzeichen definiert:

- Sie müssen nach 1990 erbaut worden sein,
- eine Mindestgröße von entweder 500 Wohnungen, 1.000 Einwohnern oder zehn Hektar Fläche erreichen,
- primär als Wohnraum dienen und
- auf einer einheitlichen städtebaulichen Konzeption basieren.

In dieser Dissertation wird eine spezifischere Definition von Quartieren nach Guhl (2018) angewendet, die, in Übereinstimmung mit den grundlegenden Merkmalen der vom BBR bereitgestellten Definition, das Kriterium der Mindestgröße auf vier Hektar festlegt. Diese Definition eignet sich besser für die Analyse von Quartieren, die in städtischen Kontexten oft kleinere Flächen umfassen. Die Kernaspekte der Definitionen – die Betonung der innerstädtischen Lage, der Nutzungsmischung, der baulichen Dichte und der Infrastruktur – bleiben dabei bestehen.

Quartiere bieten eine Projektionsfläche für vielfältige städtebauliche Ziele im 21. Jahrhundert, wie effiziente Flächennutzung, klimaneutrale Mobilität und soziale sowie grüne Infrastrukturen. Sie unterscheiden sich von der übergeordneten Stadtebene durch ihre unmittelbare Erfahrbarkeit für die Bewohner und bieten im Vergleich zur Gebäudeebene eine signifikant einflussreichere Ebene für die Realisierung städtebaulicher Ziele (Schnur et al., 2014). Daher nehmen Quartiere eine Schlüsselposition in der kontinuierlichen Aktualisierung und Implementierung strategischer Planungsziele ein, reflektieren die dynamischen Anforderungen moderner urbaner Lebensräume und dienen zugleich als geeignete Rahmenbedingungen in der Stadtplanung für die praktische Umsetzung städtebaulicher Visionen (Freudenaus et al., 2021). In dieser Funktion wirken sie als Katalysator für urbane Erneuerungsprozesse und spiegeln das städtische Leben wider (Wieland, 2014).

Über die bloße Wohnfunktion hinaus werden Quartiere als zentrale Kommunikations- und Handlungsorte in der Immobilienentwicklung betrachtet, die eine tiefgreifende soziale und funktionale Bedeutung für ihre Bewohner haben (Schnur et al., 2014). Doch diese Entwicklungen sind nicht ohne Kontroversen. In den letzten Jahren hat eine zunehmende zivilgesellschaftliche Kritik und mediale Auseinandersetzung über Themen wie soziale Segregation und die negativen Auswirkungen von Gentrifizierung – befeuert durch Luxussanierungen, hochpreisige Neubauprojekte und steigende Mieten – die Diskussion um Quartiersentwicklung bereichert und herausgefordert (Schnur et al., 2014).

Die empirische Forschung zu Quartieren zeigt mehrere Trends in den letzten Jahren auf. Ein Trend ist die Entwicklung neuer Stadtquartiere, die insbesondere in Ballungsräumen und Wachstumsregionen von Bedeutung sind (Guhl, 2018). Hierbei ist die Aktivierung durch Nachverdichtung und Brachflächenregenerierung bei Stadtquartieren ein wichtiger Bestandteil (Spars und Guhl, 2021). Aber auch die Nutzung der grünen Wiese nimmt seit kurzem wieder zu, insbesondere in Großstädten, wo nur begrenztes Potenzial für Brachflächenaktivierung besteht (Freudenaus et al., 2021). Darüber hinaus nimmt die effiziente Flächennutzung durch neue Stadtquartiere mit der Verknappung der bebaubaren Flächen zu. Es gibt auch einen Trend zu kleineren Plangebietern und höherer baulicher Dichte, was bedeutet, dass auch die Qualifizierung durch öffentliche und privaten Freiräume für gesunde Lebens- und Arbeitsbedingungen

immer wichtiger wird (Guhl, 2018; Freudenau et al., 2021). Schließlich gibt es einen Trend zum Einsatz verschiedener Planungsinstrumente, einschließlich einer Kombination aus informellen und formellen Instrumenten, wie z. B. Qualitätssicherungsverfahren, die eine gute Grundlage für hohe städtische Qualität und Innovation bieten (Guhl, 2018; Freudenau et al., 2021; Breuer, 2013).

Aus der Perspektive der Immobilien-Projektentwicklung ist die Quartiersentwicklung Teil der städtebaulichen Projektentwicklung (Feldmann, 2009). Im Gegensatz zur Bebauung einzelner Grundstücke beinhaltet diese ebenfalls die Einbeziehung des Planungsrechts. Quartiersentwicklungen als städtebauliche Projekte stellen eine spezifische Kategorie innerhalb des Spektrums der Immobilien- und Infrastrukturprojekte dar. Sie unterscheiden sie sich laut Köster (2006) signifikant von Einzelprojekten und Infrastrukturprojekten in mehreren Schlüsselaspekten:

- **Komplexität:** Städtebauliche Projekte umfassen oft die Entwicklung ganzer Quartiere oder Stadtteile, während Einzelprojekte und Infrastrukturprojekte sich meist auf spezifische, isolierte Anlagen konzentrieren.
- **Räumliche Einbindung:** Städtebauliche Projekte betreffen, im Gegensatz zu Einzelprojekten, die sich auf spezialisierte Anlagen wie Einkaufszentren oder Sportstätten fokussieren, häufig innerstädtische Kerngebiete und mischgenutzte Quartiere.
- **Nutzungsvielfalt:** Städtebauliche Projekte beinhalten eine breite Palette von Nutzungstypen, von gewerblich bis wohnwirtschaftlich, während sich Infrastrukturprojekte primär auf technische oder soziale Infrastruktur konzentrieren.
- **Rechtliche Einbindung:** Die Berücksichtigung des Planungsrechts ist in städtebaulichen Projekten ein wesentlicher Faktor, der über die baurechtlichen Voraussetzungen von Einzelprojekten hinausgeht.

Für die Immobilienwirtschaft bieten Quartiersentwicklungen die Möglichkeit, durch einen vielfältigen Nutzungsmix und Nutzungssynergien Risiken zu diversifizieren, während sie gleichzeitig transformative Geschäftsfelder erschließen, insbesondere durch die Revitalisierung ehemaliger Industrie- und Gewerbegebiete (Schütz und Feldmann, 2008). Sie entscheiden sich aufgrund verschiedener Faktoren wie dem Gewinnpotenzial, der Nachfrage nach Wohnraum in bestimmten Gebieten und der Verfügbarkeit von erschwinglichem Bauland, Quartiere zu entwickeln. Auch wenn die Beteiligung privater Projektentwickler an der Entwicklung neuer Quartiere momentan kurzfristig rückläufig ist, sind einige Gemeinden mit hoher Wohnungsnachfrage und hohen Grundstückswerten aufgrund der hohen Kosten und personellen Einschränkungen bei der kommunalen Entwicklung nach wie vor auf private Entwickler angewiesen (Freudenau et al., 2021).

Private Immobilienunternehmen, die Quartiersentwicklungsprojekte durchführen, verbinden die städtebauliche Ebene mit dem immobilienwirtschaftlichen Ansatz der Immobilienprojektentwicklung (Mrosek, 2011). Hier basiert die Stadtentwicklung in erster Linie auf unternehmerischem Kalkül (Mrosek, 2011). Die wichtigsten institutionellen Rahmenbedingung und auch das grundlegende Risiko städtebaulicher Projektentwicklungen besteht darin, dass die Erlangung von Planungsrechten als Grundvoraussetzung für jede Gebäudenutzung in einen lokalen politischen und administrativen Entscheidungsprozess eingebettet ist. Das politisch-administrative System der Gemeinde wird somit zum Dreh- und Angelpunkt der städtebaulichen Projektentwicklung und führt zu Verhandlungs- und Verhandlungsprozessen zwischen der Gemeinde und der Projektentwicklungsgesellschaft (Mrosek, 2011).

Für private Immobilienunternehmen, die in der Stadtentwicklung aktiv sind, ist es daher unerlässlich, eine umfassende Due-Diligence-Prüfung durchzuführen, die Aspekte wie Projektentwicklungskalkulation, Rahmenbedingungen, Bestandsaufnahme, Handlungsspielräume und Risikoanalyse einschließt (Götzen,

2021). Zusätzlich ist eine enge Zusammenarbeit mit lokalen Behörden essenziell, um den Gesamtprojektfortschritt zu optimieren, wodurch Planungssicherheit zunimmt und das Risiko für Projektentwickler der Teilprojekte sukzessive abnimmt (Dziomba, 2009). Im Gegensatz zu Einzelprojekten in der Immobilienentwicklung, die sich auf eine spezifische Nutzergruppe konzentrieren, erfordert die Quartiersentwicklung eine differenzierte Nutzerstruktur innerhalb des Quartiers, was ebenfalls die Komplexität und die Vielfalt der zu berücksichtigenden Bedürfnisse erweitert (Dziomba, 2009).

Auch aus der Stadtplanungssicht sind Quartiersentwicklungen hochkomplex und erfordern eine umfassende Auseinandersetzung mit einer Vielzahl von städtebaulichen Fragestellungen, einschließlich der Anordnung von Baufeldern, Erschließung, Sichtbeziehungen, Dichte und Höhe (Köster, 2006; Mrosek, 2011). Die Komplexität der Quartiersentwicklung erhöht sich durch die Beteiligung einer Vielzahl von Stakeholdern, darunter die Lokalpolitik, Anwohner, beteiligte Träger öffentlicher Belange und lokale Geschäftsleute, was den ohnehin schon langen Planungshorizont zusätzlich verlängert (Spars und Guhl, 2021; Schütz und Feldmann, 2008). Diese Diversität an Interessengruppen macht die Koordination und Konsensfindung zu einer anspruchsvollen Aufgabe. In Anbetracht des hohen Risikos und des substantiellen Analyseaufwands, insbesondere während der initialen Phasen der Quartiersentwicklung, ist sowohl aus immobilienwirtschaftlicher Perspektive, als auch der öffentlichen Planungsperspektive, eine robuste Informationsbasis von essentieller Bedeutung (Peiser und Hamilton, 2012).

Dziomba (2009) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Quartiersentwicklungsprojekte, insbesondere in attraktiven Innenstadtlagen leider noch zu oft fälschlicherweise als 'Selbstläufer' angesehen werden. In der Realisierungsphase stoßen jedoch viele dieser Projekte auf Herausforderungen wie Verzögerungen bei Teilprojekten oder den Ausfall von Grundstücksverkäufen aufgrund komplexer Risikostrukturen und sich wandelnde Marktbedingungen. Die Komplexität der Quartiersentwicklung erfordert also auch ein interdisziplinäres Fachwissen, strategische Planung und kreative Problemlösungsansätze (Dziomba, 2009). Darüber hinaus ist eine verstärkte Berücksichtigung von städtebaulichen und nachhaltigen Zielen vor dem Hintergrund wachsender Herausforderungen des Klimawandels unerlässlich (Schütz und Feldmann, 2008; Freudenau et al., 2021).

Die Koordination der Stakeholder sowie die fachliche Begleitung dieser Prozesse stützen sich oft auf das umfangreiche Erfahrungswissen von Stadtplanern sowie Projektentwicklern. Dennoch stellt die dargestellte immense Komplexität städtischer Prozesse eine enorme Herausforderung dar, die selbst für erfahrene Fachleute anspruchsvoll ist (Rezayan, 2008). Vielfach ähnliche Herausforderungen gilt es in Zukunft auch bei der enormen Herausforderung des Umbaus der Bestandsquartiere zu bewältigen. Auch diese werden in Zukunft, wie auch beim Bau neuer Quartiere, durch Faktoren wie Urbanisierung, demografischen Wandel, ökonomische Strukturveränderungen und die Auswirkungen des Klimawandels weiter intensiviert (Schmitz, 2021). Es erfordert also langfristig eine Neuausrichtung der traditionellen Planungsansätze, um die Problemstellungen sowohl bei neuen Entwicklungen, als auch in Bestandsquartieren anzugehen.

In diesem Kontext eröffnen Fortschritte in der Data-Science, insbesondere in den Bereichen GIS in Verbindung mit maschinellem Lernen und Big-Data, neue Perspektiven für die Quartiersentwicklung. Diese technologischen Fortschritte ermöglichen eine tiefere und umfassendere Analyse urbaner Dynamiken und tragen zur Entwicklung effektiverer, an die spezifischen Bedürfnisse und Gegebenheiten angepasster Entwicklungsstrategien bei.

2.2 Data-Science Methoden in der Quartiersentwicklung

Das bevorstehende digitale Zeitalter ist laut Kitchin und Lauriault (2019) charakterisiert durch tiefgreifende technologische Fortschritte in Bereichen wie ubiquitäres Computing, Big-Data und maschinelles Lernen und prägt die Entwicklungen in zahlreichen Disziplinen, einschließlich der Quartiers- und Stadtentwicklung. Ubiquitäres Computing ermöglicht die allgegenwärtige Integration von Computertechnologie in den Alltag, während Big-Data sich auf die Verarbeitung enormer, komplexer Datensätze bezieht. Maschinelles Lernen wiederum versetzt Computer in die Lage, aus diesen Daten zu lernen und autonome Analysen durchzuführen (Kitchin und Lauriault, 2019). Diese technologischen Entwicklungen erweitern die Möglichkeiten zur Erfassung, Speicherung, Analyse und Darstellung geografischer Daten erheblich, wobei GIS eine zentrale Rolle als Werkzeug zur umfassenden Analyse der physischen, sozialen und ökonomischen Dimensionen urbaner Räume spielt (Shi et al., 2022). Es unterstützt die Entwicklung effektiver, an spezifische Bedürfnisse angepasster Strategien (Bill, 2023).

Im folgenden Abschnitt werden daher die Möglichkeiten und Herausforderungen erörtert, die sich aus der Anwendung von Data-Science- und Geodata-Science-Methoden in der Quartiersentwicklung ergeben. Dabei wird Data-Science definiert als die Anwendung wissenschaftlicher Methoden, um aus großen Mengen Rohdaten Erkenntnisse zu gewinnen (Donoho, 2017; Emmert-Streib et al., 2016). Geodata-Science stellt eine spezifische Ausprägung der Data-Science dar, die sich auf die Analyse von geografischen Daten konzentriert, um menschliche Aktivitäten und deren Auswirkungen auf die Umwelt zu verstehen (Zuo und Xiong, 2020; Arribas-Bel, 2019). Zentral ist hierbei die Erkennung räumlicher Muster und das Verständnis von Beziehungen zwischen städtischen Elementen (Shi et al., 2022). Der Schwerpunkt liegt im Folgenden auf der effektiven Nutzung dieser Technologien zur Förderung nachhaltiger Quartiersstrukturen und der Berücksichtigung der dynamischen Anforderungen moderner urbaner Lebensräume.

Traditionell waren Daten aufwendig und kostspielig in der Erzeugung und Analyse, da sie manuell gesammelt und ausgewertet werden mussten (Grier, 2013). Big-Data setzt jedoch den historischen Trend zur zunehmenden Quantifizierung und Digitalisierung von Behörden und Verwaltung fort, was auch weitreichende Implikationen für die Quartiers- und Stadtentwicklung hat (Taylor und Richter, 2015). Dieser Anstieg betrifft insbesondere Daten aus öffentlichen Institutionen, die im Kontext der Stadtplanung von großer Relevanz sind, wie beispielsweise Liegenschaftsdaten und Geobasisdaten, zu denen Adressen, Geländemodelle oder auch Orthophotos gehören (Barbosa et al., 2014). Seit 2007 hat die *INSPIRE*-Initiative der Europäischen Union dafür gesorgt, dass solche Daten von den Regierungen der Mitgliedsstaaten in einem einheitlichen Format bereitgestellt werden (European Parliament and Council of the European Union, 2007). Nationale Initiativen im Bereich Open Data, wie die Nationale Geoinformations-Strategie (NGIS) und das Onlinezugangsgesetz (OZG), tragen weiter zur Demokratisierung des Zugangs zu diesen wertvollen Daten bei (Koordinierungsstelle Geodateninfrastruktur-Deutschland, 2015; Bundesministerium für Justiz, 2017). Parallel dazu haben community-basierte Initiativen wie *OpenStreetMap* die Datengrundlage für die Analyse urbaner Fragestellungen weltweit erheblich erweitert. Diese Datengrundlagen bieten nicht nur neue Möglichkeiten für umfassende urbane Analysen, sondern auch für die Entwicklung innovativer Lösungsansätze in der Quartiers- und Stadtplanung.

Die Stadtanalyse und Stadtforschung haben im Zuge der Entwicklung der *Urban Informatics* eine signifikante Transformation erfahren, zu der auch die Geodata-Science gehört (Shi et al., 2022). Dieser interdisziplinäre Forschungsbereich konzentriert sich auf das Verständnis und die Entwicklung von Städten durch den Einsatz neuer Informationstechnologien und -methoden (Shi et al., 2022; Arribas-Bel, 2019).

Laut Arribas-Bel (2019) hat sich die Data-Science seit den frühen 2000ern als Antwort auf die Notwendigkeit, Daten in bessere Geschäftsentscheidungen umzuwandeln, etabliert. Data-Science kombiniert Methoden aus der Statistik, Informatik sowie Software- und Datenbank-Engineering mit Visualisierung und Storytelling (Emmert-Streib et al., 2016). Diese Methoden haben sich über verschiedene Bereiche wie Industrie, Politik und Wissenschaft verbreitet und führten in der Geografie zur Entstehung der Geodata-Science. Die Hauptunterschiede zu traditioneller (Geo-)Datenanalyse liegen im Einsatz rechnerischer Leistungsfähigkeit und einem Fokus auf die Vorhersage/ Modellierung statt Inferenz (Arribas-Bel, 2019).

Ansätze in der Geodata-Science sind interdisziplinäre Ansätze, dessen emergente Natur mehr ist als die lineare Summierung seiner Bestandteile (Singleton und Arribas-Bel, 2021; Emmert-Streib et al., 2016). Eine ausgewogene Betrachtung von Geodata-Science in der Quartiersentwicklung erfordert daher auch ein interdisziplinäres Verständnis, das über die lineare Summe seiner Bestandteile – Fachwissen, Statistik und Informatik – hinausgeht (Emmert-Streib et al., 2016). Insbesondere der geografische Bezug ist in der urbanen Analyse und Planung zentral, da er nicht nur die räumliche Dimension städtischer Fragestellungen berücksichtigt, sondern auch die Komplexität der Wechselwirkungen in einem geografischen Kontext besser verstanden und modelliert werden kann (Singleton und Arribas-Bel, 2021).

Ein exemplarisches Einsatzgebiet ist die Nutzung von Geodata-Science zur algorithmischen Entscheidungsfindung, z. B. zur Evaluierung von Landeignung für die Stadtplanung (Singleton und Spielman, 2021). Hierbei können Optimierungsalgorithmen die simultane und großflächige Evaluierung von einer Vielzahl von Nutzungen bzw. Varianten unterstützen, was eine adaptive, zukunftsorientierte Planung ermöglicht (Nadler et al., 2018). Hierbei sind jedoch noch einige Probleme, wie z. B. die effektive Orchestrierung und Verarbeitung riesiger Datenströme, die Erhebung und Aktualisierung relevanter raumbezogener Daten in der Praxis noch nicht effektiv gelöst (Richter et al., 2020).

Moderne Informationstechnologien werden künftig neue Perspektiven für die Erforschung und Planung urbaner Räume aufzeigen, indem sie eine tiefgreifende Analyse komplexer städtischer Systeme und Quartiersentwicklungen ermöglichen (Shi et al., 2022). Diese Entwicklungen erfordern jedoch eine kritische Auseinandersetzung mit den Implikationen von Big-Data und datengesteuerten Ansätzen in der Stadtentwicklung, um eine ganzheitliche und nachhaltige Quartiersentwicklung zu gewährleisten.

Die datenzentrierte Stadtentwicklung wird teilweise auch kritisch gesehen. Kandt und Batty (2020) und Engin et al. (2019) merken an, dass durch Big-Data-Technologien in der Stadtplanung die Gefahr besteht, qualitative Aspekte städtischer Lebensqualität zu vernachlässigen und zu einer technokratischen und top-down-orientierten Planung zu führen, die lokale Bedürfnisse und Kontexte übergeht. Trotz dieser Herausforderungen hat die Data-Science die Stadtforschung unter Druck gesetzt, aber auch neue Analysemöglichkeiten eröffnet (Kang et al., 2019).

Die Anwendung von Geodata-Science-Analysen in der Quartiersentwicklung steht noch am Anfang. Obwohl sich die Entwicklung effizienter Verarbeitungsmethoden mit bemerkenswerter Geschwindigkeit vollzieht, befindet sich dieser Prozess noch in einer frühen Entwicklungsphase, die reich an Potenzial, aber auch Herausforderungen ist (Hashem et al., 2016). In Anbetracht dessen ergibt sich die Notwendigkeit einer vertieften Untersuchung spezifischer Entwicklungsmöglichkeiten. Die folgenden Unterkapitel werden daher eine eingehende Analyse des Entwicklungspotenzials von Geodata-Science-Methoden in verschiedenen Bereichen der urbanen Forschung und Planung vornehmen. Angesichts der enormen thematischen Vielfalt in der Quartiersentwicklung stellt die nachfolgende Übersicht lediglich eine Auswahl von Forschungsarbeiten und aktuellen Themen dar.

2.2.1 Anwendung in der städtebaulichen Forschung

Die Integration von Methoden der Geodata-Science in die Stadtplanung markiert eine signifikante Weiterentwicklung in der Modellierung und Simulation urbaner Systeme. Ein Kernaspekt dieses Fortschritts ist die Einbindung von Attributdaten in digitale Zwillinge städtischer Quartiere. Diese Entwicklungen laufen unter anderem unter dem Ansatz des City-Information-Modeling (CIM), das verschiedene Datenarten, darunter geografische, demografische und infrastrukturelle Informationen in einem multidisziplinären, kollaborativen Datenraum integriert (Xu et al., 2021). Dies ermöglicht die Realisierung einer datenbasierten und automatisiert anpassbaren Planung, die auf präzisen Informationen beruht.

Zentral ist dabei die Transformation komplexer städtischer Daten in eine zugänglichere und intuitivere Form. Dies wird unter anderem durch die Integration von 3D-Umgebungen und Spiel-Engines erreicht, die eine innovative Visualisierung und Analyse verschiedener Planungsszenarien erlauben (Psaltoglou und Vakali, 2021), als Stadtsimulation zur Energieplanung (Moghadam et al., 2019) oder bestehender städtischer Strukturmuster (z.B. Straßennetzmustern und -konfigurationen) verwendet (Boeing, 2019). Die Entwicklung und Anwendung von Methoden des maschinellen Lernens spielt für die Datengrundlagen dieser Anwendungen ebenfalls eine Rolle, beispielsweise für die hochautomatisierte Erkennung von Objekten in städtischen Gebieten mittels Laserscan-Daten (Cao und Wu, 2021) oder Fortschritte in der Photogrammetrie für die 3D-Kartierung (Wu, 2021).

Des Weiteren wird die algorithmische Unterstützung der Entscheidungsfindung durch den Einsatz von Optimierungsalgorithmen verstärkt. Sie erlauben es, eine große Zahl an möglichen Standorten für unterschiedliche Nutzungen zu berechnen und die besten Alternativen vorzuschlagen. Diese Techniken sind besonders nützlich für die Lokalisierung von optimalen Standorten städtischer Infrastruktur (Cardone und Di Martino, 2021; Ustaoglu und Aydinoglu, 2020), Gewerbe- und Industrieflächen (Nadler et al., 2018; Boutkhoum et al., 2015) sowie von Wohnbaupotenzialen (Baušys et al., 2020). Ein besonders vielversprechender Einsatzbereich dieser Methoden ist die optimale Nutzungskonfiguration von städtebaulichen Entwicklungsflächen (Morio et al., 2013; Ma und Zhou, 2018; Naumann und Nadler, 2022), was die Verschmelzung traditioneller Stadtplanungsmethoden mit modernen, datengesteuerten Techniken unterstreicht.

2.2.2 Anwendung in der soziologischen Quartiersforschung

In der Stadtsoziologie eröffnen Geodata-Science-Methoden ebenfalls neue Möglichkeiten, um soziale Muster und Beziehungen im Raum zu analysieren. Wie Vanwey et al. (2005) hervorheben, ermöglichen diese Methoden erst eine tiefgreifende Auseinandersetzung mit den Wechselbeziehungen zwischen räumlicher Organisation, Umwelt und individuellem Verhalten.

Ein zentrales Element in diesem Kontext ist die Berechnung von geografischen Indizes, die Unterschiede in der räumlichen Verteilung sozialer Merkmale quantifizieren. Beispielsweise beschreibt das Konzept des Social Vulnerability Index (SoVI) die Kombination sozialer, kultureller, wirtschaftlicher, politischer und institutioneller Prozesse, sozioökonomische Unterschiede katastrophengebinder Resilienz prägen (Spielman et al., 2020). Ebenso werden Indizes zur urbanen Ästhetik genutzt, um den Grad der Sicherheit in städtischen Gebieten vorherzusagen (Li et al., 2015), oder mittels Auswertung von Bilddaten und der Erkennung von Müll, Graffiti oder verlassenen Häusern die Abwertung von Stadtvierteln zu erfassen (Marco et al., 2017). Die Integration von Geodata-Science in die Stadtsoziologie erweitert somit die analytischen Möglichkeiten, um komplexe soziale Dynamiken in urbanen Räumen zu verstehen und zu modellieren.

2.2.3 Anwendung in der Umwelt- und klimabezogenen Quartiersforschung

Im Kontext der Umweltwissenschaften spielt Geodata-Science eine zentrale Rolle bei der Entwicklung und Bewertung von Nachhaltigkeitskonzepten in urbanen Quartieren, insbesondere in Bezug auf die Klimaresilienz. Diese Forschungsrichtung fokussiert sich auf mehrere Schlüsselaspekte, um den Herausforderungen des Klimawandels in städtischen Gebieten zu begegnen. Ein wesentlicher Ansatz besteht hierbei in der Verbesserung der Klimaresilienz durch die geostatistische Analysen und Simulation. Hierbei werden Methoden aus dem Bereich der Geodata-Science eingesetzt, um gefährdete Gebiete zu identifizieren, die ökologische Anfälligkeit zu diagnostizieren und natürliche Anpassungspotenziale in der Stadtplanung zu berücksichtigen (Rędzińska und Piotrkowska, 2020). Parallel dazu wird der Einfluss von Beschattungsstrukturen auf das Mikroklima und somit auf die Lebensqualität in Quartieren modelliert, um effektive Resilienzstrategien zu entwickeln (Foshag et al., 2020).

Ein weiterer wichtiger Bereich ist die Einbeziehung partizipativer Elemente in die Resilienzforschung. Die Studien von Hung et al. (2016) und Schäfer et al. (2021) illustrieren, wie die Einbindung lokaler Gemeinschaften und die Berücksichtigung ihrer Wahrnehmungen und Kenntnisse wesentlich zur Bewertung und Verbesserung der Klimaresilienz von Quartieren beitragen. Während Hung et al. (2016) einen partizipativen Ansatz in der Resilienzbewertung unter Verwendung eines geografischen Informationssystems nutzen, untersuchen Schäfer et al. (2021) die Diskrepanz zwischen der Wahrnehmung der Quartierseinwohner und objektiven Geodaten zu Mikroklima-Parametern. Zusätzlich ermöglicht die Kombination mit nutzergenerierten Geodaten wie geolokalisierten Twitter-Daten mit Temperaturmessungen, wie in der Arbeit von Murakami und Yamagata (2019) demonstriert, eine detaillierte Analyse städtischer Hitzebelastung und deren sozioökonomische Auswirkungen. Dieser Ansatz hilft, soziale Ungleichheiten im Kontext der Klimaresilienz zu identifizieren und zu adressieren.

2.2.4 Anwendung in der immobilienökonomischen Forschung

Der Zusammenhang zwischen den Immobilienmärkten und dem Potenzial der Stadtentwicklung wird laut Renigier-Biłozor et al. (2017) immer evidenter. In der Quartiersforschung beginnt Geodata-Science, insbesondere in der ökonomischen Analyse von Immobilienmärkten, eine immer bedeutendere Rolle zu spielen. Ein zentraler Aspekt dieser Forschung ist die räumliche Ökonometrie, die sich auf geografische Einflussfaktoren konzentriert.

Die Anwendung hedonischer Preismodelle, ein Kernbestandteil der räumlichen Ökonometrie in der Immobilienforschung, dient der Bewertung von Immobilien, indem sie die Preise auf die verschiedenen Attribute und Eigenschaften der Immobilien zurückführt. Diese Modelle haben gezeigt, dass die Wahl des geeigneten Modells maßgeblich von der räumlichen Struktur der Wohnungsdaten abhängt (Gröbel und Thomschke, 2018). Dies bedeutet, dass die Berücksichtigung von Standorteffekten entscheidend für eine präzise Immobilienbewertung ist. Es zeigt sich, dass die räumliche Struktur (Fuess und Koller, 2016; Gröbel und Thomschke, 2018; Liu, 2013), die spezifischen Charakteristika des Quartiers (Belke und Keil, 2018; Militino et al., 2004) und zeitliche Effekte (Fuess und Koller, 2016; Liu, 2013) entscheidende Determinanten für die Preisbildung von Immobilien sind. Methoden der Geodata-Science wie die Geographically-Weighted-Regression (GWR) (Fu et al., 2015) oder räumliche Machine Learning Modelle (Kopczewska, 2022; Kiely und Bastian, 2020) erweisen sich hierbei als besonders nützlich für die Berücksichtigung von räumlichen Eigenschaften auf Nachbarschafts- bzw. Quartiersebene. Diese Methode trägt dazu bei, die ökonomische Dynamik und die Entwicklungsmöglichkeiten innerhalb der Quartiere zu verstehen.

Studien zum Einfluss städtebaulicher Vorschriften und Regulierung auf Immobilienpreise in Quartieren zeigen, dass lokale Entscheidungen wie Flächennutzungs- und Modernisierungsvorschriften (Charles, 2013; Dye und McMillen, 2007) oder Stadterneuerungsgebiete (Ahlfeldt et al., 2017), und Denkmalschutzgebiete (Neset und Oust, 2019; Oba und Noonan, 2017; Zahirovic-Herbert und Chatterjee, 2012) ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Immobilienwerte haben. Hiermit verbunden wird die Entwicklung zuverlässiger Klassifizierungs- und Bewertungssysteme für Immobilienstrukturen als zunehmend wichtig für die lokale Investitionsplanung angesehen (Renigier-Biłozor et al., 2017). Weitere Forschungen unterstreichen auch den Einfluss geografischer Faktoren wie Bodenbeschaffenheit, Nähe zu städtischen Zentren und topografische Merkmale Steuerung der städtischen Dynamik (z.B. den Urbanisierungsgrad) und die Voraussetzungen zur Entwicklung von neuen Quartieren (Christensen und McCord, 2016).

Die wirkliche Stärke von Data-Science liegt jedoch in der Fähigkeit, diese verschiedenen Disziplinen zu einem kohärenten Ganzen zu verbinden (Murtagh und Devlin, 2018). Stadtplaner, Soziologen, Umweltwissenschaftler und Ökonomen können auf eine gemeinsame Datenbasis zugreifen, die durch die Empirie der Geodata-Science Methoden bereitgestellt wird. Die Integration verschiedener Disziplinen ermöglicht eine ganzheitliche Planung, Entwicklung und Steuerung von Quartieren unter Berücksichtigung sozialer Gerechtigkeit, wirtschaftliche Rentabilität und ökologischer Nachhaltigkeit. Während sich jedoch ein Großteil der aktuellen Forschung im städtischen Kontext auf die Analyse im aggregierten Gesamtstadt-Kontext wie z. B. städtische Infrastruktur (Zünd und Bettencourt, 2021), Sozialstrukturen (Yao et al., 2021) und Gebäudestrukturen (Sikder et al., 2019) konzentriert, bleibt die Anwendung von Data-Science-Methoden bei der Quartiersentwicklung und -forschung aktuell unterrepräsentiert. Diese Beobachtung ist insbesondere bemerkenswert, da moderne Analysemethoden nicht nur präzise, datengesteuerte Entscheidungsfindung ermöglichen, sondern auch die Kapazität besitzen, drängende Herausforderungen der Urbanisierung, wie effiziente Ressourcenallokation, soziale Ungleichheit und Umweltbelastungen, direkt anzugehen.

Im folgenden Abschnitt werden die eigenen Forschungsarbeiten vorgestellt, welche die Anwendung dieser Methoden in der Quartiersentwicklung demonstrieren. Dabei liegt der Fokus auf die Analyse und Evaluation im Kontext der städtebaulichen Quartiersentwicklung, um sowohl die theoretischen Grundlagen als auch die praktische Anwendbarkeit und das Innovationspotenzial dieser Ansätze auch in diesem Kontext zu demonstrieren.

Kapitel 3

Methodik und zentrale Erkenntnisse bei der Anwendung von Geodata-Science in der Quartiersentwicklung

Das folgende Kapitel bietet einem Überblick über die drei Fachartikel, die eine Auseinandersetzung mit dem spezifischen Forschungsanlass, dem methodischen Aufbau sowie den wesentlichen Erkenntnissen beinhalten. Ziel ist es, die wissenschaftliche Methodik, die in jedem Fachartikel angewandt wurde, transparent darzustellen und zentrale Erkenntnisse sowie weiteren Forschungsbedarf kompakt wiederzugeben.

Tabelle 3.1 bietet hierfür einen strukturierten Überblick über die verschiedenen Geodata-Science Methoden der Fachartikel, die genutzten Datenquellen sowie die räumlichen Bezugsrahmen, die in den Fachartikeln zur Anwendung kommen. Diese illustrieren die praktische Anwendung von Geodata-Science in unterschiedlichen Kontexten der Quartiersentwicklung und Analyse. Die drei Fachartikel decken eine Vielfalt von Geodata-Science-Methoden und ein breites Spektrum an Themen in der Quartiersforschung ab, wodurch sie illustrieren, wie diese Methoden in vielfältigen Phasen der Quartiersentwicklung und -analyse eingesetzt werden können:

- **Artikel 1:** „GIS-basierte multidimensionale Verfahren zur optimalen Baulandentwicklung im Städtebau“ konzentriert sich auf die Anwendung von Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) und räumlicher Optimierung von Bauflächen, um effiziente Lösungen für die Baulandentwicklung auf Stadtteil- und Quartiersebene zu identifizieren. Durch das Erkennen räumlicher Muster in der Bauland-Eignung konnte eine effiziente Simulation der Baulandentwicklung auf Quartiersebene durchgeführt werden.
- **Artikel 2:** „Erfolgsfaktoren und Quartierszufriedenheit in neuen Stadtquartieren“ nutzt Public-Participation-GIS (PPGIS)-Befragungen, Geodaten-Analysen von z.B. der Quartiersmorphologie und diverse Netzwerk-Analysen sowie eine Principal-Component-Regression (PCR), um die Determinanten der Quartierszufriedenheit zu erforschen und Muster im Zusammenhang zwischen objektiven Erfolgsfaktoren in der Quartiersentwicklung und der subjektiven Bewohnerzufriedenheit zu erkennen.
- **Artikel 3:** „Empirical Effects of the Designation of Milieu Protection Areas on the Residential Property Market in Berlin“ wendet räumliche DiD-Regressionen an, um die Auswirkungen der

	Artikel 1	Artikel 2	Artikel 3
Phase	Baulandentwicklung	Konzeption	Nutzungsphase
Methoden	MCDA, PRG	PPGIS-Befragung, GIS- Indikatorenanalysen, PCR	Räumliche DiD-Regression, GIS-Analysen Wohn- ungsmerkmale
Untersuchungsraum	Hamburg	Düsseldorf	Berlin
Datengrundlagen	Open-Geodata Hamburg	Befragung (n= 361) & Open-Geodata NRW	Kaufpreissammlung Gutachterausschuss für Grundstücks- wertermittlung & Open-Geodata Berlin
Räumliche Analyseebenen	Quartier & Stadtteil	Quartier	Baublock, Quartier & Stadtteil
Publikation	Raumforschung und Raumordnung	Zeitschrift für Im- mobilienökonomie	Journal of Property Research

Tabelle 3.1: Übersicht über die Forschungsartikel. Die exakten Datengrundlagen und Untersuchungsräume sind Naumann und Nadler (2022); Naumann et al. (2023); Naumann und Nadler (2023) zu entnehmen.

Festsetzung von Milieuschutzgebieten auf den Wohnimmobilienmarkt in Berliner Quartieren zu verstehen.

Diese Ansätze unterstreichen die Bedeutung der Anpassung von Geodata-Science-Methoden an die spezifischen Herausforderungen und Phasen der Quartiersentwicklung. Entscheidend hierfür ist das Verständnis der spezifischen Wirkungsmuster für jede Fragestellung, was sich direkt in der Auswahl der Geodata-Science Methoden widerspiegelt. Im Anschluss an die skizzierte Übersicht der Fachartikel folgt nun eine eingehende Betrachtung jedes einzelnen Beitrags.

3.1 GIS-basierte multidimensionale Verfahren zur optimalen Baulandentwicklung im Städtebau

Hintergrund und Motivation

Angesichts des Bevölkerungswachstums und der zunehmenden Urbanisierung, die zu einer Verknappung von Wohnraum in deutschen Metropolregionen führen, gewinnt die Identifikation von Baulandpotenzialen im Innenbereich entscheidend an Bedeutung (Metzmacher et al., 2020). Die resultierenden steigenden Miet- und Kaufpreise sowie der Mangel an bebaubaren Flächen dominieren die Diskussionen in der Stadtentwicklung und stellen ein erhebliches Hindernis für die Neubautätigkeit dar (Sagner et al., 2020). Dies hat die Situation auf dem Wohnungsmarkt in den Wachstumsräumen Deutschlands weiter verschärft, wodurch die Notwendigkeit einer effektiven städtebaulichen Projektentwicklung zur Schaffung neuen Wohnraums hervorgehoben wird. Dabei müssen steigende Anforderungen an die Wohnqualität und die effiziente Nutzung verfügbarer Flächen in der Innenentwicklung berücksichtigt werden (Metzmacher et al., 2020). Quartiersentwicklungen stellen die beteiligten Stakeholder allerdings vor zahlreiche

Herausforderungen aufgrund von langen Planungshorizonten, komplexen Zusammenhängen und hohen Investitionsvolumina. Die erfolgreiche Umsetzung solcher Projekte erfordert Erfahrung, Weitsicht und Kreativität, um den vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden (Schütz und Feldmann, 2008). Dazu zählen städtebauliche Fragestellungen wie die Anordnung von Baufeldern, Erschließung, Sichtbeziehungen, Dichte, Höhe, Nutzungsarten und Bauweisen. Gleichzeitig sind zahlreiche Interessengruppen und Beteiligte involviert, was den Entscheidungsprozess weiter erschwert.

Dies trifft insbesondere auf das Holsten-Areal zu, ein ehemaliges Brauereigelände im Hamburger Stadtteil Altona. Die integrierte Lage des Areals macht es zu einem begehrten Standort für städtebauliche Entwicklungsprojekte. Jedoch stellen die bestehenden Bedingungen auf dem Gelände sowie die bereits etablierte Nachbarschaft erhebliche Herausforderungen für die Projektentwicklung dar. Diese umfassen komplexe Fragen der städtebaulichen Integration, den Erhalt des lokalen Charakters und die Berücksichtigung bestehender sozioökonomischer Strukturen, während gleichzeitig ein zukunftsfähiges und nachhaltiges Entwicklungskonzept umgesetzt werden muss.

Vor diesem Hintergrund verfolgt der Fachartikel das spezifische Ziel, einen innovativen Workflow zu entwickeln, der es ermöglicht, in einer sehr frühen Planungsphase automatisiert und datenzentriert durch die Berechnung optimierter Baulandflächen eine Entscheidungsgrundlage für städtebauliche Entwicklungsprojekte zu schaffen. Dieser Ansatz ist besonders dort von Bedeutung, wo die menschliche Einschätzung aufgrund einer Vielzahl von Eingangsparametern und der damit verbundenen Komplexität an ihre Grenzen stößt. Der Workflow kombiniert MCDA mit räumlichen GIS-Informationen, um eine systematische und objektive Analyse potenzieller Bauflächen zu ermöglichen. MCDA dient der systematischen Evaluation und Rangordnung unterschiedlicher Alternativen, unter Einbeziehung multipler Bewertungskriterien. Dieses Verfahren ist besonders in komplexen Entscheidungskontexten mit vielen Alternativen (wie der Quartiersentwicklung) in komplexen Situationen relevant, in denen vielfältige Faktoren und Zielsetzungen berücksichtigt werden müssen (Malczewski und Rinner, 2015). Diese methodische Innovation zielt darauf ab, die Entscheidungsfindung in den frühesten Stadien der Quartiersentwicklung zu unterstützen, indem sie eine umfassende Bewertung von Standortalternativen auf der Grundlage einer breiten Palette von städtebaulichen, sozialen, ökologischen und ökonomischen Kriterien bietet.

Methodische Vorgehensweise

In diesem Kontext wird in dem Fachartikel untersucht, wie GIS-Systeme und insbesondere GIS-Multi-Criteria Decision Analysis (GIS-MCDA) und räumliche Optimierung in der ersten Phase der Baulandentwicklung unterstützend eingesetzt werden können, um Entscheidungsfindungsprozesse und flächenbezogene städtebauliche Entwicklungspotenziale zu optimieren. Die methodische Vorgehensweise, illustriert durch Abbildung 3.1, basiert auf dem Einsatz von Fuzzy-Sets und räumlicher heuristischer Optimierung. Die folgenden Schritte beschreiben das methodische Vorgehen im Detail:

1. **Kriterienauswahl Standortanalyse:** Der Prozess beginnt mit der Auswahl und Ableitung relevanter Kriterien aus der Forschungsliteratur, die zur Beurteilung städtebaulicher Entwicklungspotenziale dienen (siehe methodische Schritte in Abbildung 3.1). Diese Kriterien, angelehnt an die Standortanalyse in der städtebaulichen Projektentwicklung, umfassen Faktoren wie Erreichbarkeit, Geländeeigenschaften und Planungsrecht.
2. **Datenakquisition:** Für die Analyse werden sowohl offene Geodaten als auch spezifische Planungsparameter des Quartiers wie z.B. von der Stadt ausgeschlossene Nutzungen oder unbedingt zu erhaltende Gebäude herangezogen und in das GIS-System eingepflegt. Diese Daten bilden die

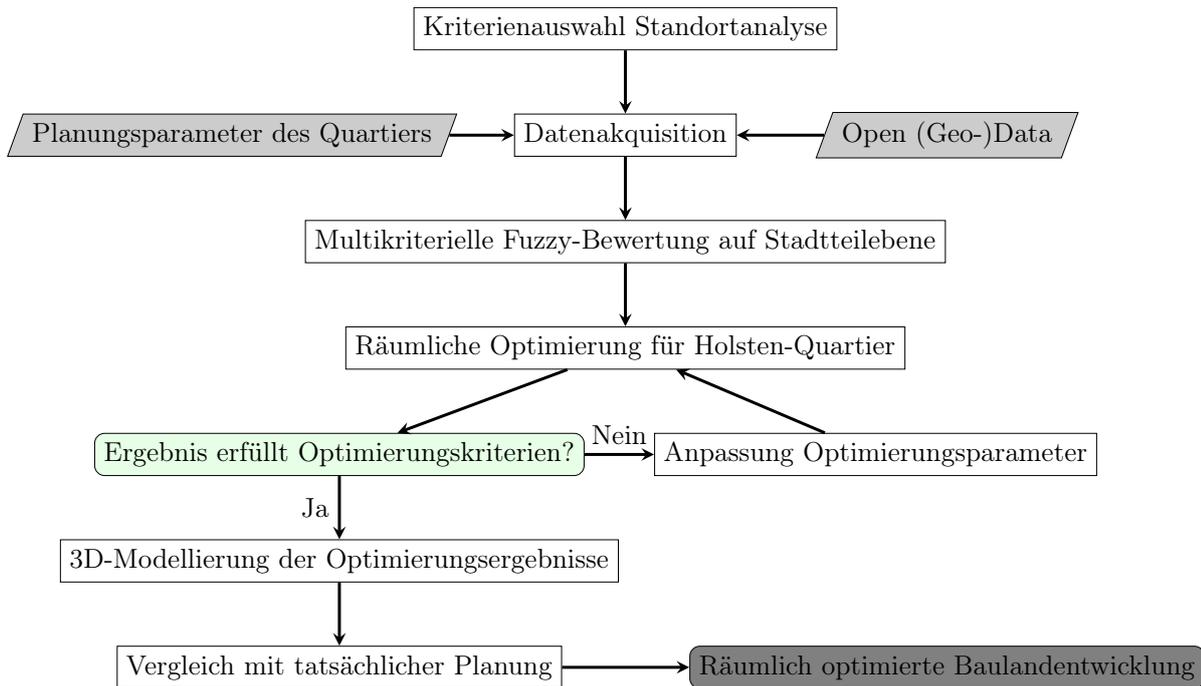


Abbildung 3.1: Darstellung der methodischen Schritte zur GIS-basierten multidimensionalen Baulandentwicklung. Hierbei repräsentieren weiße Elemente die Prozessschritte, hellgraue Elemente die Eingabedaten, grüne Elemente Entscheidungspunkte und dunkelgraue Elemente die finalen Ergebnisse.

Grundlage für die anschließende multidimensionale Bewertung und Optimierung. Das gesamte erweiterte Untersuchungsgebiet im Stadtteil Hamburg-Altona wird hierzu in gleichmäßige Rasterzellen mit einer Auflösung von einem Meter eingeteilt, um maximale Genauigkeit unter Berücksichtigung der Datenqualität zu gewährleisten. Anschließend werden jeder Zelle die Eigenschaften in Bezug auf die Standort-Analyse als Attribute hinterlegt.

3. **Multikriterielle Fuzzy-Bewertung:** Ein wesentlicher Bestandteil der Methodik ist Eignungsbewertung der Flächen, die durch eine Integration der Fuzzy-Logik in den MCDA-Prozess erfolgte. Im Gegensatz zur traditionellen Logik, die klare, binäre Entscheidungen trifft (z. B. 'Ja' oder 'Nein'), ermöglicht die Fuzzy-Logik Nuancen und Unsicherheiten in den Bewertungen (Nissen, 2007). Dies ist besonders nützlich in der Stadtplanung, wo Entscheidungen oft auf mehrdeutigen Kriterien basieren. Die Fuzzy-Logik bietet hier einen flexibleren Bewertungsrahmen, der es ermöglicht, verschiedene Grade der Relevanz zu berücksichtigen, anstatt sich auf absolute Werte zu beschränken (Nissen, 2007). Dadurch wird eine differenzierte und realitätsnähere Entscheidungsfindung in der städtebaulichen Planung ermöglicht. Das erweiterte Untersuchungsgebiet wird in diesem Schritt gemäß der Kriterienauswahl und unter Zuhilfenahme der gesammelten Daten mittels Fuzzy-Logik für die Bauland-Eignung bewertet.
4. **Räumliche Optimierung:** Daraufhin wird das räumliche Optimierungsverfahren im konkreten Untersuchungsgebiet des Holsten-Areals Parameterized-Region-Growing (PRG) eingesetzt, um potenzielle Baufelder zu identifizieren und im Vergleich zum erweiterten Untersuchungsgebiet zu bewerten (vgl. Abbildung 3.2). Dieser Ansatz, der ursprünglich von Brookes (1997) entwickelt wurde, beachtet nicht nur die räumlichen Anforderungen und Vorgaben an die Standorte möglicher Baufelder (beispielsweise die gewünschte Größe oder Form), sondern kombiniert diese mit den

Attributanforderungen, um optimale entwickelbare Baufelder aus dem Eignungsraster abzuleiten. Der verwendete PRG-Algorithmus ist eine Fusion aus Zelleignungswachstum ('Simple-Region-Growing (SRG)') und räumlicher Regionseignung ('Parameterized-Shape-Growing (PSG)') (Brookes, 1997). Dieser Prozess findet iterativ statt und versucht, ein optimales Ergebnis im Hinblick auf ein vorgegebenes Gütemaß zu finden. Diese Methode eignet sich besonders gut, um komplexe räumliche Optimierungsprobleme zu adressieren, da sie sinnvolle Ergebnisse innerhalb eines akzeptablen Zeitrahmens liefert.

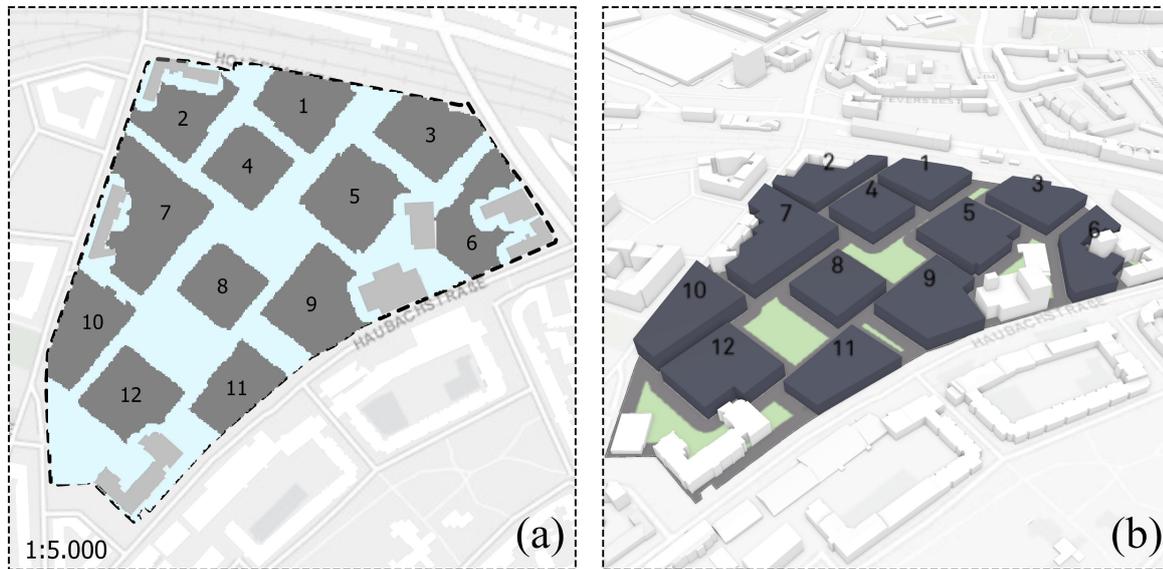
5. **Ergebnisprüfung und Anpassung:** Die Optimierungsergebnisse werden auf Erfüllung der festgelegten Kriterien wie der Annäherung an optimale Baufeldgrößen und Formkriterien (Annäherung an eine rechteckige Parzellenform) für die Grundstücke geprüft. Bei Bedarf erfolgt eine Anpassung der Optimierungsparameter, um die Ergebnisse weiter zu verfeinern.
6. **3D-Modellierung und Vergleich:** Die optimierten Baufelder werden anschließend in ein dreidimensionales Modell überführt. Dieser Schritt dient der Visualisierung der methodischen Ergebnisse. Zur Überprüfung der Praktikabilität und Relevanz der angewandten Methodik erfolgte in Anschluss eine Validierung mittels eines direkten Vergleichs zwischen den durch die Methodik identifizierten Baufeldern und den im aktuellen Bebauungsplanentwurf vorgesehenen Flächen. Diese berücksichtigt die Größe und die räumliche Anordnung der Baufelder, um eine umfassende Bewertung der Übereinstimmung zu gewährleisten. Die Validierung unterstreicht die Effektivität der GIS-basierten MCDA-Methodik in der realen Anwendung und bestätigt ihre prinzipielle Eignung für die städtebauliche Planung und Projektentwicklung.

Die methodische Stärke des Ansatzes liegt in der Fähigkeit, komplexe und vielschichtige städtebauliche Rahmenbedingungen in einem quantifizierbaren und analytischen Rahmen zu adressieren. Durch die Kombination aus GIS-gestützter Datenerhebung, MCDA-Bewertung und räumlicher Optimierung wird ein umfassender Ansatz zur Identifizierung und Optimierung von Flächen für die städtebauliche Entwicklung demonstriert. Diese methodische Tiefe ermöglicht es, präzise und fundierte Empfehlungen für die städtebauliche Planung und Entscheidungsfindung in Bezug auf optimale Baufeldanordnungen, die Art und das Maß der baulichen Nutzungen sowie die voraussichtlich realisierbare Bruttogrundfläche (BGF) zu geben. Solche Empfehlungen sind von entscheidender Bedeutung, um die Herausforderungen im Zusammenhang mit der Verfügbarkeitsproblematik von Bauland in attraktiven urbanen Umgebungen effektiv zu bewältigen. Sie tragen dazu bei, die Effizienz und Nachhaltigkeit städtebaulicher Projekte zu steigern, indem sie eine datenbasierte Grundlage für die räumliche Planung und die strategische Entscheidungsfindung bieten.

Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Die durchgeführte Analyse liefert interessante Erkenntnisse in Bezug auf die Anwendbarkeit für die Baulandentwicklung. Die MCDA zeichnet ein heterogenes Bild der Flächeneignung. Auffallend ist hierbei, dass die Mehrheit der untersuchten Flächen im erweiterten Untersuchungsgebiet nicht den gestellten Anforderungen für Baulandflächen gerecht wird. Grünflächen im Bestand werden jedoch aufgrund ihrer guten Erreichbarkeit und vorteilhaften Geländeeigenschaften wie flacher Topographie und geringer Verschattung besonders positiv bewertet.

Der Optimierungsalgorithmus PRG auf das lokal erstellte Eignungsraster führt zur Identifikation von zwölf attributiv homogenen und räumlich kompakten Baufeldern auf dem Holsten-Areal. Diese Ergebnisse bestätigen die prinzipielle Eignung des Algorithmus bei der Identifizierung von Baufeldern, die sowohl attributiv als auch räumlich optimierte Charakteristiken aufweisen. Die städtebaulichen Kennwerte



Datenlizenz Deutschland – 3D-Stadtmodell LoD2-DE Hamburg – Version 2.0; Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; LGV

Abbildung 3.2: Die Abbildung zeigt die generierten Baufelder mit PRG (a) sowie Modellierung der Höhenentwicklung (b). Die Datengrundlagen sind Naumann und Nadler (2022) zu entnehmen. Verändert nach Naumann und Nadler (2022, S. 11).

dieser Baufelder, einschließlich Grundflächenzahl (GRZ), Geschossflächenzahl (GFZ) und potenzieller Vollgeschosse, wurden unter Berücksichtigung der Höhen- und Dichtewerte interpoliert, um eine realistische Einschätzung der städtebaulichen Möglichkeiten zu bieten. Die ermittelten Werte ermöglichen eine Abschätzung der BGF für jedes Baufeld. Diese liegen zwischen 5.937 m^2 und 19.677 m^2 und ergeben eine Gesamtfläche von etwa 119.689 m^2 Bauland für die gesamte Quartiersentwicklung (vgl. Abbildung 3.2 zur Visualisierung der Ergebnisse).

Die methodische Stärke des Ansatzes manifestiert sich in der präzisen und effizienten Identifikation von potenziell geeigneten Bauflächen durch die Landeignungsbewertung und die Landnutzungsoptimierung. Durch die Bewertung und Analyse verschiedener Standortfaktoren können Flächen identifiziert werden, die zuvor möglicherweise übersehen wurden oder als weniger geeignet galten. Der Workflow ermöglicht eine automatisierte und dennoch tiefere Analyse der Landeignung, wie die heterogene Verteilung von geeigneten und weniger geeigneten Zellen im Untersuchungsgebiet zeigt. Die Integration von Fuzzy-Logik und des PRG erlaubt zudem eine nuancierte Analyse, die über traditionelle Planungsmethoden hinausgeht. Diese Techniken bieten eine wertvolle Ergänzung zu bestehenden stadtplanerischen Ansätzen, indem sie eine multidimensionale und datengestützte Perspektive in den Planungsprozess einbringen. Dies ermöglicht eine flexiblere und anpassungsfähigere Planung, die auf die spezifischen Gegebenheiten und Bedürfnisse der jeweiligen städtischen Räume zugeschnitten ist. Insbesondere die Möglichkeit, städtebauliche Kennwerte wie die GFZ und die realisierbare BGF bereits in diese frühe Phase der Planung einzubeziehen, eröffnet eine effiziente und zielgerichtete Quartiersentwicklung.

Durch die Verwendung in den frühen Phasen der Baulandentwicklung können Entscheidungen auf einer soliden und datenbasierten Grundlage getroffen werden, was zu einer Beschleunigung des Entscheidungsprozesses und ermöglicht eine fokussierte Planung, die sich an den tatsächlichen Gegebenheiten und Potenzialen des Geländes orientiert. Dies ist für eine Vielzahl von Stakeholdern von Vorteil. Stadtpla-

ner und Projektentwickler können die Informationen nutzen, um fundierte Projektentscheidungen über die Nutzung von Flächen frühzeitig auf einer fundierten Datenbasis zu treffen. Kommunen profitieren von einer effizienteren und zielgerichteteren Planung, die zur Schaffung nachhaltiger Baulandflächen im integrierten, urbanen Raum beiträgt. Auch für Investoren und Projektentwickler ist diese Methodik von Nutzen, da sie eine frühe Bewertung der Entwicklungspotenziale und damit verbundener Risiken und Chancen ermöglicht. Wird diese Methodik regelmäßig in städtebaulichen Projekten angewendet, kann sie so zu einer stärkeren Automatisierung und somit zu einer Effizienzsteigerung der Planungsprozesse beitragen. Sie ermöglicht eine kontinuierliche Anpassung und Optimierung von Planungen, die flexibel auf Veränderungen in der städtischen Struktur und auf neue städtebauliche Herausforderungen anpassbar ist.

Ein Vergleich mit tatsächlichen Leitbildern und dem Bebauungsplan zeigt, dass die Baufeldergröße im Modell in etwa den realen Planungen entspricht. Allerdings offenbaren sich auch spezifische Einschränkungen dieser Methodik im Vergleich zu realen Planwerken. Eine Hauptlimitation ist die Unterschätzung der Höhenentwicklung in städtischen Gebieten, was zu einer reduzierten Nutzung des vertikalen Raums führt. Zudem neigt das Modell zu einer Überschätzung der Bebauungsdichte, was die Notwendigkeit weiterer Anpassungen des Modells unterstreicht, um die bestehende Umgebung und Kontextfaktoren besser einzubeziehen.

Um die genannten Beschränkungen entgegenzuwirken, könnten zukünftige Forschungsarbeiten die Anwendung erweiterter Optimierungsalgorithmen, wie beispielsweise genetische Algorithmen, zur Quartiersentwicklung erforschen. Genetische Algorithmen sind insbesondere für ihre Fähigkeit bekannt, optimale Lösungen durch iterative Prozesse und natürliche Selektionsprinzipien zu finden, was sie zu einer vielversprechenden Alternative oder Ergänzung zum PRG macht (Morio et al., 2013; Mosey und Deal, 2020). Zusätzlich könnte die MCDA um zusätzliche Kriterien erweitert werden, um eine noch umfassendere Bewertung der Baulandeignung zu ermöglichen und ein ganzheitliches Bild der städtischen Entwicklung zu zeichnen, das sicherstellt, dass die Planung nicht nur effizient, sondern auch nachhaltiger und sozial gerechter ist.

3.2 Erfolgsfaktoren und Quartierszufriedenheit in neuen Stadtquartieren

Hintergrund und Motivation

Dieser Beitrag beleuchtet die Erfolgsfaktoren für die Quartiersentwicklung vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung nachhaltiger und gemeinwohlorientierter Ansätze in der Stadtentwicklung, insbesondere in den sich rasch wandelnden großstädtischen Quartieren Deutschlands. Im Kontext der städtebaulichen Entwicklung spielen Konzepte wie Nachhaltigkeit, neue Urbanität und Smart Cities eine zentrale Rolle, um den wachsenden Herausforderungen der Urbanisierung und des demografischen Wandels gerecht zu werden (Bott und Siedentop, 2018b). Angesichts steigender Umweltbelastungen, sozialer Disparitäten und des zunehmenden Drucks auf den Wohnraum sind integrierte Ansätze gefragt, die ökologische, ökonomische und soziale Aspekte in Einklang bringen (Schmitz, 2021).

Die Studie konzentriert sich auf die Evaluierung von großstädtischen Quartieren unter Berücksichtigung festgelegter Nachhaltigkeits- und Stadtentwicklungskriterien aus der städtebaulichen Fachliteratur. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf die Quartierszufriedenheit gelegt, um zu verstehen, ob und wie die Umsetzung von als Erfolgsindikatoren geltenden städtebaulichen Parametern die Zufriedenheit der

Bewohner mit ihrem Quartier beeinflusst. Durch die Verknüpfung von objektiven Nachhaltigkeitsindikatoren mit der subjektiven Wahrnehmung dieser soll ein umfassendes Bild der städtebaulichen Qualität und deren Auswirkungen auf die Quartierszufriedenheit gewonnen werden. Ziel ist es, aufzuzeigen, wie Quartiersentwicklungspraktiken zur Steigerung der städtebaulichen Qualität in Quartieren beitragen können und welche Faktoren für die Zufriedenheit der Bewohner mit dem Quartier ausschlaggebend sind. In Düsseldorf, wo der hohe Wohnungsdruck zur Aktivierung großer, oft brachliegender Areale für die Quartiersentwicklung führt, bietet sich eine ideale Gelegenheit, diese Form der Stadtentwicklung genauer zu untersuchen. Besonders interessant ist, wie die Stadt diese Quartiersentwicklungen strategisch für nachhaltige Stadtentwicklungsprojekte nutzt, wie am Beispiel der großen Entwicklungsprojekte Medienhafen, Airport City oder auch den hier untersuchten gemischten Wohnquartieren Le Quartier Central, Belsenpark, Mühlenquartier, Karolinger Höfe und Grafental ersichtlich wird (Geisel et al., 2020).

Methodische Vorgehensweise

Die methodische Vorgehensweise dieser Studie beruht auf der Integration von geopartizipativen Informationssystemen und GIS-Technologien. Abbildung 3.3 veranschaulicht das Forschungsdesign, das eine Kombination aus quantitativen städtebaulichen Indikatoren und subjektiven Zufriedenheitsbewertungen der Bewohner umfasst. Dieses Kapitel erläutert den methodischen Ansatz, der in folgenden Schritten ausgeführt wird:

1. **Ableitung von Indikatoren aus der Literatur:** Der erste Schritt umfasst die Identifikation relevanter städtebaulicher Erfolgsfaktoren für Quartiere, basierend auf den in der Fachliteratur anerkannten Kriterien. Zu diesen zählen die Verknüpfung und Lokalität, die Versorgungsinfrastruktur, öffentliche Freiräume, Mobilität, soziale Vielfalt, Nutzungsmischung, Aufenthaltsqualität sowie eine angemessene bauliche Dichte ¹.
2. **Auswahl der Untersuchungsquartiere:** Für die empirische Untersuchung wurden fünf Quartiersprojekte in Düsseldorf ausgewählt. Die Kriterien für die Auswahl umfassten die Diversität der Quartiere hinsichtlich ihrer städtebaulichen Charakteristika und Bewohnerstrukturen und eine Urbanität gemäß der Definition eines urbanen Stadtquartiers (zur Quartiersdefinition vgl. Kapitel 2.1).
3. **GIS-Analyse der Quartiere:** Unter Verwendung von offenen Geodaten erfolgt eine detaillierte Analyse der städtebaulichen Parameter der Quartiere. Hierbei werden die zuvor identifizierten städtebaulichen Indikatoren quantitativ erfasst und analysiert. Ein Großteil der auf diesen Faktoren aufbauenden Evaluation in dem Fachartikel basiert auf Geodatenanalysen, die aufgrund des räumlichen Charakters der äußerst quartiersbezogenen Fragestellung besonders geeignet sind (Wilson, 2020). Hierbei kommen verschiedene Methoden zum Einsatz, wie beispielsweise der Einsatz von Laserscan-Daten für die Modellierung und Analyse von 3D-Körpern der Gebäude sowie räumliche Analysen von Lärmemissionen, Landnutzungen und Infrastruktureinrichtungen. Ebenso kommt der Analyse der Integration der Quartiere in die Gesamtstadt eine wichtige Rolle zu, insbesondere in Bezug auf die fußläufige und ÖPNV-Anbindung. Durch den Einsatz eines GIS-basierten, multimodalen Netzwerk-Modells kann die Erreichbarkeit in den Quartieren detailliert bewertet werden. Dies trägt maßgeblich dazu bei, die Bedeutung der Verkehrsanbindung für die Quartierszufriedenheit zu verstehen und ein Bild davon zu gewinnen, wie die infrastrukturelle Versorgung im Quartier die Quartierszufriedenheit beeinflusst.

¹Für eine ausführliche Diskussion zu einzelnen Charakteristika erfolgreicher Quartiersentwicklungen sei an dieser Stelle auf Naumann und Nadler (2023) verwiesen.

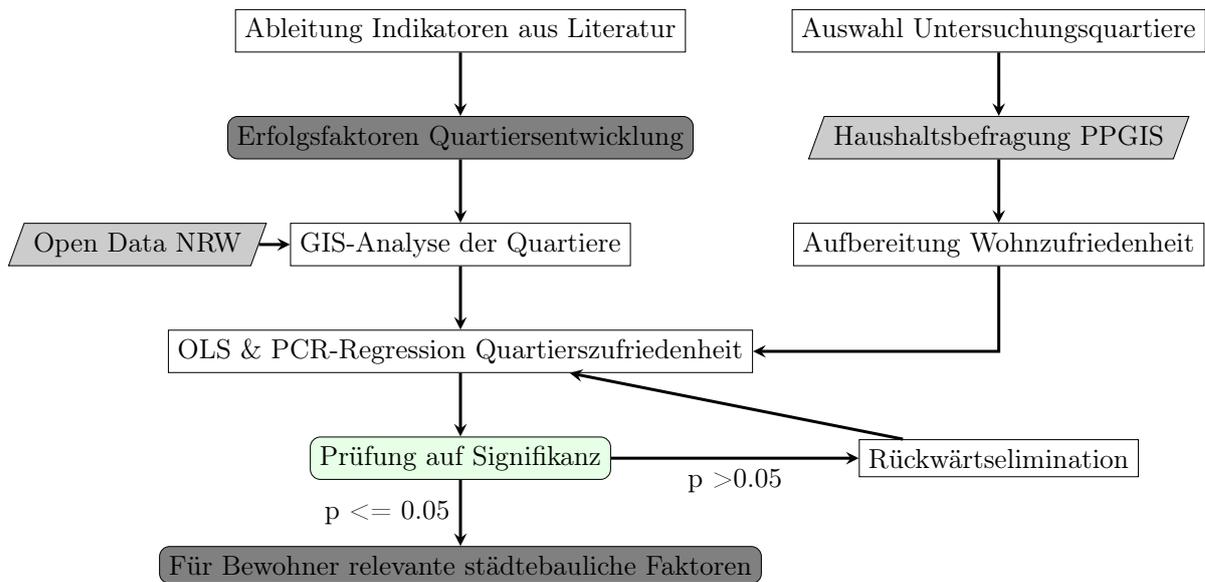
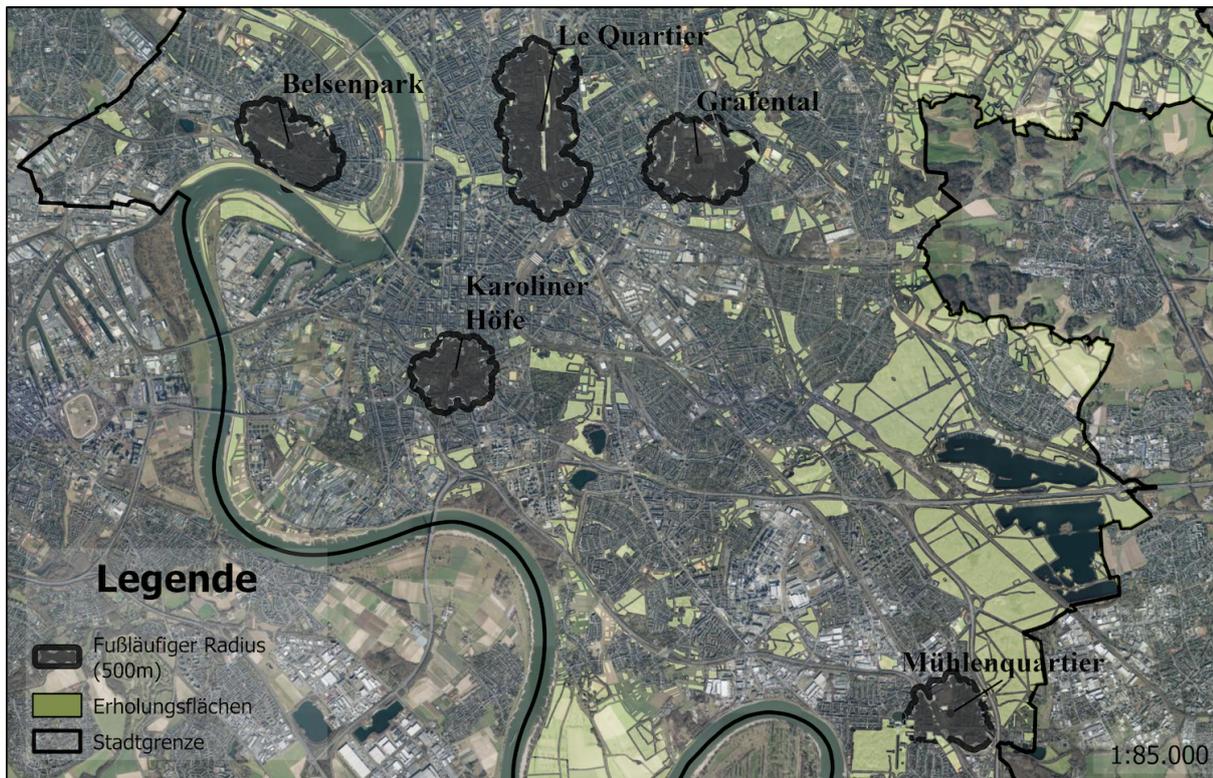


Abbildung 3.3: Forschungsdesign zur Untersuchung von Erfolgsfaktoren und Quartierszufriedenheit. Hierbei repräsentieren weiße Elemente die Prozessschritte, hellgraue Elemente die Eingabedaten, grüne Elemente Entscheidungspunkte und dunkelgraue Elemente Ergebnisse.

4. **Haushaltsbefragung mittels PPGIS:** Die Ergebnisse dieser Indikatoren-Analyse werden durch eine repräsentative Befragung von 361 Quartiershaushalten ergänzt und verglichen, um, neben dem Abgleich mit den Quartiersanalysen, zusätzliche Faktoren wie z.B. die Zufriedenheit mit der städtischen Umgebung, Wohlfühlorte im Quartier sowie Einstellungen zu Wohnpräferenzen wie Ruhe, Sicherheit, Urbanität und Dichte zu identifizieren. Die Befragung nutzt hierbei PPGIS-Methoden, einschließlich der Kartierung und geografischen Verortung und Clusteranalyse von Lieblingsorten der Befragten. Diese Methodik, die geografische Daten zur Einbeziehung von lokalem Wissen der Bevölkerung nutzt, ermöglichte es, lokale geografische Kenntnisse zu nutzen und in somit Erkenntnisse über die Erfolgsfaktoren der Quartiersentwicklung zu gewinnen, die sich mit der Analyse von Fachdaten nicht finden lassen (Brown und Kytä, 2014).
5. **Regression der Quartierszufriedenheit:** Hierbei wird eine Ordinary-Least-Squares (OLS)-Regression eingesetzt, um zu beziffern, wie verschiedene städtebauliche Faktoren die Zufriedenheit der Bewohner mit ihrem Quartier beeinflussen. Das statistische Analyseverfahren erlaubt es, den spezifischen Beitrag jedes möglichen Faktors zur Quartierszufriedenheit zu isolieren und zu quantifizieren. In dieses Ausgangsmodell fließen sowohl die Ergebnisse der Geodatenanalysen als auch die Faktoren der Quartiersbefragungen als unabhängige Variablen ein. Zur Optimierung des Modells wird eine Rückwärtselimination eingesetzt, bei der Variablen sequenziell ausgeschlossen werden, sofern sie keinen hochsignifikanten Beitrag zur Quartierszufriedenheit leisten.
6. **Implementierung einer PCR:** Der finale Schritt im Designprozess ist die Implementierung einer PCR. Sie dient dazu, die Beziehung zwischen der abhängigen Variablen 'Quartierszufriedenheit' und den einzelnen unabhängigen Variablen zu modellieren. Die PCR unterscheidet sich von der herkömmlichen OLS-Regression dadurch, dass sie nur eine ausgewählte Anzahl von Hauptkomponenten verwendet, die so gewählt werden, dass sie die maximale Varianz im Datensatz erfassen (Liu et al., 2003). Die Anwendung im Kontext der Quartierszufriedenheit ist sinnvoll, um das Risiko einer Autokorrelation zu adressieren, welches durch die inhaltliche Nähe vieler subjektiver Ein-



Kartengrundlagen: Flurstücke NRW (dl-zero-de/2.0), Beeldmaterriaal, Land NRW, Earthstar Geographics

Abbildung 3.4: Die Abbildung zeigt die Erreichbarkeit von Erholungsflächen aus den untersuchten Quartiere in Düsseldorf. Erholungsflächen sind bebaute oder unbebaute Flächen, die dem Sport, der Freizeitgestaltung oder der Erholung dienen. Die Extraktion dieser erfolgte aus dem Liegenschaftskataster. Die Datengrundlagen sind Naumann und Nadler (2023) zu entnehmen.

flussfaktoren entsteht. Durch die Verwendung der PCR konnte das Problem der Multikollinearität reduziert werden, was zu einem genaueren Modell führte. Ein Vergleich der Regressionskoeffizienten des ursprünglichen OLS-Modells mit den Koeffizienten PCR-Modells ermöglicht es zudem zu erkennen, welche Einflussfaktoren im OLS-Modell überschätzt wurden.

Die methodische Stärke dieses Ansatzes liegt in der umfassenden Integration und Analyse sowohl quantitativer als auch subjektiver Informationen. Durch die Kombination von GIS-Analysen mit geopartizipativen Befragungsmethoden wird ein tiefgreifendes Verständnis der Faktoren, die die Quartierszufriedenheit beeinflussen, ermöglicht. Dieses Vorgehen trägt maßgeblich zur Entwicklung eines evidenzbasierten Rahmens für die Quartiersentwicklung bei, der sowohl die städtebaulichen Charakteristika als auch die Bewohnerperspektiven berücksichtigt.

Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung zeigt, dass die Quartierszufriedenheit in hohem Maße mit den vorherrschenden Vorstellungen von Erfolgsfaktoren der Quartiersentwicklung im Städtebau übereinstimmt. Dies spiegelt die Kongruenz zwischen den aus der Theorie abgeleiteten Leitprinzipien der Quartiersgestaltung und den tatsächlichen Bedürfnissen und Wahrnehmungen der Bewohner wider. Ein wesentlicher Aspekt dieser Übereinstimmung ist die Erreichbarkeit sozialer Infrastrukturen und Nahversorgungseinrichtungen. Die

Untersuchung zeigt, dass die integrierte Lage der Quartiere und die gute Erreichbarkeit von Einrichtungen wie Kitas, Grundschulen und Spielplätzen sowie von Nahversorgungseinrichtungen wie Supermärkten die Quartierszufriedenheit maßgeblich verbessern und somit zur Zufriedenheit der Bewohner beitragen (siehe hierzu beispielhaft die Erreichbarkeit von Erholungsräumen der Quartiere in Abbildung 3.4). Dies spiegelt sich auch in der überdurchschnittlichen Zufriedenheit der Bewohner mit der infrastrukturellen Versorgung im Quartier wider, insbesondere in Bezug auf Kinderfreundlichkeit und Nahversorgung. Eine gute Erreichbarkeit dieser Einrichtungen trägt zur Zufriedenheit der Bewohner bei, was die Notwendigkeit einer sorgfältigen Planung und Umsetzung von Nahversorgungs- und Infrastrukturangeboten in neuen Stadtquartieren hervorhebt. Bemerkenswert ist, dass trotz der hohen baulichen Dichte in den Quartieren die Zufriedenheit mit den Wohnverhältnissen nicht negativ beeinflusst wird. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen der Studie von Cao (2016), die darauf hinweist, dass hohe städtebauliche Dichten tendenziell von Bewohnern als belastend oder negativ für die Quartierszufriedenheit empfunden werden.

Die untersuchten Quartiere weisen eine geringe vertikale Nutzungsmischung auf. Trotz der aktuellen städtebaulichen Bestrebungen, gemischte Nutzungen zu fördern, um die Urbanität zu steigern, sind in den Quartieren hauptsächlich Wohnnutzungen festgesetzt. Diese Erkenntnis weist auf eine Diskrepanz zwischen städtebaulichen Leitbildern und der realisierten Quartiersgestaltung hin. Entscheidend für die Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier ist aber dennoch die Zufriedenheit mit der eigenen Wohnsituation im Quartier, die beiden Aspekte sind stark korrelierend. Dies unterstreicht die Bedeutung der individuellen Wohnbedürfnisse, auch als eine Hauptdeterminante für die Quartierszufriedenheit. Gleiches gilt auch für die Zufriedenheit mit der Stadt, die sich ebenfalls stark auf die Quartierszufriedenheit auswirkt und umgekehrt. Diese Beobachtung verdeutlicht, dass die Zufriedenheit der Bewohner nicht ausschließlich auf der Quartiersebene verankert ist, sondern vielmehr in einem übergeordneten städtischen Kontext zu verstehen ist, in dem Wohnbedürfnisse auf allen Ebenen – von der individuellen Wohnsituation bis hin zur Gesamtstadt – eine wesentliche Rolle spielen. Somit zeigt sich in der Forschungsarbeit, dass die Zufriedenheit mit dem Quartier in einem komplexen Wechselspiel von städtischer Gestaltung, individueller Wohnsituation und subjektiver Wahrnehmung steht. Quartiersentwicklungen sind demgemäß auch kontextbezogen und unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Bewohner zu gestalten.

Die Bedeutung der Ergebnisse für die Forschung liegt besonders in der Erweiterung und Verfeinerung bestehender methodischer Ansätze, indem der Rahmen durch die Überprüfung gängiger Annahmen aus der Literatur zu Erfolgsfaktoren für Quartierszufriedenheit erweitert wurde. Dies geschah durch die Kombination von aus Geodatenanalysen extrahierten Informationen und geopartizipativen Methoden, was eine methodische Innovation darstellt. Die Studienergebnisse liefern konkrete Einsichten in die Faktoren, die zur Zufriedenheit in städtischen Quartieren beitragen. Dies ermöglicht eine gezieltere und bewohnerzentrierte Herangehensweise in der Praxis der Quartiersentwicklung. Insbesondere die Erkenntnisse über die positive Wirkung einer guten Erreichbarkeit von sozialer Infrastruktur und Nahversorgung ergänzen bestehende städtebauliche Konzepte, die sich häufig auf die physische Gestaltung und die räumliche Anordnung von Gebäuden konzentrieren.

Die Ergebnisse unterstützen auch praktische Entscheidungsprozesse in der Stadtplanung und Quartiersentwicklung, indem sie ein differenziertes Verständnis der lokalen Bedürfnisse bieten. Stadtplaner und Entscheidungsträger können diese Erkenntnisse nutzen, um Prioritäten in der Quartiersgestaltung zu setzen, die über traditionelle Ansätze hinausgehen. Darüber hinaus bieten die Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Quartierszufriedenheit und Wohnsituation wichtige Anhaltspunkte für die Entwicklung von Wohnraumkonzepten. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Zufriedenheit mit der eigenen

Wohnung und auch der Gesamtstadt als Schlüsselemente für die Quartierszufriedenheit zu sehen sind. Dies sollte in der Planung berücksichtigt werden, indem beispielsweise stärker auf die Integration in das städtische Gesamtgefüge und auf die frühzeitige Anpassung des Wohnraumangebots an die spezifischen Bedürfnisse der Bewohner geachtet wird.

Dennoch ergaben sich methodisch bedingte Einschränkungen, die unter anderem durch eine geringe räumliche Variation der Wohnzufriedenheit verursacht worden sind. Diese Einschränkungen resultieren aus der kontaktlosen Erfassung der Befragung, die die Wohnorte der Haushalte nicht explizit mit einbezieht. Zudem klammert der thematisch breite Untersuchungsansatz die differenzierte Betrachtung bestimmter Themen, wie z.B. die Qualität der Grünräume, aus. Hinzu kommt, dass die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere städtische Kontexte nicht zwingend gegeben ist und ein Zufriedenheitsbias der Bewohnerschaft aufgrund der bereits erfolgten Standortwahl der Quartiersbewohner besteht.

Für weiterführende Studien eröffnen sich daher mehrere Ansatzpunkte: Eine detailliertere Erfassung räumlicher Zusammenhänge und Variationen, einschließlich der Wohnorte der Haushalte in Kombination mit partizipativen Geodaten, könnte tiefergehende Einblicke in die Interaktionen der Haushalte mit ihrem Umfeld ermöglichen. Gruppenspezifische Auswertungen nach Eigentumsverhältnissen, Haushaltsgröße und -form könnten aufschlussreiche Erkenntnisse über raumspezifische Nutzungen und Bedürfnisse liefern. Eine Untersuchung möglicher Interaktionseffekte zwischen verschiedenen Faktoren auf die Bewohnerzufriedenheit und eine differenziertere Betrachtung bisher weniger fokussierter Aspekte (z.B. der Verbindung eigener Wohnungsmerkmale und Quartiersmerkmale) würden das Verständnis weiter vertiefen. Zudem wäre die Erforschung unterschiedlicher Quartierstypen von Interesse, um zu verstehen, wie Bebauungsdichten in verschiedenen Kontexten wahrgenommen werden und welche Rolle individuelle Präferenzen spielen.

3.3 Empirical Effects of the Designation of Milieu Protection Areas on the Residential Property Market in Berlin

Hintergrund und Motivation

In vielen Städten weltweit haben Urbanisierungstrends und Bevölkerungswachstum in den letzten Jahren zu steigenden Mieten und Kaufpreisen geführt, was wiederum zu unerwünschten Verdrängungsprozessen bei den Bewohnern geführt hat (Hyra, 2015; Crisp et al., 2012). In einigen deutschen Großstädten wurden daher vielfach Regelungen zum Schutz sozial schwacher Bewohner angewendet. Ein wichtiger stadtplanerischer Ansatz auf der Quartiersebene zum Schutz sozial schwächerer Bewohner im Quartier ist die Etablierung sogenannter Milieuschutzgebiete (MPAs), juristisch als soziale Erhaltungsgebiete bezeichnet (Mitschang, 2017). Sie sollen die Bewohner vor Verdrängung schützen und Gentrifizierungstendenzen entgegenwirken. MPAs sind eine häufig genutzte Regulierung in deutschen Großstädten wie Berlin oder München, die Eigentumsrechte in ausgewiesenen Bestandsquartieren, den Milieuschutzgebieten, durch Einschränkungen bei der Modernisierung und ggfs. bei der Umwandlung von Mietwohnungen in Eigentumswohnungen beschränkt. Dies betrifft beispielsweise Baumaßnahmen, Grundrissänderungen und auch die Umnutzung von Wohnungen (Mitschang, 2017). Durch die Regulierung sollen diese dazu beitragen, die soziale Diversität und Stabilität in städtischen Quartieren zu erhalten und damit langfristig einen ausgewogenen städtischen Entwicklungsprozess zu unterstützen (Mitschang, 2017). Im Kontext der Quartiersentwicklung sind MPAs von besonderer Bedeutung, da sie indirekt die Wohnungsmarkt-

bedingungen beeinflussen, indem sie Modernisierungen, Umwandlungen und Nutzungsänderungen einschränken.

In Berlin, wo sich die Wohnungsnot in den letzten Jahren dramatisch verschärft hat, wurden die Regulierungen des Wohnungsmarktes deutlich ausgeweitet (Hahn et al., 2023). Infolgedessen ist auch eine signifikante Zunahme von MPAs zu verzeichnen, wodurch mittlerweile ein umfangreicher Teil der Stadt als MPA ausgewiesen ist. Die Forschungslücke, die diese Arbeit adressiert, ergibt sich aus dem städtischen Diskurs über die Wirkungen von MPAs auf die Immobilien in den ausgewiesenen Quartieren, für die es bisher kaum empirische Belege gibt. In der Forschungsarbeit werden verschiedene methodische Ansätze und Techniken angewendet, um die langfristigen empirischen Auswirkungen dieser MPAs auf den Berliner Wohnungsmarkt zu untersuchen.

Der Fokus liegt hierbei auf zwei Aspekten:

1. Dem Vergleich von Eigentumswohnungen in MPAs mit angrenzenden Gebieten außerhalb der MPAs und
2. dem quantifizierbaren Einfluss der Milieuschutzregulierungen auf die Preise und die Anzahl der Transaktionen von Eigentumswohnungen.

Die Studie konzentriert sich auf Eigentumswohnungen, weil diese in deutschen Großstädten die dominante Eigentumsform darstellen.

Methodische Vorgehensweise

Die präzise Analyse der Auswirkungen von MPAs auf den Wohnimmobilienmarkt setzt eine methodisch fundierte Herangehensweise voraus. Der Einsatz von GIS zur räumlichen Verortung und Analyse sowie die Anwendung eines DiD-Regressionsmodells sind zentral für das Forschungsdesign, wie in Abbildung 3.5 dargestellt. Das Vorgehensweise gliedert sich in folgende methodische Schritte:

1. **Geolokalisierung von Wohnungstransaktionen:** Als Grundlage für die Analyse werden 229.369 Wohnungstransaktionen in Berlin von 1991 bis 2019 mittels eines GIS räumlich verortet und einem MPA/ der Treatment-Gruppe oder alternativ der Kontroll-Gruppe zugeordnet. Diese Lokalisierung ist entscheidend, um die räumlichen Beziehungen zwischen den Transaktionen und den MPAs zu erfassen und bildet die Basis für die weiterführende Analyse. Außerdem ist es in diesem Kontext wichtig, dass die Transaktionen nicht nur in ihrem geografischen Kontext, sondern auch im zeitlichen Verlauf präzise erfasst werden. Der zeitliche Abgleich der Transaktionen ist von entscheidender Bedeutung, um eine inkorrekte Zuordnung zu den MPAs zu vermeiden, da Transaktionen im identischen räumlichen Bereich potenziell auch vor der Implementierung eines MPA erfolgt sein können.
2. **Berechnung weiterer Lageinformationen:** Nach der Geolokalisierung der Transaktionen erfolgt die Berechnung weiterer Lageinformationen. Diese beinhalten preisrelevante Zentralitäts- und Quartiersmerkmale (z. B. Kerndichten von Nutzungen, Quartierszugehörigkeiten, Erreichbarkeiten zu Universitäten und Bahnhöfen), die zur Anreicherung der Transaktionsdaten dienen. Die Berücksichtigung dieser Merkmale ermöglicht eine umfassende Bewertung der Standortqualität und deren Einfluss auf Immobilienpreise. Durch das Sammeln dieser Merkmale lassen sich die Beiträge einzelner Effekte im nachfolgenden Schritt besser isolieren.
3. **Deskriptive Analyse:** Um die Unterschiede in der Anzahl der Transaktionen und der Preisentwicklung von Eigentumswohnungen im Laufe der Zeit besser zu verstehen, werden zunächst die

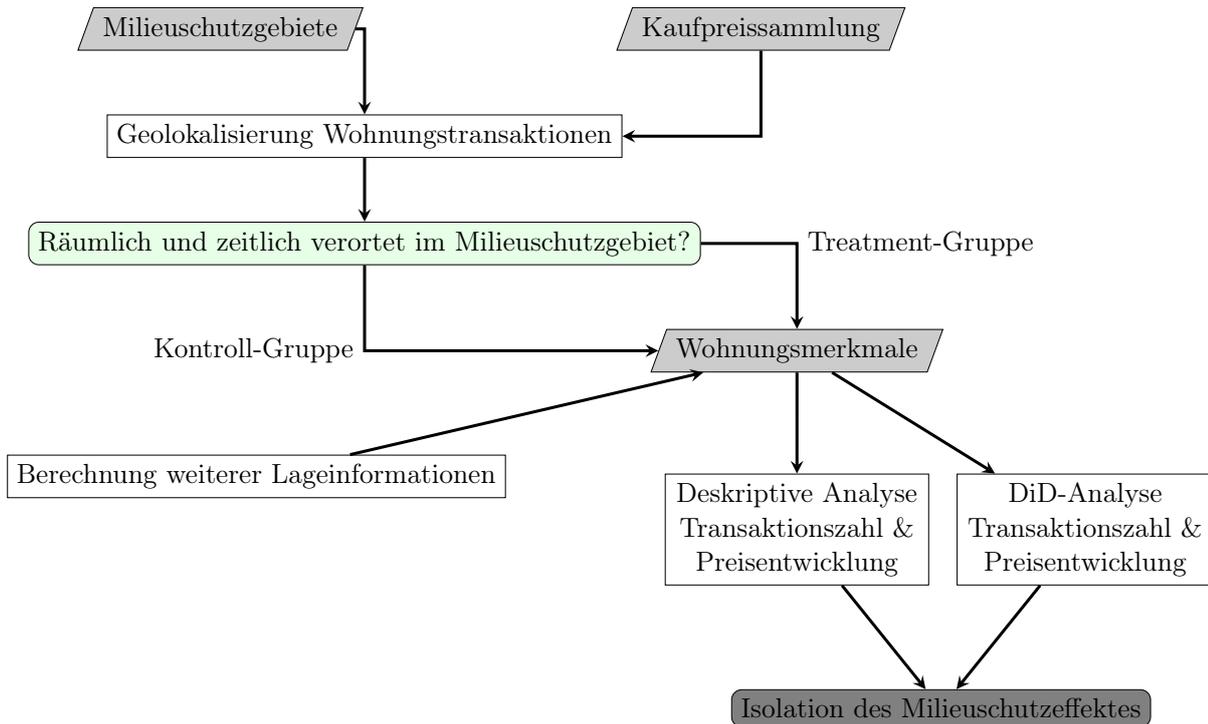


Abbildung 3.5: Forschungsdesign zur Untersuchung der empirischen Auswirkungen von Milieuschutzgebieten auf den Wohnimmobilienmarkt in Berlin. Hierbei repräsentieren weiße Elemente die Prozessschritte, hellgraue Elemente die Eingabedaten, grüne Elemente Entscheidungspunkte und dunkelgraue Elemente die finalen Ergebnisse.

Trends über den Analysezeitraum zwischen 1991 und 2019 betrachtet. Weiterhin erfolgt eine deskriptive Analyse der Transaktionsmerkmale innerhalb und außerhalb der MPAs, was als Verständnisgrundlage für die nachfolgende DiD-Analyse dient.

4. **DiD-Regressionsmodell:** Um die spezifischen Effekte der Milieuschutzbestimmungen zu isolieren, kommt ein angepasstes Regressionsmodell zum Einsatz, das auf der DiD-Methode basiert. Die DiD ist eine statistische Technik, die beispielsweise in der empirischen Wirtschaftsforschung verwendet wird, um die Wirkung einer spezifischen Intervention oder eines Ereignisses über die Zeit zu schätzen (Angrist und Pischke, 2009). Sie wird insbesondere in Studien eingesetzt, in denen eine Kontrollgruppe und eine Treatment-Gruppe vorliegen (wie beispielsweise der Erlass von Schutzzonen im Vergleich mit Gebieten außerhalb von Schutzzonen) (Angrist und Pischke, 2009). Die DiD-Methode vergleicht die Veränderungen in der abhängigen Variable (z. B. Immobilienpreise) über die Zeit zwischen diesen beiden Gruppen. Dieser Ansatz erlaubt es, Veränderungen im Immobilienmarkt sowohl in Bezug auf die Anzahl der Transaktionen als auch auf die Kaufpreise zu untersuchen, wobei räumliche und zeitliche Merkmale berücksichtigt werden können, die sich in diesem Falle aus den zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingerichteten MPAs ergeben (Turnbull et al., 2019). Dabei wird ein Vergleich zwischen den Veränderungen in Immobilienpreisen und Transaktionsaktivitäten in Milieuschutzgebieten und in der unmittelbaren Umgebung vor und nach der Einführung durchgeführt. Sie bildet den Kern der methodischen Vorgehensweise und führt zur Isolation des Milieuschutzeffektes.

Die Kombination aus räumlicher Lokalisierung der Transaktionen mittels GIS, der Berechnung zusätz-

licher Lageinformationen und der Anwendung eines DiD-Regressionsmodells ermöglicht eine tiefgreifende Analyse der Auswirkungen von MPAs auf den Immobilienmarkt in Berlin. Die präzise Erfassung und Analyse der Daten gewährleisten nicht nur eine adäquate Einpreiseung der Marktdynamiken und Lagen, sondern tragen auch zu einer evidenzbasierten Bewertung stadtpolitischer Maßnahmen bei. Dieser methodische Ansatz unterstreicht die Bedeutung einer detaillierten räumlichen Analyse für die Untersuchung von Immobilienmarkteffekten.

Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Die empirische Untersuchung der Milieuschutzgebiete in Berlin demonstriert, dass deren Einführung einen signifikanten Einfluss auf die Transaktionsraten von Eigentumswohnungen hat. Die Implementierung dieser Schutzgebiete führt zu einer deutlichen Verringerung der Transaktionen, unter anderem durch die erschwerte Umwandlung von Miet- in Eigentumswohnungen. Diese Regulierungsmaßnahmen sind besonders relevant, da sie sich sowohl direkt als auch indirekt auf eine bedeutende Anzahl von Einwohnern auswirken – etwa 787.000 der ca. 3,8 Millionen Einwohner Berlins leben in diesen Schutzgebieten, wie die räumliche Darstellung in Abbildung 3.6 verdeutlicht.

Trotz der Regulierung konnten die Preisanstiege in den betroffenen Gebieten nicht effektiv eingedämmt werden. Die Preise in den Schutzgebieten stiegen sogar schneller als in angrenzenden Bereichen, auch weil die Ausgangspreisniveaus dort zumeist niedriger waren. Im Laufe der Zeit verringert sich diese Diskrepanz, da die Preise in den Schutzgebieten und den umliegenden Gebieten sich annäherten. In Erwartung der neuen Regulierungen und der damit verbundenen Einschränkungen bei der Umwandlung von Miet- in Eigentumswohnungen, nahmen viele Eigentümer die Gelegenheit wahr, ihre Immobilien umzuwandeln und zu veräußern. Dies führt zu einer deutlichen Erhöhung der Transaktionsraten bei Eigentumswohnungen kurz nach der Einführung der Schutzgebiete. Es ist jedoch festzustellen, dass umgewandelte, vormalige Mietwohnungen nicht zwangsläufig mit höheren Kaufpreisen verbunden sind. Interessanterweise haben die Regelungen innerhalb der MPAs jedoch einen Preisanstieg bei diesen Wohnungstypen gebremst, wobei ein Preisunterschied von 5,4% gegenüber Transaktionen festgestellt wird, die außerhalb eines MPA stattfanden.

Die Untersuchung zeigt weiterhin, dass spezifische strukturelle Merkmale wie Balkone oder Aufzüge in den Schutzgebieten zu höheren Preisauflagen bei den Kaufobjekten führen als in den Vergleichsgebieten, was teilweise auf geltende Modernisierungsverbote zurückzuführen ist. Insbesondere Wohnungen in historischen Gebäuden verzeichnen erhebliche Prämien, was die Erschwinglichkeit in diesen Arealen beeinträchtigt. Gerade diese Gebäudetypen waren in den MPAs besonders häufig vertreten.

Milieuschutz-Regulierungen sollten nicht als umfassendes preisdämpfendes Instrument verstanden werden, sondern als kurzfristige Intervention gegen unerwünschte Marktentwicklungen. Es ist jedoch auch zu beachten, dass Modernisierungen des Wohnbestandes in der Regel mit höheren Preisen verbunden sind, was kurzfristig durch Milieuschutz-Regulierungen verhindert werden kann. Mittelfristig steht dies allerdings in Konflikt mit dem Ziel der energetischen Sanierung zur Nachhaltigkeit, die durch solche Regulierungen nicht unmöglich gemacht, aber erschwert wird.

Diese Ergebnisse unterstreichen also insgesamt eine komplexe Wechselwirkung zwischen quartiersbezogener Regulierungen und den Dynamiken des Immobilienmarktes. Dies ist insbesondere in städtischen Gebieten mit angespannten Wohnungsmärkten von Bedeutung, da sie auf die Notwendigkeit hinweist, regulative Eingriffe im Kontext eines breiteren Spektrums von Stadtentwicklungsstrategien zu betrachten. Die Analyse zeigt, dass regulative Eingriffe wie die Ausweisung von Milieuschutzgebieten zwar kurzfristige Auswirkungen auf den Immobilienmarkt haben können, langfristig jedoch keine signifi-

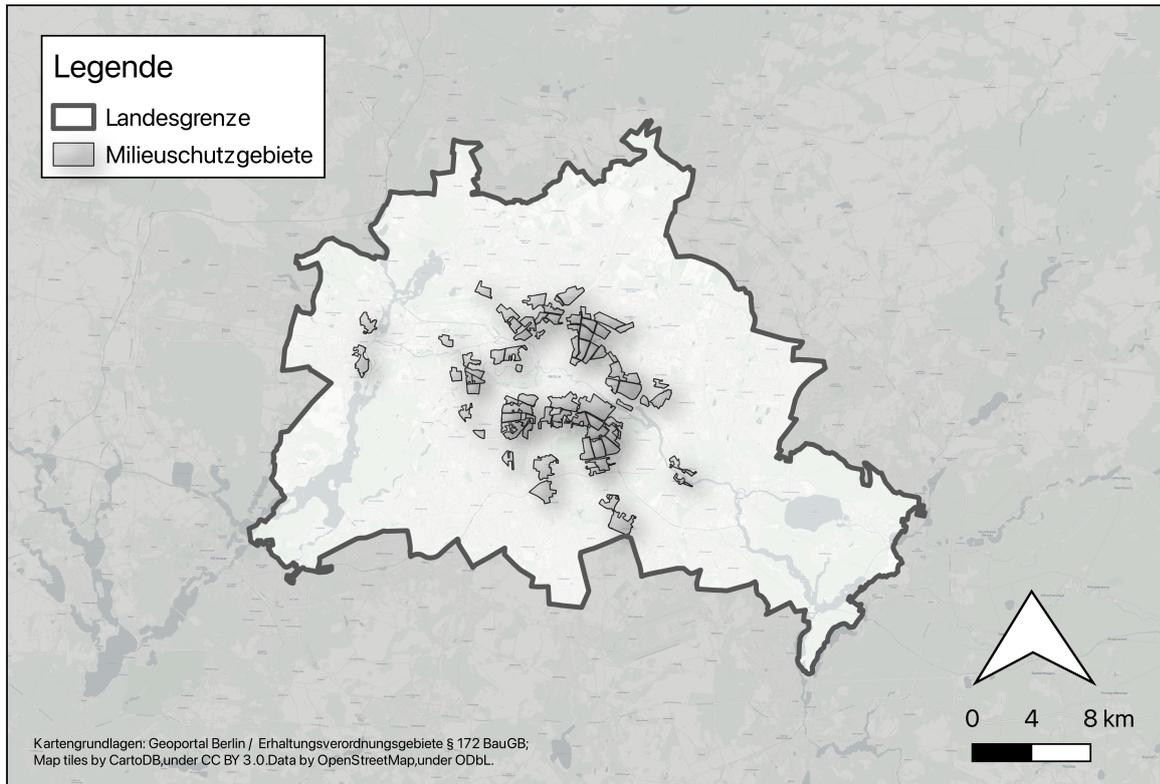


Abbildung 3.6: Die dargestellte Abbildung illustriert die geografische Verteilung der Milieuschutzgebiete innerhalb Berlins. Die überwiegend zentrale Positionierung dieser Gebiete unterstreicht eine bemerkenswerte städtische Konzentration. Trotz der Tatsache, dass lediglich 4% der gesamten Stadtfläche als Milieuschutzgebiete (MPAs) klassifiziert sind, beherbergen diese im Jahr 2020 ungefähr 787.000 Einwohner, was einem signifikanten Anteil der Gesamtbevölkerung Berlins von 3,8 Millionen entspricht. Die zugrundeliegenden Daten für diese Analyse entstammen Naumann et al. (2023).

kante Dämpfung der Preissteigerungen in den betrachteten Segmenten bewirken. Dies unterstreicht die Bedeutung eines ganzheitlichen Ansatzes in der Stadtplanung, der sowohl den Schutz der bestehenden Bewohnerschaft als auch die Bedürfnisse des Immobilienmarktes berücksichtigt. Die Ergebnisse betonen ferner, dass eine sorgfältige Abwägung und Anpassung von Stadtentwicklungsmaßnahmen erforderlich ist, um die gewünschten sozialen und ökonomischen Ziele effektiv zu erreichen.

Der methodische Ansatz ermöglicht insgesamt eine äußerst differenzierte Analyse von Auswirkungen stadtplanerischer Interventionen auf den Immobilienmarkt. Indem er den direkten Vergleich zwischen verschiedenen Gebieten und Zeitpunkten schafft und hierbei den Effekt der Regulierung isoliert, liefert er wertvolle Einblicke in die Effektivität solcher räumlich explizit festgesetzten Interventionen. Dies hilft, die komplexe Dynamik städtischer Märkte zu verstehen und fundierte Entscheidungen in der Quartiersentwicklung zu treffen. Der Fachartikel zeigt, wie räumliche und zeitliche Daten empirisch effektiv genutzt werden können, um wichtige städtebauliche Fragestellungen zu adressieren und trägt damit zur Entwicklung von datenzentrierter Regulierung für urbane Herausforderungen bei.

Innerhalb der Analyse ergaben sich ebenfalls Limitationen. Erstens war die detaillierte Untersuchung

zusätzlicher baulicher Wohnungsmerkmale, die für eine vollständige Beurteilung des Ausstattungsstandards – wie der Renovierungszustand oder die Qualität der Wohnungsausstattung, beispielsweise Bodenbeläge – erforderlich gewesen wären, aufgrund der Beschränkungen der vorhandenen Datenbasis in der amtlichen Kaufpreissammlung nicht möglich. Zweitens basiert der verwendete Datensatz ausschließlich auf der amtlichen Kaufpreissammlung, die lediglich Transaktionen erfasst, bei denen eine Einigung zwischen Käufer und Verkäufer zustande kam. Dies schließt eine Time-on-Market-Analyse aus, da keine Daten über die Dauer des Angebots einer Immobilie am Markt vorliegen. Drittens waren zum Zeitpunkt der Studie lediglich Daten über MPAs verfügbar, die bis einschließlich des Jahres 2020 ausgewiesen wurden. Folglich existierten keine Informationen über Gebiete, die seitdem möglicherweise aus dem Milieuschutz herausgefallen sind, was die Ergebnisse der Studie potenziell verzerren könnte.

Der Fokus dieser Untersuchung liegt auf den Auswirkungen von MPAs auf das Segment des Wohneigentums. Dabei bleibt die Frage, inwiefern die identifizierten Zusammenhänge sich auf Gentrifizierungsprozesse und die Verdrängung der ansässigen Bevölkerung auswirken, in der aktuellen Forschungsarbeit unbeantwortet. Diese thematische Eingrenzung unterstreicht die Notwendigkeit weiterführender Studien, um ein umfassenderes Verständnis der komplexen Dynamiken zwischen stadtplanerischen Maßnahmen und sozioökonomischen Veränderungsprozessen in Quartieren zu erlangen. Es wäre von besonderem Interesse, zu analysieren, wie sich diese Regulierungen auf die soziale Zusammensetzung der Quartiere auswirken und inwieweit sie zur Verhinderung von Gentrifizierungsprozessen und in Bezug auf die Mietpreise beitragen. Dabei könnten auch qualitative Methoden wie Befragungen oder Fallstudien eingesetzt werden, um ein tieferes Verständnis der subjektiven Wahrnehmungen und Erfahrungen der Anwohner zu gewinnen. Weiterhin blieben die Wechselwirkungen zwischen Milieuschutz und anderen stadtplanerischen Instrumenten in der Untersuchung weitestgehend offen.

Das methodische Vorgehen, speziell der Einsatz des DiD-Ansatzes, lässt sich auf die Untersuchung anderer städtebaulicher Regulierungen übertragen, die eine räumlich abgrenzbare Wirkung entfalten, wie Sanierungsgebiete, Denkmalschutzbereiche oder Schutzzonen für den Einzelhandel. Hierbei wäre es interessant zu analysieren, wie Milieuschutzmaßnahmen mit anderen Regulierungen, wie etwa Bebauungsplänen oder Förderprogrammen für sozialen Wohnungsbau, interagieren und welche Synergien oder Konflikte dabei entstehen. Darüber hinaus könnte die Forschung auch die Auswirkungen von Milieuschutzmaßnahmen auf die Entwicklung von Nachbarquartieren untersuchen. Es ist möglich, dass solche Regulierungen zu einer Verlagerung von Investitionen und Entwicklungsdruck in angrenzende Gebiete führen, was wiederum neue Herausforderungen für die Stadtplanung und -entwicklung mit sich bringen könnte. Schließlich wäre es von Bedeutung, die Effektivität von Milieuschutzmaßnahmen im Kontext unterschiedlicher städtischer Kontexte zu bewerten. Vergleichende Studien zwischen verschiedenen Städten oder Stadtteilen könnten aufzeigen, unter welchen Bedingungen und in welchen städtischen Kontexten Milieuschutzmaßnahmen besonders wirksam sind und welche Anpassungen erforderlich sein könnten, um sie in anderen Kontexten erfolgreich umzusetzen.

Kapitel 4

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Synopse begann mit einer Einführung in die Thematik der städtebaulichen Quartiersentwicklung und den Potenzialen von Geodata-Science-Methoden auf der Quartiersebene. Daraufhin wurden die theoretischen Grundlagen, methodischen Ansätze und zentralen Ergebnisse der einzelnen Forschungsarbeiten erörtert. In diesem abschließenden Kapitel erfolgt nun eine konsolidierte Zusammenfassung und Reflexion zu den Erkenntnissen im Bezug zur Quartiersentwicklung und zur angewandten Methodik. Zudem werden Perspektiven für zukünftige Forschungen und Praxisanwendungen im Bereich der städtebaulichen Quartiersentwicklung unter Verwendung von Geodata-Science-Methoden aufgezeigt.

4.1 Diskussion der Ergebnisse der Arbeiten im Zusammenhang

Die Betrachtung der Ergebnisse aus den drei vorgestellten Publikationen im Zusammenhang führt zu folgenden zentralen Erkenntnissen, welche die Bedeutung von Geodata-Science-Methoden im Kontext der Quartiersentwicklung hervorheben:

Potenzialausschöpfung durch datengestützte Mustererkennung und -optimierung

Es wird deutlich, dass die Anwendung von Geodata-Science-Methoden in der städtebaulichen Planung und Entwicklung eine präzise Identifizierung von Mustern und noch unentdeckten Potenzialen ermöglicht. Die erfolgreiche Implementierung dieser Techniken in jedem der Artikel zeigt, wie eine datengestützte Entscheidungsfindung zu einer effizienteren Identifizierung von Potenzialen und Optimierungsmöglichkeiten in der Quartiersentwicklung beitragen kann. In Artikel 1 wird durch die Anwendung von GIS-basierten multikriteriellen Analyseverfahren ein räumliches Muster in der Bauland-Eignung erkannt, was eine effiziente Simulation und Optimierung der Baulandentwicklung ermöglicht. Artikel 2 offenbart Muster im Zusammenhang zwischen Erfolgsfaktoren der Quartiersentwicklung und der Zufriedenheit der Bewohner. Artikel 3 verdeutlicht die Wirkzusammenhänge von räumlich expliziter städtebaulicher Regulierung und deren Auswirkungen auf die Immobilienpreise. Dies unterstreicht das Potenzial von Geodata-Science, komplexe städtische Strukturen und Dynamiken durch die Analyse räumlicher Daten zu entschlüsseln. Die Forschungsarbeiten leisten in diesem Sinne einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Geodata-Science in der Stadtplanung und demonstrieren die praktische Anwendbarkeit in unterschiedlichen städtebaulichen Kontexten.

Quartiere im Wechselspiel mit städtischen Strukturen

Die Untersuchungen heben die untrennbare Verbindung zwischen Quartieren und dem weiteren städtischen Kontext hervor, was sie als wesentliche Mikrokosmen innerhalb der Stadtlandschaft auszeichnet. Die Forschungsarbeiten verdeutlichen, dass Quartiere nicht nur als eigenständige Einheiten zu verstehen sind, sondern auch in einer dynamischen Wechselbeziehung mit der umgebenden Stadtstruktur stehen.

In Artikel 2 wird die ausgeprägte Sensibilität der Bewohner für städtebauliche Parameter auf Quartiersebene sichtbar. Es zeigt sich, dass die Wahrnehmungen und Bewertungen der Quartiersbewohner stark mit objektiv erhobenen Daten übereinstimmen, was die Relevanz der Quartiersebene für die alltägliche Lebensqualität und das Wohlbefinden unterstreicht. Diese Erkenntnis betont, wie entscheidend eine feinfühlig und bewohnerorientierte Planung für die Schaffung lebenswerter Quartiere ist. Die Ergebnisse aus Artikel 3 zeigen, dass die Wirkung städtebaulicher Regulierungsmaßnahmen, wie die Ausweisung von MPAs, von den spezifischen Merkmalen eines Quartiers abhängt. So kann insbesondere in Quartieren mit historischer Bausubstanz der Modernisierungsvorbehalt in den MPAs stärkere Auswirkungen haben, was die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtungsweise in der städtebaulichen Regulierung unterstreicht. Darüber hinaus untermauern die Ergebnisse aus Artikel 2, dass ein signifikanter Teil der Quartierszufriedenheit durch Faktoren auf Wohnungs- und Stadtebene erklärt werden kann. Dies verdeutlicht die vielschichtigen Einflüsse, die über die Grenzen des Quartiers hinausgehen.

Die in Artikel 1 vorgestellten Erkenntnisse zur Ableitung von Gestaltungsparametern aus der umgebenden Umgebung zeigen ebenfalls, wie die Integration eines Quartiers in seinen städtischen Kontext bereits in frühen Planungsphasen berücksichtigt werden kann. Automatisierte Verfahren zur Ableitung solcher Parameter unterstützen eine harmonische und umgebungsgerechte Quartiersgestaltung. So veranschaulichen die Forschungsarbeiten, dass Quartiere als integraler Bestandteil des städtischen Gefüges zu betrachten sind, deren Entwicklung und Bewertung immer auch im Lichte übergeordneter städtischer Dynamiken und Strukturen zu sehen ist. Die Analyse der Wechselwirkungen zwischen quartiersbezogenen und stadtweiten Faktoren offenbart die Komplexität der Quartiersbetrachtung und betont die Bedeutung eines umfassenden, fachübergreifenden Ansatzes.

Beschleunigung der Planungsreaktivität und -adaptivität

Die Forschungsarbeiten zeigen ebenfalls, wie Geodata-Science-Methoden die Anpassungsfähigkeit und Flexibilität in der Stadtplanung verbessern können, indem sie schnelle Reaktionen auf neue Entwicklungen und Erkenntnisse ermöglichen. Die traditionelle Praxis, Planungsprozesse manuell oder Planungsprozesse manuell oder isoliert in Fachbereichen durchzuführen, wird durch den Einsatz datenzentrierter Methoden und die Analyse umfassender Datenquellen überwunden. Dies erlaubt eine integrative Betrachtung städtischer Entwicklungsprozesse und beschleunigt Anpassungen an veränderte Rahmenbedingungen. In Artikel 1 wird beispielhaft gezeigt, wie frühzeitig das Potenzial von Baulandflächen erfasst und für fundierte Entscheidungen genutzt werden kann, wodurch die Planung agiler und vorausschauender wird. Artikel 2 verdeutlicht die Erweiterung der Planungspraxis um subjektive Bewohnerperspektiven, was zu einer flexibleren und bewohnerzentrierten Gestaltung von Quartieren führt. Artikel 3 illustriert, dass die isolierte Betrachtung von städtebaulichen Maßnahmen, wie Milieuschutz, zu unvorhergesehenen Wechselwirkungen führen kann, die ohne eine umfassende Datenbasis möglicherweise die räumlichen Disparitäten in Quartieren verstärken.

Diese Beispiele aus den Artikeln zeigen, dass die Anwendung von Geodata-Science in der Stadtplanung nicht nur zu effizienteren Entscheidungen führt, sondern auch Planungsprozesse flexibler macht, indem

sie eine breite Datenbasis für eine umfassende und schnelle Anpassung an sich wandelnde städtische Herausforderungen bietet.

Fachübergreifene Methodenintegration

Durch die Arbeiten wird die Bedeutung einer fachübergreifenden Herangehensweise in der Stadtplanung hervorgehoben, die eine ganzheitliche Sichtweise durch die Verknüpfung verschiedener Forschungsgebiete und Methodiken ermöglicht. So zeigt etwa die Untersuchung in Artikel 1 die Anwendung eines ursprünglich für ökologische Fragestellungen entwickelten Algorithmus auf städtebauliche Probleme die Möglichkeit, disziplinäre Grenzen zu überbrücken. Weiterhin verdeutlicht Artikel 2 durch die Einbindung von Bewohnerperspektiven mittels PPGIS und die Integration sozioökonomischer sowie mobilitätsorientierter Analysen, wie ein tiefgreifenderes Verständnis der Quartierszufriedenheit durch eine Vielzahl fachübergreifender Informationen erzielt werden kann. Artikel 3 wiederum widmet sich der differenzierten Betrachtung der Effekte von Milieuschutzgebieten, wobei die methodologische Neuerung durch die Anpassung ökonomischer Modelle an diese spezifische Thematik die Komplexität städtischer Auswirkungen verdeutlicht.

Dies veranschaulicht, wie die Kombination fachübergreifender Methoden und die Nutzung vielfältiger Datenquellen zu einem umfassenden Verständnis städtischer Entwicklungsprozesse beitragen. Sie unterstreichen die Notwendigkeit, die Komplexität städtischer Dynamiken in der Planung zu berücksichtigen und Strategien zu entwickeln, die eine nachhaltige, integrative und lebenswerte Gestaltung urbaner Räume fördern. Die Arbeiten zeigen exemplarisch, wie die Anwendung und Anpassung von Methoden aus verschiedenen Disziplinen die Forschung in der Stadt- und Quartiersentwicklung bereichern kann, und betonen die Relevanz einer ganzheitlichen Betrachtung für die effektive Adressierung der Herausforderungen und Chancen in der Stadt- und Quartiersentwicklung.

Bedeutung offener Daten

Die Untersuchungen demonstrieren, dass die Verfügbarkeit von Open Data bereits jetzt dazu beiträgt, tiefgreifende Analysen in der Stadtplanung und -entwicklung durchzuführen. Die Bereitstellung von Geobasis- und Fachdaten durch öffentliche Institutionen hat sich als grundlegend für die Anwendung geografischer Analysemethoden erwiesen. Angesichts des erwarteten Anstiegs der Verfügbarkeit von Open Data in der Zukunft eröffnet sich noch größeres Potenzial für die Stadtplanung. Dies unterstreicht die zunehmende Bedeutung von offenen Daten für die Weiterentwicklung von Geodata-Science-Methoden und deren Einfluss auf die Qualität und Aussagekraft städtebaulicher Forschung.

In allen drei Untersuchungen waren hochwertige Open-Geodata der Schlüssel zu reliablen Forschungsergebnissen. Auf dem Holsten Areal ermöglichten digitale Planungsgrundlagen eine verlässliche Aussage zu den Dichten. In den Milieuschutzgebiete Berlins waren Angaben zu Grenzen und Inkrafttreten der einzelnen Gebiete unerlässlich, um Transaktionen korrekt zuzuordnen. In Düsseldorf wiederum waren offene Daten wie photogrammetrische Laserscan-Daten entscheidend, um beispielsweise mittels 3D-Gebäudekörpern die Quartiersmorphologie zu erfassen. Diese Beispiele unterstreichen, wie die Verfügbarkeit von Open-Geodata die Qualität und Aussagekraft datenzentrierter Quartiersentwicklung maßgeblich beeinflusst.

Der Stellenwert offener Daten liegt nicht nur in der reinen Verfügbarkeit der Daten. Offene Daten fördern die Transparenz, ermöglichen erst eine breitere Beteiligung und stärken die Grundlagen für evidenzbasierte Entscheidungsprozesse in der Stadtplanung (Barbosa et al., 2014). Durch die Öffnung der

Datenbestände institutioneller Akteure werden auch Möglichkeiten für eine breitere öffentliche Beteiligung und kritische Auseinandersetzung mit städtischen Entwicklungsprozessen geschaffen. Erst eine erweiterte Open Data-Politik kann die Potenziale von Data-Science stärker auszuschöpfen, was wiederum eine transparente und effektive Stadtplanung fördert (Biljecki et al., 2021). Im Zusammenhang mit den vorgestellten Ansätzen sind freie Geodaten eine wesentliche Voraussetzung für die Übertragung der methodischen Inhalte auf vergleichbare Untersuchungsgebiete.

Relevanz in zahlreichen Phasen der Quartiersentwicklung

Die Arbeiten zeigen die vielseitige Anwendbarkeit von Geodata-Science-Methoden über das viele Phasen der Quartiersentwicklung hinweg. Beginnend mit Artikel eins, der in der Phase der Baulandentwicklung verortet ist, zeigt sich die Stärke der GIS-basierten multikriteriellen Analyseverfahren in der präzisen Analyse baulicher Gegebenheiten und Potenziale. Artikel 2 baut in der Phase der Quartierskonzeption auf einen PPGIS-basierten Ansatz, der die Identifikation von Erfolgsfaktoren von Quartiersentwicklungen durch die Integration von lokalem Wissen und Bewohnerperspektiven in die Analyse demonstriert. Artikel 3 schließlich vertieft die Anwendung von Geodata-Science in der Nutzungsphase durch die raum-zeitliche Analyse im Kontext von MPAs, um deren Auswirkungen auf Immobilientransaktionen und Immobilienpreise zu untersuchen. Diese unterschiedlichen Anwendungsbereiche unterstreichen die Flexibilität von Geodata-Science-Methoden in den unterschiedlichsten Phasen des Lebenszyklus von Quartieren, von der initialen Baulandentwicklung bis hin zur Nutzungsphase.

4.2 Kritische Reflexion des Forschungsprozesses

Anhand dreier städtischer Fragestellungen in den Metropolen Düsseldorf, Hamburg und Berlin kamen Methoden der Geodata-Science zum Einsatz, die auf städtebauliche Kontexte adaptiert und teilweise weiterentwickelt wurden. Es folgt eine kritische Betrachtung der methodischen und inhaltlichen Stärken sowie Schwächen, die für die Interpretation der Ergebnisse essentiell sind. Zuerst werden die positiven Aspekte hervorgehoben, anschließend die Limitationen diskutiert.

Die Anwendung methodischer Ansätze und Techniken, wie Fuzzy-Logik und MCDA-Eignungsmodelle, hat es ermöglicht, Standorte für die städtebauliche Projektentwicklung unter Berücksichtigung von Unsicherheiten erfolgreich zu bewerten und neue Anwendungspotenziale in diesem Bereich zu erkunden, was dem gesteckten Ziel der Forschung entspricht. Die Anwendung von GIS-gestützten Verfahren zur Optimierung von Baufeldern hat die umfassende Bewertung und räumliche Optimierung potenzieller Baulandflächen gefördert. Dies hat differenzierte Einblicke in die Standortwahl und die damit verbundenen städtebaulichen Herausforderungen gewährt. Die Eigenschaften der Baufelder liefern darüber hinaus eine wertvolle Grundlage für wirtschaftliche Kalkulationen der Planungsträger, einschließlich der kommunalen Bauleitplanung. Die Auswahl dieser Methoden ist in diesem Kontext demgemäß als erfolgreich zu werten.

Die Kombination aus der Analyse subjektiver und objektiver Informationsquellen, wie sie in den Untersuchungen zu Düsseldorfer Quartiersentwicklungen zum Einsatz kam, erwies sich ebenfalls insgesamt als fruchtbar. Sie ermöglichte es, quantitativ erfasste städtebauliche Erfolgsfaktoren mit subjektiven Zufriedenheitswerten der Haushalte verknüpfend auszuwerten. Dieser multidimensionale Ansatz trug dazu bei, die Komplexität städtischer Räume und die Wahrnehmungen ihrer Bewohner besser zu erfassen und zu verstehen.

In der Studie zu den Auswirkungen der Ausweisung von Milieuschutzgebieten auf den Berliner Wohnimmobilienmarkt wurden sowohl die geografischen Grenzen der Quartiere als auch Informationen über den Zeitpunkt ihrer Einführung berücksichtigt, um räumliche und zeitliche Aspekte in die Analyse zeitgleich einzubeziehen. Dies ist vor dem Hintergrund räumlich und zeitlich unterschiedlicher Festsetzungszeitpunkte der MPAs innerhalb von Berlin mit traditionellen Methoden eine Herausforderung. Die Anwendung der DiD-Methodik in einem Regressionsmodell und der Fokus auf Transaktionen innerhalb der Milieuschutzgebiete ermöglichte es, die Interaktionseffekte von Merkmalen zu erfassen und zu analysieren. Die Methode erwies sich in diesem Zusammenhang als besonders nützlich, um kausale Effekte exakt zu quantifizieren. Diese Kombination aus räumlicher Analyse und DiD-Analyse bildete somit auch eine solide Grundlage für die Bewertung politischen Maßnahmen mit explizit räumlicher Wirkung wie Zonen oder Schutzgebiete und deren Einfluss auf städtische Immobilienmärkte. Somit erweist sich die Anwendung der Methodik auch in diesem Kontext als zielführend.

Trotz der dargestellten Stärken dieser Ansätze traten im Forschungsverlauf auch methodische und inhaltliche Begrenzungen auf, die für die Interpretation der Ergebnisse und für die Übertragung in die praktische Anwendung von signifikanter Bedeutung sind.

Arbeitsaufwand zur Vorbereitung

Ein signifikanter Aspekt in der Anwendung datenzentrierter Methoden ist der umfangreiche Arbeitsaufwand, der für eine präzise Datenstrukturierung und Analyse erforderlich ist. Dies war auch bei der Anwendung der in dieser Forschung genutzten Methoden evident. Trotz der Möglichkeit, Effizienz durch häufige Anwendung und Routine zu steigern, bleibt die Flexibilität bei notwendigen Anpassungen der

Methoden begrenzt. So sind die Schwankungen in den Berechnungszeiten für die Optimierungsprozesse bei der Baulandoptimierung, die von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden reichen können, in der Praxis eine Herausforderung und erfordern eine sorgfältige Planung und Ressourcenallokation.

Darüber hinaus war der Prozess der Datensammlung und -aufbereitung selbst zeitaufwändig und erforderte ein hohes Maß an Detailgenauigkeit, um die Verlässlichkeit und Relevanz der Ergebnisse zu gewährleisten. Dies umfasste nicht nur das Sammeln und Filtern der Daten, sondern auch deren Validierung und Anpassung an die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Analysemethoden. Insbesondere die Sicherstellung der Verfügbarkeit von Daten in einer geeigneten Auflösung über das gesamte Untersuchungsgebiet hinweg stellt eine Herausforderung dar, wie die Untersuchung in Artikel 1 aufgrund der Heterogenität der Datenquellen zeigt. Die Notwendigkeit, Daten aus verschiedenen Quellen zu integrieren und zu harmonisieren, erhöhte den Komplexitätsgrad und den zeitlichen Aufwand der Forschungsarbeit. Ein anschauliches Beispiel hierfür war die Untersuchung der Düsseldorfer Quartiere, bei der die grobe Auflösung der sozio-demografischen teilweise keine sinnvollen Analysen auf Quartiersebene zuließ.

Die Effektivität der angewandten Methoden hing stark von der Qualität und Genauigkeit der verfügbaren Daten ab. Unvollständige oder veraltete Datensätze konnten die Ergebnisse beeinflussen und deren Gültigkeit in Frage stellen. Dies erforderte eine kontinuierliche Überprüfung und Aktualisierung der Daten, um sicherzustellen, dass die Analysen auf den aktuellsten und relevantesten Informationen basierten.

Relevanz der Informationsbasis

Zurzeit erleben wir eine bedeutende Entwicklung in der digitalen Datenwelt. Durch das Internet, fortschrittliche Archivierungstechnologien und eine erhebliche Ausweitung digitaler Datenspeicherkapazitäten, gekoppelt mit Standardisierungen im Datenmanagement sowie der zunehmenden Verbreitung der Open-Science- und Open-Data-Bewegung, erweitert sich der Zugang zu Daten signifikant (Kitchin und Lauriault, 2019). Trotz dieser Fortschritte ist dieser Wandel in Deutschland noch nicht in allen öffentlichen Institutionen vollständig in die Praxis umgesetzt worden. Historisch wurden traditionelle Datensätze aufgrund der hohen Kosten und des Aufwands ihrer Erstellung als wertvolle Ressourcen betrachtet, die häufig entweder streng kontrolliert oder zu hohen Preisen angeboten wurden (Kitchin und Lauriault, 2019). Viele von Akademikern erstellte sozialwissenschaftliche Daten wurden nicht systematisch archiviert oder weitergegeben. Daten, die von öffentlichen Verwaltungen, staatlichen Einrichtungen oder statistischen Ämtern generiert wurden, waren größtenteils nur durch persönliche Archiveinsichtnahme und oft ausschließlich mit speziellen Genehmigungen zugänglich. Dies stellte für die geografische Forschung eine erhebliche Herausforderung dar (Kitchin und Lauriault, 2019). Leider besteht diese Problematik in einigen Bereichen auch heute noch.

Mit der Herausforderung des eingeschränkten Datenzugangs musste auch im Rahmen dieser Untersuchung umgegangen werden. Besonders deutlich wurde diese Herausforderung bei der Beschaffung von Daten aus dem Bereich des Planungsrechts und Immobilienmarktdaten, welche für alle Forschungsartikel benötigt wurde. Diese lagen häufig nur in analoger Form vor oder waren in einigen Fällen gar nicht verfügbar. Diese Einschränkung stellte eine signifikante Hürde dar, da diese Art von Daten eine wesentliche Grundlage für detaillierte und aussagekräftige Analysen im Kontext der städtebaulichen Forschung darstellen. Der Mangel an digital zugänglichen, umfassenden und aktuellen Daten in diesen spezifischen Bereichen beeinflusste nicht nur die Breite und Tiefe der möglichen Forschungsansätze, sondern erforderte auch einen erheblichen zusätzlichen Aufwand, um alternative Datenquellen zu identifizieren und zu nutzen.

Ein wesentlicher limitierender Faktor dieser Untersuchung bestand in der eingeschränkten Möglichkeit,

zusätzliche strukturelle Merkmale von Wohnungen sowie detaillierte Mietpreisinformationen in die Analyse einzubeziehen. Diese Daten sind essenziell für eine umfassende Bewertung des Ausstattungs- und Einrichtungsniveaus von Wohnimmobilien. Aufgrund der Beschränkungen in der vorhandenen Datenbasis war es z. B. schwierig, ein detailliertes Verständnis dafür zu entwickeln, welche Arten von ehemaligen Mietwohnungen in Eigentumswohnungen umgewandelt wurden und welche Faktoren zu den beobachteten Preisunterschieden führten. Diese Lücke in der Datenlage begrenzte die Möglichkeit, ein vollständiges und nuanciertes Bild der Wohnraumumwandlungsprozesse und ihrer Auswirkungen auf den Immobilienmarkt zu zeichnen.

Um das gesamte Informations- und Analysepotenzial vollständig auszuschöpfen, ist es neben der Datenzugänglichkeit auch wichtig, ihre Einheitlichkeit, Vollständigkeit, Aktualität und flächendeckende Verfügbarkeit zu gewährleisten (Biljecki et al., 2021). Diese essentiellen Qualitätskriterien können vor allem durch öffentliche Stellen im Kontext der Stadtplanung sichergestellt werden. Dies unterstreicht die zunehmende Bedeutung der Bereitschaft von Stadtverwaltungen, raum- und demographiebezogene Daten für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen, und hebt ihre zentrale Rolle bei der Bereitstellung qualitativ hochwertiger Daten für stadtplanungsrelevante Forschungen hervor. Diese umfangreichen Datenressourcen haben die effektive Analyse städtischer Räume in dieser Arbeit ermöglicht. Jedoch liegt der Fokus häufig nicht auf subjektiven Merkmalen, wie den Wahrnehmungen der Bewohner, aufgrund der zeit- und aufwendigen Natur der Datenerhebungsmethoden. Es ist jedoch gerade die Verbindung subjektiver und objektiver, gemessener Daten, die eine umfassende Erfassung der Komplexität städtischer Systeme ermöglicht (Schäfer, 2023).

Subjektivität bei der Auswahl der Indikatoren

Ein weiterer Aspekt, der in dieser Untersuchung berücksichtigt werden musste, war die Subjektivität bei der Auswahl der Indikatoren und Merkmale. Für die Bewertung der Eignung von Standorten, Auswahl von preisbeeinflussenden Merkmalen sowie für die Erfolgsbewertung der Quartiere war es notwendig, spezifische Indikatoren auszuwählen. Dies galt ebenfalls für die Auswahl der zu untersuchenden Wohnungsmerkmale für die Untersuchung der Auswirkungen von MPAs. Diese basierten auf Empfehlungen aus der Fachliteratur und orientierten sich an etablierten Verfahren der Standortanalyse in der Immobilien-Projektentwicklung.

Gleichwohl bleibt die Wahl der Indikatoren und Merkmale subjektiver Natur. Die Entscheidung, welche Faktoren als relevant erachtet werden und wie sie gewichtet werden, trägt unweigerlich subjektive Elemente. Diese Subjektivität kann die Ergebnisse der Studie in bestimmter Weise beeinflussen, indem sie die Perspektive, aus der die Daten betrachtet und interpretiert werden, prägt. Es ist daher wichtig, sich dieser subjektiven Einflüsse bewusst zu sein und sie in der Analyse und Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Um die Herausforderung der Subjektivität bei der Auswahl der Indikatoren und Merkmale zu adressieren, wurde eine enge Orientierung an den in der relevanten Fachliteratur vorgeschlagenen Empfehlungen verfolgt und eine präzise Nachbildung der in der Praxis etablierten Prozesse angestrebt. Dieser methodische Ansatz hatte zum Ziel, die Subjektivität zu minimieren und die Nachvollziehbarkeit sowie die Relevanz der ausgewählten Indikatoren und Merkmale zu maximieren.

Grenzen von datenzentrierten Ansätzen im Städtebau

Die in Kapitel 2.2 diskutierten allgemeinen Grenzen datenzentrierter Ansätze im Städtebau sind vielschichtig und manifestieren sich auch in verschiedenen Aspekten dieser Forschungsarbeit. Die Herausforderungen, die sich aus dem praktischen Einsatz des GIS-basierten Ansatzes ergeben, umfassen nicht nur technische und methodische Einschränkungen, sondern auch die Schwierigkeiten, die mit der Interpretation der Daten verbunden sind. So erweist sich die eingeschränkte Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere städtische Kontexte als signifikantes Hindernis, da die spezifischen Bedingungen und Charakteristika einzelner Städte die Generalisierbarkeit der Forschungsergebnisse beeinträchtigen können.

Die Modellierung urbaner Systeme in der Forschung birgt zwangsläufig eine gewisse Vereinfachung der untersuchten Realitäten, angesichts der inhärenten Komplexität dieser Systeme, die zahlreiche interagierende Variablen und dynamische Prozesse umfassen, ist jede Modellierung eine Reduktion dieser vielschichtigen Strukturen auf ein handhabbares Format (Abbott, 2016). Während dies für die Analyse unerlässlich ist, kann es dazu führen, dass wesentliche qualitative Aspekte in den quantifizierbaren Daten nicht vollständig abgebildet werden. Daher ist es wichtig, sich der Grenzen und Vereinfachungen bewusst zu sein, die mit der Modellierung komplexer urbaner Systeme einhergehen.

Die ethischen und datenschutzrechtlichen Aspekte datenzentrierter Forschung sind ebenfalls von Bedeutung. Die Sammlung und Analyse personenbezogener Daten, sei es auch nur eine raumbezogene Zufriedenheitsaussage, erfordern z.B. ein hohes Maß an Sensibilität und die Einhaltung strenger Datenschutzrichtlinien, um die Privatsphäre der Individuen zu schützen und ethische Standards zu wahren (Kitchin, 2016). Um die Bedürfnisse und Perspektiven der Nutzer und Stakeholder adäquat in den Planungsprozess zu integrieren, wurde eine Umfrage entwickelt, die durch die Generierung eines einmaligen QR-Codes eine anonyme Teilnahme ermöglichte. Ursprünglich war eine persönliche Befragung vorgesehen, bei der mit Zustimmung der Befragten ein Mapping der Haushalte im Quartier durchgeführt werden sollte. Aufgrund der Einschränkungen durch die COVID-19-Pandemie musste jedoch von diesem Vorhaben Abstand genommen werden.

4.3 Forschungsausblick

In diesem abschließenden Kapitel werden mögliche zukünftige Forschungsrichtungen beleuchtet, die mit einer persönlichen Kontemplation des Autors über den Prozess und die Bedeutung seiner Forschung enden. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Übertragung und Weiterentwicklung der gewonnenen Erkenntnisse in praktische Anwendungsbereiche der städtischen Planung und Entwicklung. Die Dissertation hat zahlreiche Ansatzpunkte für zukünftige Forschungsprojekte geliefert und vielversprechende Einsatzbereiche für die Anwendung von räumlichen Data-Science-Methoden in der Quartiersentwicklung aufgezeigt. Im Folgenden werden einige aussichtsreiche Richtungen für zukünftige Forschungsthematiken und deren praktische Umsetzung im Bereich der städtischen Planung und Entwicklung skizziert.

Auseinandersetzung mit der Stadtquartiersentwicklung

Die datenzentrierte Forschung zur Quartiersentwicklung steckt trotz ihrer wachsenden Bedeutung und der Präsenz zahlreicher Leuchtturmprojekte wie Canary Wharf in London, der Seestadt Aspern in Wien oder der HafenCity in Hamburg, sowohl international als auch national, noch in den Anfängen. Die wissenschaftliche Auseinandersetzung, insbesondere in Form von internationalen Veröffentlichungen in

Fachjournalen, ist verhältnismäßig gering (vgl. Kapitel 1.1). Die Quartiersforschung bezieht sich momentan zumeist auf die sozialwissenschaftliche Analyse von Bestandsquartieren (Guhl, 2018).

Diese Lücke in der Forschungslandschaft spiegelt sich besonders in der Herausforderung wider, die Erkenntnisse aus bestehenden Quartieren auf neu entstehende Quartiere zu übertragen. Neue Quartiere unterscheiden sich signifikant von älteren Stadtteilen, da sie oft keine organisch gewachsenen sozialen und wirtschaftlichen Strukturen aufweisen und die Gestaltung öffentlicher Räume von Grund auf neu konzipiert werden muss (Naumann und Nadler, 2023).

So bleiben aktuell viele wichtige Fragestellungen in diesem Bereich empirisch unerforscht. Dazu zählen Aspekte wie die Gestaltung öffentlicher Räume in neuen Stadtquartieren, der Einfluss neuer Quartiere auf die lokale Wirtschaft und das soziale Gefüge sowie die Integration von Nachhaltigkeitsprinzipien in der Planung und Entwicklung. Die wissenschaftliche Erforschung dieser Themen bietet eine bedeutende Gelegenheit, um das Verständnis der Quartiersentwicklung zu vertiefen und praktische Auseinandersetzung für die Herausforderungen der modernen Quartiersentwicklung zu ergänzen.

Steigerung der Verarbeitungseffizienz durch optimierte Methoden

Die Optimierung der methodischen Effizienz durch fortschrittliche Verarbeitungsmethoden ist eine wesentliche Herausforderung in der Anwendung von Data-Science-Methoden in der Stadtplanung. Der Einsatz von PRG in der vorliegenden Untersuchung stellt einen Schritt in diese Richtung dar, jedoch zeigt die Analyse, dass der Workflow für die praktische Anwendung in der Baulandoptimierung noch Effizienzsteigerungen erfordert. Vor diesem Hintergrund empfiehlt sich die Exploration von Meta-Heuristiken, wie beispielsweise genetischen Algorithmen, die das Potenzial bieten, die Prozesse der Bauland- und Quartiersentwicklung weiter zu optimieren. Praktische Methodenansätze hierzu finden sich bereits in der Literatur (Malczewski und Rinner, 2015; Wang et al., 2021), müssen jedoch noch spezifisch für die Herausforderungen der Baulandentwicklung angepasst werden. Eine solche methodische Weiterentwicklung kann zur effizienteren Ressourcenallokation beitragen und Analysen mit vertretbarem Aufwand ermöglichen.

Angesichts der prognostizierten Wohnraumknappheit, die bis zum Jahr 2025 einen Mangel von bis zu 700.000 Wohnungen erwarten lässt (Zentraler Immobilien Ausschuss e.V., 2023), wird die Notwendigkeit einer effizienten Baulandentwicklung immer dringlicher. Darüber hinaus legt die vorliegende Untersuchung nahe, dass ein erweiterter Untersuchungsansatz, der über den Wohnbau hinausgeht und auch andere Nutzungsarten berücksichtigt und gegeneinander abwägt, von Bedeutung sein könnte. Die Identifizierung alternativer Indikatorensets, die eine breitere Palette von Nutzungsmöglichkeiten einbeziehen, könnte die Vielseitigkeit der Analyse verbessern und somit zu einer ausgewogeneren und nachhaltigeren städtebaulichen Quartiersentwicklung beitragen.

Strategien für eine nationale Skalierung

Die Diskussion um die Schaffung zusätzlicher Wohnflächen unter Berücksichtigung ambitionierter Nachhaltigkeitsziele und ohne unnötigen Flächenverbrauch stellt eine zentrale Herausforderung in der städtebaulichen Quartiersentwicklung dar. Die in dieser Untersuchung betrachteten Entwicklungsflächen, wie das Beispiel des Holsten-Areals zeigt, verdeutlichen mit ihren langen Entwicklungszeiten von durchschnittlich sieben Jahren die Komplexität und die zeitlichen Anforderungen städtischer Entwicklungsprojekte. Diese Erkenntnis unterstreicht die Bedeutung, den Fokus auch auf Gewerbequartiere und Großwohnsiedlungen zu erweitern, um Optimierungspotenziale und Möglichkeiten zur Schaffung neuen Wohn-

raums zu identifizieren. Geografische Analysen auf Basis von Big-Data bieten sich hier als geeignetes Werkzeug an, um diese Potenziale systematisch zu erschließen und eine effiziente Quartiersplanung zu unterstützen (Pei et al., 2020).

Die Entwicklung von Brownfield-Flächen, also bereits vorbelasteten oder untergenutzten Flächen innerhalb bestehender städtischer Strukturen, bietet eine Möglichkeit, neuen Wohnraum zu schaffen, ohne die Nachhaltigkeitsziele zu kompromittieren. Diese Quartiere, die ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Untersuchung waren, bergen Potenziale für die Stadterneuerung und -entwicklung. Allerdings wird die schnelle Reaktion auf den aktuellen Wohnraumangel durch den erheblichen zeitlichen Aufwand, der für ihre Entwicklung benötigt wird, erschwert.

Vor diesem Hintergrund erscheint eine bundesweite Analyse auf der Grundlage einer einheitlichen Datengrundlage und einer umfassenden Big-Data-Infrastruktur als empfehlenswerter Ansatz. Eine solche Initiative könnte die effiziente Mobilisierung vorhandener Potenziale zur Wohnraumschaffung unterstützen. Durch die systematische Erfassung und Analyse von Daten ließen sich geeignete Flächen für die Bebauung identifizieren und Entwicklungsprozesse beschleunigen, was dem dringenden Bedarf an Wohnraum sowie den Prinzipien der Nachhaltigkeit gerecht werden würde. Die Identifizierung und erste Optimierung von Baufeldern leitet eine wichtige Phase der Quartiersplanung ein, wobei zunächst indikative Erkenntnisse gewonnen werden und ein Potenzial quantifiziert werden kann. Für die tatsächliche Mobilisierung von Bauland ist jedoch eine detaillierte Prüfung auf lokaler Ebene unerlässlich, insbesondere im Hinblick auf die kommunale Planungshoheit. Dies erfordert eine sorgfältige Abwägung der übergeordneten Analyseergebnisse mit den spezifischen Bedingungen und Anforderungen vor Ort, um eine nachhaltige und bedarfsgerechte Stadtentwicklung zu gewährleisten.

Potenziale für die Entwicklung und Sanierung von Bestandsquartieren

Die fortschreitende Entwicklung und Integration neuer Datenquellen sowie die verbesserte Zugänglichkeit von Big-Data sind entscheidend für ein vertieftes Verständnis und eine effektive Optimierung von Stadtplanungsprozessen (Kitchin und Lauriault, 2019). Ein notwendiger Baustein dieser Analysearbeit, insbesondere auf Quartiersebene, bezieht sich auf die Erkundung von Bestandsquartiersstrukturen. Die durchgeführten Untersuchungen in den Fachartikeln, meist im Kontext der Neubau-Quartiere, schließen jedoch auch die Prognose der Baulandentwicklung auf Basis von Umgebungsparametern existierender Quartiere, die Evaluation von Charakteristika neu errichteter Stadtquartiere in Düsseldorf, die bereits zum Analysezeitpunkt als Bestand galten, sowie die Analyse der Effekte quartiersbezogener Regulierungen im Bestand ein.

Die Bedeutung von Bestandsquartieren wächst. Die Sanierung bestehender Gebäude trägt erheblich zur Verringerung der Umweltauswirkungen von Gebäuden während ihres gesamten Lebenszyklus bei und gilt als kosteneffizientester Weg zur Erreichung der Klimaneutralität (Han et al., 2020; Guironnet et al., 2016; Passer et al., 2016). Ansätze zur seriellen Quartierssanierung, die zur Energieeffizienzsteigerung, Verbesserung der Lebensqualität und Erhöhung der Klimaresilienz beitragen, werden zunehmend relevant, werfen aber aktuell Fragen z.B. hinsichtlich der konkreten Umsetzung und der Bezahlbarkeit auf (Weißermel, 2022). Fortschritte in der Fernerkundung und die öffentliche Verfügbarkeit von offenen Gebäudedaten eröffnen in diesem Kontext neue Möglichkeiten auch für präzisere Analysen und Planungen von Bestandsquartieren: Technologien wie photogrammetrische Laserscan-Daten (Li et al., 2021) oder dreidimensionale Kataster (Li et al., 2021) unterstützen eine genauere Modellierung urbaner Quartiersbestände.

Ein konkretes Beispiel aus den Forschungsarbeiten stellt die Anwendung von MCDA-Methoden zur

Priorisierung in der Quartierssanierung dar, wie sie im ersten Artikel zur Baulandentwicklung demonstriert wurde. Diese Methodik ermöglicht eine systematische Bewertung und Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen, indem verschiedene Kriterien, wie energetische Effizienz, soziale Faktoren und ökologische Auswirkungen, in die Entscheidungsfindung einfließen. Dadurch können spezifische Sanierungsbedarfe von Quartieren identifiziert und Ressourcen gezielt dort eingesetzt werden, wo sie den größten Nutzen für die Umwelt und die Bewohner*innen erzielen.

Abschließende Gedanken

Der Autor reflektiert die Erfahrungen, die während der intensiven Auseinandersetzung mit Geodata-Science und deren Anwendung in der Quartiersentwicklung gemacht wurden, und wie diese zur Gründung des Start-ups Acuire zusammen mit seinen Co-Foundern Fabian Göddert und Michael Geigerhilk führten. Die Erfahrungen aus der wissenschaftlichen Arbeit, insbesondere die Anwendung und Analyse von Geodaten im Kontext der Quartiersentwicklung, legten den Grundstein für die Gründung des Start-ups. Unterstützt durch das Exist-Gründerstipendium des Bundeswirtschaftsministeriums, das Wissenschaftler bei der Vorbereitung von technologieorientierten Existenzgründungen fördert, zielt Acuire darauf ab, die Grundstücksakquisition durch die Entwicklung einer innovativen Web-App zu transformieren. Diese basiert unter anderem auf den Erkenntnissen der Dissertation und macht sich die durch die Open-Data-Politik der Bundesländer bereitgestellten umfangreichen Geodatenquellen zunutze.

Der Ansatz von Acuire, den Such- und Bewertungsprozess von Entwicklungsgrundstücken durch Automatisierung und den Einsatz von Künstlicher Intelligenz erheblich zu beschleunigen, spiegelt die praktische Anwendung und den Nutzen wissenschaftlicher Forschung wider. Die Entwicklung der Web-App ist ein Beispiel dafür, wie aus akademischer Forschung heraus Lösungen entstehen können, die den Immobilienmarkt effizienter gestalten und einen Beitrag zur nachhaltigen Stadtentwicklung leisten.

Die Gründung von Acuire verdeutlicht somit den Wert der Überführung wissenschaftlicher Einsichten in innovative Anwendungen. Es zeigt, wie die Auseinandersetzung mit theoretischen und methodischen Herausforderungen in der Forschung direkte Impulse für die Praxis in der Bau- und Immobilienwirtschaft geben kann.

Literaturverzeichnis

- Abbott, J. (2016). Modeling Cities and Regions as Complex Systems: From Theory to Planning Applications. *Urban Policy and Research*, 34(4):404–405. doi: 10.1080/08111146.2016.1212921.
- Ahlfeldt, G. M., Maennig, W., und Richter, F. J. (2017). Urban renewal after the Berlin Wall: a place-based policy evaluation. *Journal of economic geography*, 17(1):129–156. doi: 10.1093/jeg/lbw003.
- Anders, S. (2015). *Stadt als System*. Dissertation, Universität Stuttgart, Stuttgart.
- Angrist, J. D. und Pischke, J.-S. (2009). *Mostly harmless econometrics*. Princeton University Press, Princeton.
- Arribas-Bel, D. (2019). Statistics, Modelling, and Data Science. In *Digital Geographies*, Seiten 129–140. SAGE Publications Ltd. doi: 10.4135/9781529793536.
- Barbosa, L., Pham, K., Silva, C. T., Vieira, M. R., und Freire, J. (2014). Structured Open Urban Data: Understanding the Landscape. *Big data*, 2(3):144–154. doi: 10.1089/big.2014.0020.
- Baušys, R., Juodagalviene, B., Žiūrienė, R., Pankrašovaitė, I., Kamarauskas, J., Usovaitė, A., und Gaižauskas, D. (2020). The Residence Plot Selection Model For Family House in Vilnius By Neutrosophic WASPAS Method. *International Journal of Strategic Property Management*. doi: 10.3846/ijspm.2020.12107.
- Belke, A. und Keil, J. (2018). Fundamental Determinants of Real Estate Prices: A Panel Study of German Regions. *International Advances in Economic Research*, 24:25–45. doi: 10.1007/S11294-018-9671-2.
- Bibri, S. E. (2019). The anatomy of the data-driven smart sustainable city: instrumentation, datafication, computerization and related applications. *Journal of Big Data*, 6:1–43. doi:10.1186/s40537-019-0221-4.
- Biljecki, F., Chew, L. Z. X., Milojevic-Dupont, N., und Creutzig, F. (2021). Open government geospatial data on buildings for planning sustainable and resilient cities. *Preprint*. doi: 10.48550/arXiv.2107.04023.
- Bill, R. (2023). *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*. Wichmann Verlag, Berlin, 7. Auflage.
- Boeing, G. (2019). Spatial Information and the Legibility of Urban Form: Big Data in Urban Morphology. *TransportRN: Transportation & Spatial Organization (Topic)*. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.09.009.
- Bott, H. und Siedentop, S. (2018a). Das Quartier. In Bott, H., Grassl, G. C., und Anders, S., Herausgeber, *Nachhaltige Stadtplanung*. Edition DETAIL, München.

- Bott, H. und Siedentop, S. (2018b). Herausforderung Regional-, Stadt- und Quartiersentwicklung. In Bott, H., Grassl, G. C., und Anders, S., Herausgeber, *Nachhaltige Stadtplanung*. Edition DETAIL, München.
- Boutkhoum, O., Hanine, M., Agouti, T., u a. (2015). An improved hybrid multi-criteria/multidimensional model for strategic industrial location selection: Casablanca industrial zones as a case study. *SpringerPlus*, 4:628. doi: 10.1186/s40064-015-1404-x.
- Braun, R. und Grade, J. (2023). Wohnungsmarktprognoze 2023: Regionalisierte Prognose in drei Varianten mit Ausblick bis 2035. empirica Paper 271, empirica.
- Breuer, B. (2013). *Ziele nachhaltiger Stadtquartiersentwicklung: Querauswertung städtebaulicher Forschungsfelder für die Ableitung übergreifender Ziele nachhaltiger Stadtquartiere*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn, Berlin.
- Breuer, B. und Schmell, R. (2007). *Neue Stadtquartiere: Vorgehen und Ergebnisse der laufenden Bestandserhebung des BBR zu neuen Stadtquartieren*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn, Berlin.
- Breuer, B. und Schmell, R. (2012). *Neue Stadtquartiere: Bestand und städtebauliche Bedeutung*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn, Berlin.
- Brookes, C. J. (1997). A parameterized region-growing programme for site allocation on raster suitability maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 11(4):375–396. doi: 10.1080/136588197242329.
- Brown, G. und Kytä, M. (2014). Key issues and research priorities for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research. *Applied Geography*, 46:122–136. doi: 10.1016/j.apgeog.2013.11.004.
- Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2021). 5. Geo-Fortschrittsbericht der Bundesregierung. Verfügbar unter: <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2021/07/geofortschrittsbericht.html>. Zugriff am: 20.01.2024.
- Bundesministerium für Justiz (2017). Onlinezugangsgesetz vom 14. August 2017 (BGBl. I S. 3122, 3138), das zuletzt durch Artikel 16 des Gesetzes vom 28. Juni 2021 (BGBl. I S. 2250; 2023 I Nr. 230) geändert worden ist. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ozg/BJNR313800017.html>. Zugriff am: 10.12.2023.
- Cao, W. und Wu, J. (2021). Airborne LiDAR for Detection and Characterization of Urban Objects and Traffic Dynamics. In Shi, W., Goodchild, M., Batty, M., Kwan, M., und Zhang, A., Herausgeber, *Urban Informatics*, The Urban Book Series. Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-8983-6_22.
- Cao, X. J. (2016). How does neighborhood design affect life satisfaction? Evidence from Twin Cities. *Travel Behaviour and Society*, 5:68–76. doi: 10.1016/j.tbs.2015.07.001.
- Cardone, B. und Di Martino, F. (2021). GIS-based hierarchical fuzzy multicriteria decision-making method for urban planning. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12:601–615. doi: 10.1007/s12652-020-02043-6.

- Cartone, A. und Postiglione, P. (2020). Principal component analysis for geographical data: the role of spatial effects in the definition of composite indicators. *Spatial Economic Analysis*, 16(2):126 – 147. doi: 10.1080/17421772.2020.1775876.
- Charles, S. L. (2013). Understanding the determinants of single-family residential redevelopment in the inner-ring suburbs of Chicago. *Urban Studies*, 50(8):1505–1522. doi: 10.1177/0042098012465908 .
- Christensen, P. und McCord, G. (2016). Geographic determinants of China’s urbanization. *Regional Science and Urban Economics*, 59:90–102. doi: 10.1016/j.regsciurbeco.2016.05.001 .
- Crisp, J., Morris, T., und Refstie, H. (2012). Displacement in urban areas: new challenges, new partnerships. *Disasters*, 36:23–42. doi: 10.1111/j.1467-7717.2012.01284.x.
- Donoho, D. (2017). 50 Years of Data Science. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 26(4):745–766. doi: 10.1080/10618600.2017.1384734.
- Dye, R. F. und McMillen, D. P. (2007). Teardowns and land values in the Chicago metropolitan area. *Journal of Urban Economics*, 61(1):45–63. doi: 10.1016/j.jue.2006.06.003 .
- Dziomba, M. (2009). *Städtebauliche Großprojekte der urbanen Renaissance: die Phase der Grundstücksverkäufe und ihr Einfluss auf den Projekterfolg*. Dissertation, Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg.
- Emmert-Streib, F., Moutari, S., und Dehmer, M. (2016). The Process of Analyzing Data is the Emergent Feature of Data Science. *Frontiers in Genetics*, 7(12):1–4. doi: 10.3389/fgene.2016.00012.
- Engin, Z., Dijk, J. V., Lan, T., Longley, P., Treleaven, P., Batty, M., und Penn, A. (2019). Data-driven urban management: Mapping the landscape. *Journal of Urban Management*, 9:140–150. doi: 10.1016/j.jum.2019.12.001.
- European Parliament and Council of the European Union (2007). Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32007L0002>. Zugriff am: 10.12.2023.
- Feldmann, P. (2009). *Die strategische Entwicklung neuer Stadtquartiere: unter besonderer Berücksichtigung innenstadtnaher oder innerstädtischer, brachgefallener Industrieareale*. Dissertation, Universität Regensburg, Regensburg.
- Fleischmann, M., Feliciotti, A., und Kerr, W. (2021). Evolution of Urban Patterns: Urban Morphology as an Open Reproducible Data Science. *Geographical Analysis*, 54(3):536–558. doi: 10.1111/GEAN.12302.
- Foshag, K., Aeschbach, N., Höfle, B., Winkler, R., Siegmund, A., und Aeschbach, W. (2020). Viability of public spaces in cities under increasing heat: A transdisciplinary approach. *Sustainable Cities and Society*, 59:102215. doi:10.1016/j.scs.2020.102215.
- Freudenau, H., Siebert, S., Bußkamp, M., Bosch-Lewandowski, S., Ganser, R., Krug, H., und Runge, M. (2021). *Neue Stadtquartiere – Konzepte und gebaute Realität*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn und Berlin.

- Fu, Y., Xiong, H., Ge, Y., Zheng, Y., Yao, Z., und Zhou, Z.-H. (2015). Modeling of Geographic Dependencies for Real Estate Ranking on Site Selection. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 11(1):1–27. doi: 10.1145/2934692 .
- Fuess, R. und Koller, J. A. (2016). The role of spatial and temporal structure for residential rent predictions. *International Journal of Forecasting*, 32(4):1352–1368. doi: 10.2139/ssrn.2693074.
- Geisel, T., Nellen, D., und Zuschke, C., Herausgeber (2020). *Düsseldorf. Metropole am Rhein*. JOVIS, Berlin.
- Götzen, R. (2021). Quartiersentwicklung. In Götzen, R., Herausgeber, *Quartiersentwicklung: Handbuch und Planungshilfe*. DOM publishers, Berlin.
- Grier, D. (2013). *When Computers Were Human*. Princeton University Press, Princeton.
- Gröbel, S. und Thomschke, L. (2018). Hedonic pricing and the spatial structure of housing data – an application to Berlin. *Journal of Property Research*, 35(3):185–208. doi: 10.1080/09599916.2018.1510428.
- Guhl, P. (2018). *Die Entwicklung neuer Stadtquartiere aus städtebaulicher Sicht*. Dissertation, Technische Universität Dortmund, Dortmund.
- Guironnet, A., Attuyer, K., und Halbert, L. (2016). Building cities on financial assets: The financialisation of property markets and its implications for city governments in the Paris city-region. *Urban Studies*, 53(7):1442 – 1464. doi: 10.1177/0042098015576474.
- Hahn, A. M., Kholodilin, K. A., Walzl, S. R., und Fongoni, M. (2023). Forward to the Past: Short-Term Effects of the Rent Freeze in Berlin. *Management Science*, 0(0):1–23. doi: 10.1287/mnsc.2023.4775.
- Han, Z., Long, Y., Wang, X., und Hou, J. (2020). Urban redevelopment at the block level: Methodology and its application to all Chinese cities. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(9):1725 – 1744. doi: 10.1177/2399808319843928.
- Hashem, I. A. T., Chang, V., Anuar, N. B., Adewole, K., Yaqoob, I., Gani, A., Ahmed, E., und Chiroma, H. (2016). The role of big data in smart city. *International Journal of Information Management*, 36(5):748–758. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.002.
- Hung, H.-C., Yang, C. Y., Chien, C.-Y., und Liu, Y.-C. (2016). Building resilience: Mainstreaming community participation into integrated assessment of resilience to climatic hazards in metropolitan land use management. *Land Use Policy*, 50:48–58. doi: 10.1016/J.LANDUSEPOL.2015.08.029.
- Hyra, D. S. (2015). The back-to-the-city movement: Neighbourhood redevelopment and processes of political and cultural displacement. *Urban Studies*, 52(10):1753 – 1773. doi: 10.1177/0042098014539403.
- Kandt, J. und Batty, M. (2020). Smart cities, big data and urban policy: Towards urban analytics for the long run. *Cities*, 109:102992. doi: 10.1016/j.cities.2020.102992.
- Kang, W., Oshan, T. M., Wolf, L., Boeing, G., Frías-Martínez, V., Gao, S., Poorthuis, A., und Xu, W. (2019). A roundtable discussion: Defining urban data science. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46:1756–1768. doi: 10.1177/2399808319882826.

- Kiely, T. J. und Bastian, N. D. (2020). The spatially conscious machine learning model. *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*, 13(1):31–49. doi: 10.1002/sam.11440 .
- Kitchin, R. (2016). The ethics of smart cities and urban science. *Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, physical and engineering sciences*, 374(2083):20160115. doi: 10.1098/rsta.2016.0115.
- Kitchin, R. und Lauriault, T. (2019). Data and data infrastructures. In Ash, J., Kitchin, R., und Leszczynski, A., Herausgeber, *Digital Geographies*, Seiten 83–94. SAGE Publications Ltd. doi:10.4135/9781529793536.
- Koordinierungsstelle Geodateninfrastruktur-Deutschland (2015). Nationale Geoinformationsstrategie (NGIS). Verfügbar unter: https://www.gdi-de.org/download/NGIS_Nationale_Geoinformationsstrategie_V1.pdf. Zugriff am: 10.12.2023.
- Kopczewska, K. (2022). Spatial machine learning: new opportunities for regional science. *Annals of Regional Science*, 68:713–755. doi: 10.1007/s00168-021-01101-x.
- Köster, C. (2006). *Städtebauliche Qualitätssicherung bei der Entwicklung neuer Stadtquartiere: Zur Zusammenarbeit öffentlicher und privater Partner*. Dissertation, Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg.
- Li, L., Guo, R., Ying, S., Zhu, H., Wu, J., und Liu, C. (2021). 3D Modeling of the Cadastre and the Spatial Representation of Property. In Shi, W., Goodchild, M. F., Batty, M., Kwan, M.-P., und Zhang, A., Herausgeber, *Urban Informatics*, Seiten 589–607. Springer Singapore, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-8983-6_33.
- Li, X., Zhang, C., und Li, W. (2015). Does the visibility of greenery increase perceived safety in urban areas? Evidence from the place pulse 1.0 dataset. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(3):1166–1183. doi: 10.3390/ijgi4031166.
- Liu, R., Kuang, J., Gong, Q., und Hou, X. (2003). Principal component regression analysis with spss. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 71(2):141–147. doi: 10.1016/S0169-2607(02)00058-5.
- Liu, X. (2013). Spatial and temporal dependence in house price prediction. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 47(2):341–369. doi: 10.1007/s11146-011-9359-3 .
- Ma, C. und Zhou, M. (2018). A GIS-Based Interval Fuzzy Linear Programming for Optimal Land Resource Allocation at a City Scale. *Social Indicators Research*, 135(1):143–166. doi: 10.1007/s11205-016-1476-1.
- Malczewski, J. und Rinner, C. (2015). *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. Advances in Geographic Information Science. Springer, New York.
- Marco, M., Gracia, E., Martín-Fernández, M., und López-Quílez, A. (2017). Validation of a Google Street View-based neighborhood disorder observational scale. *Journal of Urban Health*, 94(2):190–198. doi: 10.1007/s11524-017-0134-5.

- Metzmacher, M., Bensch, F., und Degener, E. (2020). *Aktivierung von Innenentwicklungspotenzialen in wachsenden Kommunen*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn, Berlin.
- Militino, A. F., Ugarte, M. D., und Garca-Reinaldos, L. (2004). Alternative models for describing spatial dependence among dwelling selling prices. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 29(2):193–209. doi: 10.1023/B:REAL.0000035310.20223 .e9 .
- Mitschang, S. (2017). Satzungen nach § 172 BauGB. In Mitschang, S., Herausgeber, *Erhaltung und sicherung von wohnraum: Fach- und Rechtsfragen der Planungs- und Genehmigungspraxis*, Berliner Schriften zur Stadt- und Regionalplanung, Seiten 51–118. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden.
- Moghadam, S. T., Coccolo, S., Mutani, G., Lombardi, P., Scartezzini, J., und Mauree, D. (2019). A new clustering and visualization method to evaluate urban heat energy planning scenarios. *Cities*, 88:19–36. doi: 10.1016/J.CITIES.2018.12.007.
- Morio, M., Schädler, S., und Finkel, M. (2013). Applying a multi-criteria genetic algorithm framework for brownfield reuse optimization: Improving redevelopment options based on stakeholder preferences. *Journal of Environmental Management*, 130:331–346. doi: 10.1016/j.jenvman.2013.09.002.
- Mosey, G. und Deal, B. (2020). Multivariate Optimization in Large-Scale Building Problems: An Architectural and Urban Design Approach for Balancing Social, Environmental, and Economic Sustainability. *Sustainability*, 12(23):10052. doi: 10.3390/su122310052.
- Mrosek, H. F. (2011). *Städtebauliche Projektentwicklung durch private Immobilienunternehmen*. Dissertation, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal.
- Murakami, D. und Yamagata, Y. (2019). Estimation of Gridded Population and GDP Scenarios with Spatially Explicit Statistical Downscaling. *Sustainability*, 11(7):2106. doi:10.3390/su11072106.
- Murtagh, F. und Devlin, K. (2018). The Development of Data Science: Implications for Education, Employment, Research, and the Data Revolution for Sustainable Development. *Big Data Cogn. Comput.*, 2(2):14. doi: 10.3390/BDCC2020014.
- Nadler, M., Spieß, F., und Müller, G. (2018). Landeignungsprüfung in prosperierenden Großstädten. *Raumforschung und Raumordnung*, 76(5):437–460. doi: 10.1007/s13147-018-0545-0.
- Naumann, L. L., Lischke, H., und Nadler, M. (2023). Empirical effects of the designation of milieu protection areas on the residential property market in Berlin. *Journal of Property Research*, 40(3):224–251. doi: 10.1080/09599916.2023.2175712.
- Naumann, L. L. und Nadler, M. (2022). GIS-basierte multidimensionale Verfahren zur optimalen Baulandentwicklung im Städtebau – anhand des Beispiels des innerstädtischen Projekts Holsten-Areal in Hamburg. *Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning*, 80(2):202–218. doi: 10.14512/rur.134.
- Naumann, L. L. und Nadler, M. (2023). Erfolgsfaktoren und Quartierszufriedenheit in neuen Stadtquartieren – Eine geodatenbasierte Untersuchung in Düsseldorf. *Zeitschrift für Immobilienökonomie*, 9(2):139–176. doi: 10.1365/s41056-023-00068-4.

- Neset, I. Q. und Oust, A. (2019). The impact of historic preservation policies on housing values. *International Journal of Housing Policy*, 108(4):1–21. doi: 10.1080/19491247.2019.1688633.
- Neves, F., Neto, M., und Aparicio, M. (2020). The impacts of open data initiatives on smart cities: A framework for evaluation and monitoring. *Cities*, 106:102860. doi: 10.1016/j.cities.2020.102860.
- Nissen, V. (2007). Ausgewählte Grundlagen der Fuzzy Set Theorie. Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik 2007-03, Technische Universität Ilmenau.
- Oba, T. und Noonan, D. S. (2017). The many dimensions of historic preservation value: National and local designation, internal and external policy effects. *Journal of Property Research*, 34(3):211–232. doi: 10.1080/09599916.2017.1362027.
- Passer, A., Ouellet-Plamondon, C., Kenneally, P., John, V., und Habert, G. (2016). The impact of future scenarios on building refurbishment strategies towards plus energy buildings. *Energy and Buildings*, 124:153–163. doi: 10.1016/J.ENBUILD.2016.04.008.
- Pei, T., Song, C., Guo, S., Shu, H., Liu, Y., Du, Y., Ma, T., und Zhou, C. (2020). Big geodata mining: Objective, connotations and research issues. *Journal of Geographical Sciences*, 30:251–266. doi: 10.1007/s11442-020-1726-7.
- Peiser, R. und Hamilton, D. (2012). *Professional Real Estate Development: The ULI Guide to the Business*. Urban Land Institute, Washington DC.
- Psaltoglou, A. und Vakali, A. (2021). An exploratory approach for urban data visualization and spatial analysis with a game engine. *Multimedia Tools and Applications*, 80:15849–15873. doi: 10.1007/s11042-021-10585-w.
- Ren, G. (2015). Urbanization as a major driver of urban climate change. *Advances in Climate Change Research*, 6(1):1–6. doi: 10.1016/J.ACCRE.2015.08.003 .
- Renigier-Biłozor, M., Biłozor, A., und Wisniewski, R. (2017). Rating engineering of real estate markets as the condition of urban areas assessment. *Land Use Policy*, 61:511–525. doi: 10.1016/J.LANDUSEPOL.2016.11.040.
- Rezayan, H. (2008). Land Use Allocation Optimization Using Advanced Geographic Information Analyzes. *World Applied Sciences Journal*.
- Richter, A., Löwner, M.-O., Ebdent, R., und Scholz, M. (2020). Towards an integrated urban development considering novel intelligent transportation systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 155:119970. doi: 10.1016/j.techfore.2020.119970.
- Rędzińska, K. und Piotrkowska, M. (2020). Urban Planning and Design for Building Neighborhood Resilience to Climate Change. *Land*, 9(10):387. doi: 10.3390/land9100387.
- Sagner, P., Stockhausen, M., und Voigtländer, M. (2020). Wohnen - die neue soziale Frage? *IW-Analysen*, 136. Verfügbar unter: <http://hdl.handle.net/10419/222562> .
- Schmitz, A. (2021). Spielraum für Nachhaltigkeitskriterien. In Götzen, R., Herausgeber, *Quartiersentwicklung*, Handbuch und Planungshilfe, Seiten 57–63. DOM publishers, Berlin.

- Schnur, O., Drilling, M., und Niermann, O., Herausgeber (2014). *Zwischen Lebenswelt und Renditeobjekt: Quartiere als Wohn- und Investitionsorte*. Research. Springer, Wiesbaden. doi: 10.1007/978-3-658-06161-6.
- Schulte, K.-W. und Pelzeter, A. (2011). Stadtplanung und Immobilienökonomie. In Schulte, K.-W., Bone-Winkel, S., und Schäfers, W., Herausgeber, *Immobilienökonomie Band 3: Stadtplanerische Grundlagen*. 2. Auflage, Seiten 3–20. Oldenbourg, München.
- Schütz, E. und Feldmann, P. (2008). Das Quartier in der Immobilien-Projektentwicklung. In Schulte, K.-W. und Bone-Winkel, S., Herausgeber, *Handbuch Immobilien-Projektentwicklung*, Immobilien-Fachwissen, Seiten 844–868. Müller, Köln.
- Schäfer, M. (2023). *Urbane Klimaresilienz und Stadtgesundheit: Bedeutung, Modelle und Simulationen für eine transformative Klimaanpassung*. Dissertation, TU Dortmund, Dortmund. doi: 10.17877/DE290R-23952.
- Schäfer, M., Ebrahimi Salari, H., Köckler, H., und Thinh, N. X. (2021). Assessing local heat stress and air quality with the use of remote sensing and pedestrian perception in urban microclimate simulations. *Science of The Total Environment*, 794(3):148709. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148709.
- Shi, W., Goodchild, M., Batty, M., Li, Q., Liu, X., und Zhang, A. (2022). Prospective for urban informatics. *Urban Info*, 1(2). doi:10.1007/s44212-022-00006-0.
- Sikder, S. K., Behnisch, M., Herold, H., und Koetter, T. (2019). Geospatial Analysis of Building Structures in Megacity Dhaka: the Use of Spatial Statistics for Promoting Data-driven Decision-making. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 3:1–14. doi: 10.1007/s41651-019-0029-y.
- Singleton, A. und Arribas-Bel, D. (2021). Geographic Data Science. *Geographical Analysis*, 53:61–75. doi:10.1111/GEAN.12194 .
- Singleton, A. D. und Spielman, S. E. (2021). Urban Governance. In Shi, W., Goodchild, M. F., Batty, M., Kwan, M.-P., und Zhang, A., Herausgeber, *Urban Informatics*, Seiten 229–241. Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-8983-6_15.
- Smith, R. M. (2015). Planning for urban sustainability: the geography of LEED®–Neighborhood Development™ (LEED®–ND™) projects in the United States. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 7(1):15 – 32. doi: 10.1080/19463138.2014.971802.
- Spars, G. und Guhl, P. (2021). Wohngebietsentwicklung heute – was lernen wir aus den letzten 30 Jahren? *Zeitschrift für Immobilienökonomie*, 7:81–97. doi: 10.1365/s41056-021-00052-w.
- Spielman, S., Tuccillo, J., Folch, D., u a. (2020). Evaluating social vulnerability indicators: criteria and their application to the Social Vulnerability Index. *Natural Hazards*, 100:417–436. doi: 10.1007/s11069-019-03820-z.
- Stang, M., Krämer, B., Nagl, C., und Schäfers, W. (2022). From human business to machine learning — methods for automating real estate appraisals and their practical implications. *Zeitschrift für Immobilienökonomie*, 9:81–108. doi:10.1365/s41056-022-00063-1.

- Taylor, L. und Richter, C. (2015). Big Data and Urban Governance. In *Geographies of Urban Governance: Advanced Theories, Methods and Practices*, Seiten 175–191. Springer International Publishing, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-21272-2_9.
- Turnbull, G. K., Waller, B. D., Wentland, S. A., Witschey, W. R. T., und Zahirovic-Herbert, V. (2019). This old house: Historical restoration as a neighborhood amenity. *Land Economics*, 95(2):193–210. doi: 10.3368/le.95.2.193.
- Ustaoglu, E. und Aydinoglu, A. C. (2020). Suitability evaluation of urban construction land in Pendik district of Istanbul, Turkey. *Land Use Policy*, 99:104783. doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104783.
- Vanwey, L. K., Rindfuss, R., Gutmann, M., Entwisle, B., und Balk, D. (2005). Confidentiality and spatially explicit data: Concerns and challenges. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102:15337 – 15342. doi: 10.1073/pnas.0507804102.
- Wang, G., Han, Q., und Vries, B. (2021). The multi-objective spatial optimization of urban land use based on low-carbon city planning. *Ecological Indicators*, 125:107540. doi: 10.1016/J.ECOLIND.2021.107540.
- Wang, M. und Vermeulen, F. (2020). Life between buildings from a street view image: What do big data analytics reveal about neighbourhood organisational vitality? *Urban Studies*, 58(15):3118 – 3139. doi: 10.1177/0042098020957198 .
- Weißermel, S. (2022). Klimagerechtigkeit in der Stadtentwicklung im Bereich Wohnen. Das Beispiel energetischer Quartierssanierung in Kiel-Gaarden. In Schmidt-Lauber, B., Othengrafen, F., Pohlan, J., und Wehrhahn, R., Herausgeber, *Jahrbuch StadtRegion 2021/2022: Stadt-Land-Relationen. Disziplinäre Spurensuchen*, Seiten 205–230. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. doi: 10.1007/978-3-658-38941-3_9.
- Wieland, A. (2014). *Projektentwicklungutzungsgemischter Quartiere: Analyse zur Generierung von Erfolgsfaktoren*. Research. Springer VS, Wiesbaden. doi: 10.1007/978-3-658-06903-2.
- Wilson, M. (2020). GIS: a method and practice. In Ward, K., Herausgeber, *Researching the city: a guide for students*, Seiten 125–144. SAGE, Los Angeles.
- Wu, B. (2021). Photogrammetry for 3D Mapping in Urban Areas. In Shi, W., Goodchild, M. F., Batty, M., Kwan, M.-P., und Zhang, A., Herausgeber, *Urban Informatics*, Seiten 401–413. Springer Singapore, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-8983-6_23.
- Xu, Z., Qi, M., Wu, Y., Hao, X., und Yang, Y. (2021). City Information Modeling: State of the Art. *Applied Sciences*, 11(19):9333. doi: 10.3390/app11199333.
- Yao, Y., Zhang, J., Qian, C., Wang, Y., Ren, S., Yuan, Z., und Guan, Q. (2021). Delineating urban job-housing patterns at a parcel scale with street view imagery. *International Journal of Geographical Information Science*, 35:1927–1950. doi:10.1080/13658816.2021.1895170.
- Zahirovic-Herbert, V. und Chatterjee, S. (2012). Historic preservation and residential property values: Evidence from quantile regression. *Urban Studies*, 49(2):369–382. doi: 10.1177/0042098011404936.

- Zentraler Immobilien Ausschuss e.V. (2023). Konzertierte Aktion Wohnen: Was es jetzt braucht, um den Wohnungsbau endlich wieder anzukurbeln. Verfügbar unter: http://wordpress.p576676.webspaceconfig.de/wp-content/uploads/2023/05/zia_positionen_aktion_wohnen_2023_Druckversion.pdf. Zugriff am: 21.12.2023.
- Zünd, D. und Bettencourt, L. M. A. (2021). Street View Imaging for Automated Assessments of Urban Infrastructure and Services. In Shi, W., Goodchild, M. F., Batty, M., Kwan, M.-P., und Zhang, A., Herausgeber, *Urban Informatics*, Seiten 29–40. Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-15-8983-6_4.
- Zuo, R. und Xiong, Y. (2020). Geodata Science and Geochemical Mapping. *Journal of Geochemical Exploration*, 209:106431. doi: 10.1016/j.gexplo.2019.106431.

Teil II

Publikationen

Artikel 1: Eckdaten und Autorenbeiträge

Referenz	Naumann, L. L. und Nadler, M. (2022). GIS-basierte multidimensionale Verfahren zur optimalen Baulandentwicklung im Städtebau – anhand des Beispiels des innerstädtischen Projekts Holsten-Areal in Hamburg. <i>Raumforschung und Raumordnung / Spatial Research and Planning</i> , 80(2):202–218. doi: 10.14512/rur.134
Beiträge	L.N.: Literaturlauswertung, methodisches Design, Beschaffung und Aufbereitung notwendiger (Geo-)Daten, Kartierung und Analyse, Visualisierung der Ergebnisse, vollständige Erarbeitung des Manuskripts; M.N.: Substanzielle Hinweise zum Manuskript, Konzeptualisierung;
Historie	Eingereicht: 05 Juli 2021 Akzeptiert: 20 Dezember 2021 Veröffentlicht: 14 Januar 2022

Unterschriften:

Lion Lukas Naumann

Datum

Michael Nadler

Datum

GIS-basierte multidimensionale Verfahren zur optimalen Baulandentwicklung im Städtebau – anhand des Beispiels des innerstädtischen Projekts Holsten-Areal in Hamburg

Lion Lukas Naumann, Michael Nadler

Eingegangen: 5. Juli 2021 ■ Angenommen: 20. Dezember 2021 ■ Online veröffentlicht: 14. Januar 2022

Zusammenfassung

Der weltweite urbane Wachstumstrend ist auch in Deutschland sichtbar, der Druck auf den Immobilienmärkten treibt die Bautätigkeit an die Schwelle des zur Verfügung stehenden Baulandes. Zur Flächenbegrenzung sollen neue Projekte besonders durch Innenentwicklung entstehen, große Wohnraumpotenziale sind hier jedoch meist nur noch auf schwer zu entwickelnden Arealen zu finden. Die im Wechselspiel zwischen Grundstücks- und Immobilienmärkten in Verbindung mit der Multidimensionalität stadtplanerischer Probleme entstandenen Rahmenbedingungen lassen auf eine Notwendigkeit für Stadtplaner und Stadtforscher schließen, effektivere Analyse- und Bewertungsmethoden zu entwickeln. In diesem Beitrag wird daher ein GIS-gestütztes Verfahren zur Optimierung von Baufeldern beschrieben, mit dem potenzielle Baulandflächen im Zusammenhang bewertet und attributiv-räumlich optimiert werden. Hierfür wird eine Fuzzy-Methodik mit einem heuristischen Optimierungsalgorithmus, dem *Parameterized Region-Growing* kombiniert und am Beispiel des Holsten-Areals in Hamburg demonstriert. Dabei können

räumlich kompakte und zusammenhängende hoch bewertete Bauflächen für die Wohnungsbauentwicklung generiert werden, denen städtebauliche Kennwerte wie die Geschossflächenzahl und die realisierbare Bruttogeschossfläche zugewiesen werden. Im Vergleich mit bestehender Planung zeigen sich aufschlussreiche Ergebnisse, etwa in Hinblick auf eine effektivere Ausnutzung guter Mikrolagen, realistischer baulicher Dichtewerte und realisierbarer Flächenkennwerte.

Schlüsselwörter: Eignungsbewertung ■ Landnutzungsoptimierung ■ Fuzzy-Eignungsmodellierung ■ *Parameterized Region-Growing* ■ Entscheidungsunterstützung

GIS-based multidimensional processes for the optimal development of building land in urban planning – demonstrated with the example of the inner-city project Holsten-Areal in Hamburg

Abstract

The global urban growth trend is also evident in Germany and the pressure on the real estate markets is pushing construction activity to the threshold of available building land. To limit urban expansion, additional space is to be created primarily through brownfield development, but here large housing potentials are usually only to be found on sites that are difficult to develop. The framework conditions that have arisen here in the interplay between land and real estate markets in conjunction with the multidimensionality of urban planning problems suggest a need for urban planners and researchers to develop more effective methods. This paper therefore describes a GIS-based method for optimising building sites, which can be used to evaluate sites in context and optimise them attribute-spatially. It combines a fuzzy methodology with a heuristic optimisation algorithm, the *Parameterised Region-Growing*, and

✉ **Lion Lukas Naumann**, Fakultät Raumplanung, Lehrstuhl Immobilienentwicklung, Technische Universität Dortmund, August-Schmidt-Straße 6, 44227 Dortmund, Deutschland lukas.naumann@tu-dortmund.de

Prof. Dr. Michael Nadler, Fakultät Raumplanung, Lehrstuhl Immobilienentwicklung, Technische Universität Dortmund, August-Schmidt-Straße 6, 44227 Dortmund, Deutschland michael.nadler@tu-dortmund.de



© 2022 Naumann; licensee oekom verlag. This Open Access article is published under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

demonstrates it using the example of the Holsten site in Hamburg. It successfully generates spatially compact and coherent, highly valued residential building areas, to which urban development parameters are assigned. Comparisons with existing planning show instructive results, e.g., regarding more effective utilisation of good micro-locations, realistic building density values and realisable area parameters.

Keywords: Suitability assessment ■ Land-use optimization ■ Fuzzy suitability modelling ■ Parameterized region-growing ■ Decision support

1 Städtebauliche Projektentwicklung

Bevölkerungswachstum und Wanderungsgewinne haben auf die Wohnungsmärkte der Ballungsräume Deutschlands in den letzten Jahren großen Druck ausgeübt. Allein zwischen 2014 und 2019 wuchs die Einwohnerzahl der 66 kreisfreien Großstädte um eine Million Menschen (Destatis 2021: 12). Folglich beherrschen steigende Miet- und Kaufpreise die Diskussionen in der Stadtentwicklung, der Mangel an bebaubaren Restflächen bremst die Neubautätigkeit (Fina/Henger/Siedentop 2020: 33), was die Situation auf dem Wohnungsmarkt weiter verschärft. Die wenigen verbliebenen, städtebaulich relevanten Wohnraumpotenziale sind aber nicht selten deswegen noch nicht projektiert worden, weil sie komplexe Entwicklungsrisiken beinhalten.

Die Entwicklung dieser Areale gehört zum Aufgabenfeld der städtebaulichen Projektentwicklung, dessen Ziel die Neu- oder Umnutzung von Flächen auf der Basis städtebaulicher Nutzungskonzepte ist (Köster 2006: 4; Mrosek 2012: 63). Typische Projekte sind Quartiersentwicklungen, Stadtumbau- und/oder Stadterweiterungsmaßnahmen (Köster 2006: 8). Sie weisen gegenüber anderen Projektentwicklungen einige Besonderheiten auf: Neben dem Größenunterschied besitzen sie eine gesamtstädtische Relevanz, was die Auseinandersetzung mit städtebaulichen Fragestellungen wie die Anordnung von Baufeldern, Erschließung, Sichtbeziehungen, Dichte, Höhe, Nutzungsarten und Bauweisen notwendig macht. In Verbindung mit der meist notwendigen Planungsrechtschaffung durch die Bauleitplanung, zahlreichen Interessengruppen und Beteiligten (*stakeholder*), der Grundstücksaufbereitung und Erschließung sowie einer intensiven Auseinandersetzung mit Markt und Standort entstehen lange Entwicklungszeiten, die im Mittel etwa 14 Jahre betragen (Guhl 2018: 81). Nahräumliche Nutzungsmischung ist im Gegensatz zu einzelnen Immobilienprojekten ein wesentlicher Baustein, der begleitend mit der Schaffung städtischer Infrastrukturen und attraktiver öffentlicher Räume urbane Identität schaffen soll (Schütz/Feldmann 2008: 846–847; Mrosek 2012: 62).

Städtebauliche Projektentwicklungen stellen die *Stakeholder* aufgrund des langen Planungshorizonts, der komplexen Zusammenhänge und des Investitionsvolumens vor Herausforderungen, denen nur mit Erfahrung, Weitsicht und Kreativität begegnet werden kann (Schütz/Feldmann 2008: 845). Komplexe Entscheidungen basieren oft auf dem Erfahrungswissen von Stadtplanerinnen und Stadtplanern, das Ignorieren von Komplexität führt zur Dysfunktionalität von Stadträumen sowie unzufriedenen Bewohnerinnen und Bewohnern (Rezayan/Najian 2008). Um einen Teil dieser Entscheidungen zu bewältigen, sind Geoinformationssysteme (GIS) im Einsatz, welche die Aufnahme objektiver Parameter in die Stadtplanungsprozesse versprechen (Wilson 2020: 127). Die verwendeten Analysen sind in der Regel jedoch einfach gehalten und beschränken sich auf die Abfrage von Geometrien wie Längen- und Flächenmessungen. Hintergrund dieser Zurückhaltung könnte die Erwartung sein, dass die Anwendung komplexerer GIS-Analysen die etablierten städtebaulichen Entscheidungsfindungsprozesse verkomplizieren und das angeführte Erfahrungswissen der Experten konterkarieren (Rezayan/Najian 2008).

Doch insbesondere in der ersten Phase von städtebaulichen Projektentwicklungen ist der Analyseaufwand erheblich (Peiser/Hamilton 2012: 78). Sie startet mit der Bestandsaufnahme, die Restriktionen und Potenziale des Standortes erfassen und bewerten soll (Müller/Weber 2002: 58). Entwicklerinnen und Entwickler fassen dabei zunächst die tatsächlichen und rechtlichen Vorgaben sowie erste Nutzungsideen zu einem Entwicklungsszenario zusammen (Müller/Weber 2002: 58; Mrosek 2012: 62; Peiser/Hamilton 2012: 75; Dewberry 2019: 20). Aufgrund der häufig raschen Unumkehrbarkeit von Entscheidungen sollten alle Maßnahmen auf eine belastbare Informationsgrundlage gestellt werden. Auch deshalb ist die erste Phase ein wesentlicher Faktor beim Management städtebaulicher Projekte, da Planungsaspekte frühzeitig erfasst, potenzielle Konflikte unter den *Stakeholdern* vermindert und in Gesprächen mit der lokalen Planungsbehörde frühzeitig abgeklärt werden können (Wieland 2014: 251; Dickinson/Shahab 2021: 4). Bei Innenentwicklungsprojekten werden Risiken aber vielfach unterschätzt oder nicht erkannt (Wieland 2014: 89; Dickinson/Shahab 2021: 6). Ein (häufiger) Wechsel der privatwirtschaftlichen Projektentwickler (Stichwort: *Land Banking*) sollte vor dem Hintergrund einer zügigen Baulandentwicklung vermieden werden. Vorhabenträger und öffentliche Planungsbehörden haben ein gemeinsames Interesse an einer umfassenden Bestandsaufnahme des Plangebietes und seiner Umgebung, um ein Projekt schnellstmöglich in die Umsetzung zu bringen (Müller/Weber 2002: 58). Gerade hierbei können GIS-Analysen äußerst vorteilhaft für die Projektplanung sein. Vermehrte Nutzungsmöglichkeiten ergeben sich beispielsweise aus

öffentlich verfügbaren Geodaten, leistungsstärkeren Datenverarbeitungssystemen sowie räumlichen Analyse- und Simulationsverfahren. Entscheidungsmethoden auf Basis von GIS, so genannte *GIS-Multi-Criteria Decision Analysis* (GIS-MCDA), können dabei die städtebaulichen Entscheidungsfindungsprozesse unterstützen (eine Auflistung der Anwendungen in der Planung findet sich bei Malczewski/Rinner 2015: 67).

Im vorliegenden Beitrag soll aufgezeigt werden, wie eine multidimensionale Flächenprüfung bereits in frühen Phasen der Baulandentwicklung zur systematischen Entwurfsoptimierung eingesetzt werden kann. Er stellt die Arbeitsprozesse vor, die die GIS-MCDA-Methodik auf die Initiierungs- und Konzeptionierungsphase der städtebaulichen Projektentwicklung überträgt. Die Arbeitsprozesse unterstützen nicht nur die Analyse und Bewertung der Flächen, sondern schlagen attributiv-räumlich optimierte Baufelder-Konfigurationen vor und können so der Stadtplanung und der Projektentwicklung bei der Identifizierung flächenbezogener städtebaulicher Entwicklungspotenziale helfen. Das Konzept, das am Beispiel der Fläche des ehemaligen Holsten-Areals in Hamburg demonstriert wird, nutzt „Fuzzy-Logik“ zur Eignungsprüfung und das *Parameterized Region-Growing* (PRG) als Optimierungsmethode für die Lokalisierung von zusammenhängenden Flächen (Baufeldern) mit hoher Eignung für die Wohnbauentwicklung.

Im Folgenden (Kapitel 2) wird dazu zunächst ein Überblick über den Forschungsstand zur (Eignungs-)Bewertung und Optimierung von Landnutzungen gegeben, ehe in Kapitel 3 die für die Untersuchung notwendigen methodischen Grundlagen im Hinblick auf die Anwendung am Fallbeispiel eingeordnet werden. In Kapitel 4 wird das Ergebnis der Untersuchung vorgestellt, im Vergleich mit dem Planungsstand eingeordnet und bezüglich der weiteren Anwendungspotenziale erörtert. Im finalen Kapitel 5 werden schließlich die praktischen Implikationen der Modellanwendung diskutiert, kritisch reflektiert und ein Forschungsausblick vorgestellt.

2 Stand der internationalen Forschung zur räumlich optimierten (Bau)landnutzung

Für eine optimale (Bau)landnutzung ist zunächst eine Bewertung der Landeignung erforderlich. In der Stadtplanung gehört die Abwägung zwischen Alternativen zum Alltag von Entscheidungsprozessen, weshalb erste Entscheidungsfindungsmethoden bereits Ende des 19. Jahrhunderts eingesetzt wurden. Mit dem Aufkommen hochvernetzter und leistungsfähiger Computersysteme in den letzten Jahrzehnten (Künstliche Intelligenz) haben sich die Informationsver-

arbeitungsmöglichkeiten erheblich erweitert, weshalb diese verstärkt herangezogen werden. Sie fußen auf Methoden multikriterieller Entscheidungsanalysen. Dabei identifizieren, priorisieren und evaluieren Entscheidungsträger/-innen für jedes Problem die Attribute aller in Frage kommenden Alternativen. Aufgrund des Raumbezugs stadtplanerischer Aufgaben haben multikriterielle Entscheidungssysteme in einem GIS Vorteile bei der Identifizierung und Alternativenbewertung. Zwar wurden bereits seit den 1990er Jahren GIS-basierte multikriterielle Entscheidungssysteme für die Planung vorgeschlagen (Dueker/Delacy 1990; Abart-Herisz 1999), jedoch zeigen aktuelle Metaanalysen, dass sich erst in den letzten fünf Jahren GIS-basierte multikriterielle Entscheidungssysteme zur Prüfung und Bewertung der Landeignung („land-use suitability“) für immobilien- und städtebauliche Projekte zunehmender Beliebtheit erfreuen (z. B. Natividade-Jesus/Coutinho-Rodrigues/Henggeler Antunes 2007; Nadler/Spieß/Müller 2018; Juszcak/Reith 2020). Um hierbei auch unmittelbar die Subjektivität menschlicher Auffassungen und unsicherer Datenqualitäten zu erfassen, bieten sich unscharfe („fuzzy logik“) Verfahren multikriterieller Entscheidungssysteme an (Nguyen/Chou/Fang et al. 2017; Caprioli/Bottero 2020; Cardone/Di Martino 2021). Sie weisen Vorteile in der Genauigkeit der Entscheidungsfindung auf, da nicht nur die Unschärfe im Entscheidungsprozess gut simuliert werden kann, sondern auch die Regelsyntax verständlicher ist (Mantelas/Prastacos/Hatzichristos et al. 2012: 26; Ustaoglu/Aydinoglu 2019: 174; Ustaoglu/Aydinoglu 2020: 16). Die Eignungsmodelle multikriterieller Entscheidungssysteme berücksichtigen dabei die erforderlichen Attribute für den Standort wie beispielsweise Geländeneigung und Sichtbarkeit, jedoch nicht mögliche räumliche Restriktionen der Nutzungen (z. B. die Anzahl, Form und Größe der erforderlichen Grundstücke).¹ Da hierfür die Attribute immer im räumlichen Kontext ihrer Nachbarn gesehen werden müssen, stellt dies jedoch ein wesentlich komplexeres Berechnungsvorhaben dar. Um auch diese Herausforderung zu meistern, wurde bereits vor nahezu zehn Jahren im Kontext deutscher Sanierungsprojekte (*redevelopment*) von Morio, Schädler und Finkel (2013: 344) empfohlen, die Landeignungsprüfung mit einem heuristischen Optimierungsansatz zu versehen.

Arbeiten im Bereich der Landnutzungsoptimierung („land-use optimization“) befassen sich deshalb mit der

¹ So mag eine Region hochbewerteter Flächen mit einer kreisförmigen Geometrie ungeeigneter sein für die Parzellierung als Grundstücksfläche als eine moderat bewertete Region von rechteckigen Flächen, was jedoch nur im räumlichen Zusammenhang bewertet werden kann.

Tabelle 1 Auswahl aktueller Veröffentlichungen im Bereich der baulichen Landnutzungseignung und/ oder -optimierung

Quelle	Projektarten	Bewertung: Deterministisch/Fuzzy	Methodik Landeignungsprüfung	Optimierungsmethodik
Stewart/Janssen/van Herwijnen (2004)	Land Development	Deterministisch	Keine	Exakt (Goal Programming) und Heuristisch (Genetischer Algorithmus)
Chandramouli/Huang/Xue (2009)	Urban Development	Deterministisch	Keine	Heuristisch (Genetischer Algorithmus)
Cao/Huang/Wang et al. (2012)	Land Development	Deterministisch	Keine	Heuristisch (Genetischer Algorithmus)
Morio/Schädler/Finkel (2013)	Redevelopment	Deterministisch	Keine	Heuristisch (Genetischer Algorithmus)
Chaidee/Pakawangwong/Suppakitpaisarn et al. (2017)	Redevelopment	Deterministisch	Keine	Exakt (Voronoi Diagramm & Force-Directed Graph Drawing)
Nguyen/Chou/Fang et al. (2017)	Land Development	Fuzzy	Fuzzy AHP ^a	Keine
Nadler/Spieß/Müller (2018)	Urban Development	Deterministisch	AHP ^a + Compromise Programming	Keine
Ma/Zhou (2018)	Land Development	Fuzzy	Fuzzy AHP ^a	Optimierung (Linear Programming)
Ustaoglu/Aydinoglu (2019)	Urban Development	Fuzzy	Fuzzy AHP ^a	Keine
Suppakitpaisarn/Ariyarit/Chaidee (2021)	Redevelopment	Deterministisch	Keine	Exakt (Semidefinite Programming graph drawing)
Cardone/Di Martino (2021)	Urban Development	Fuzzy	Fuzzy AHP ^a	Keine

^a AHP = Analytischer Hierarchieprozess, eine Methode zur Organisation komplexer Präferenzentscheidungen

optimalen Aufteilung eines Raumes in eine größere Anzahl von Nutzungsbereichen unter Berücksichtigung von Sachzwängen in bestimmten räumlichen Kontexten (Cao/Huang 2019: 641). Jüngst werden hier auch verstärkt Optimierungen von Nutzungsoptionen mit städtebaulichem/stadtplanerischem Bezug zur Landnutzung durchgeführt, wie Tabelle 1 verdeutlicht.

So stellen beispielsweise Morio, Schädler und Finkel (2013) in ihrem Beitrag einen Ansatz zur Entscheidungsfindung für Redevelopment-Projekte vor, der die aus wirtschaftlichen und Nachhaltigkeitserwägungen optimale Mischung der Nutzungsoptionen Wohnen, Freizeit und Erholung kalkuliert. Hierfür bewerten sie mögliche Nutzungskonfigurationen im Hinblick auf die vorgegebenen Ziele, aus denen schließlich mittels eines genetischen Algorithmus optimale Konfigurationen für im Voraus parzellierte Baufelder gebildet werden. Die meisten Veröffentlichungen mit Optimierungsmethodik verzichten auf eine vorgeschaltete Eignungsprüfung. So wird von einem festen Ursprungsszenario ausgegangen, was jedoch dazu führt, dass der Optimierung nach räumlichen Kriterien gegenüber attributiver Eignung ein sehr großer Wert zugeschrieben wird. Dies spiegelt gegebenenfalls nicht die wahre Präferenz der Entscheidungsträger/-innen wider. Eine Ausnahme bildet die Veröffentlichung von Ma und Zhou (2018), die eine abgewandelte Optimierungsmethode des *Goal Programming* mit einer fuzzyfizzierten Landeignungsprüfung kombinieren, um

die optimalen Landnutzungen unter Berücksichtigung ökonomischer und sozialer Zielsetzungen in Hangzhou (China) zu bestimmen. Die Anwendung von exakten Optimierungsmethoden setzt aber immer voraus, dass die Ursprungspeditionen der Erzeugungspunkte wie beispielsweise Parzellen, Grundstücke oder Baufelder mit ihrer Größe bereits bekannt sind, was die Planung in der Initiierungsphase von städtebaulichen Entwicklungen üblicherweise noch nicht abschließend festgelegt hat (Suppakitpaisarn/Ariyarit/Chaidee 2021: 999). Folglich wird eine begrenzte Anzahl von Alternativen bewertet. Diese Methoden eignen sich für eine städtebaulichen Bestandsaufnahme demnach nur begrenzt.

Die Komplexität von Optimierungslösungen mit unbegrenzten Alternativen, wie sie bei der Optimierung großer Flächen üblich ist, macht es jedoch schwierig, eindeutige Lösungen in einer angemessenen Zeit zu berechnen. Heuristische Lösungsansätze versuchen daher mittels eines iterativen Ansatzes, schrittweise generierte Lösungen zu verbessern (Malczewski/Rinner 2015: 145). Für die Landeignung entwarfen erstmalig Eastman, Jin, Kye et al. (1995) ein Verfahren der Eignungsheuristik, das auf der Reklassifikation von geordneten Eignungs-Scores mit einer untergeordneten Konfliktlösung zwischen konkurrierenden Landnutzungen basiert, die jeder Parzelle zugeordnet sind. Das Verfahren ermittelt jedoch keine Optimierung nach räumlichen Kriterien wie Form oder Größe (Brookes 1997b: 378; Church/Gerrard/Gilpin et al. 2003: 815).

Dieses Problem nimmt sich die *Parameterized Region-Growing*-Methode vor, die von Brookes (1997a) vorgestellt und mehrfach weiterentwickelt wurde (Church/Gerrard/Gilpin et al. 2003; Vanegas/Catrysse/van Orshoven 2008). Hierbei werden Zellen anhand nichträumlicher und räumlicher Merkmale iterativ zusammengeführt, bis der Standort auf die vorgegebene Größe angewachsen ist. Die Anwendung hat so gezeigt, dass erfolgreich realistische Regionen nach räumlichen Kriterien generiert werden können (Brookes 1997b: 378; Church/Gerrard/Gilpin et al. 2003). Dabei können bei kürzerer Berechnungszeit sogar ähnliche Lösungen generiert werden wie bei der Anwendung exakter Optimierungsmethoden (Vanegas/Catrysse/van Orshoven 2008). Die *Parameterized Region-Growing*-Methode ist so bestens geeignet, um auch die Bewertung von Alternativen städtebaulicher Entwicklungen räumlich zu verorten und damit die Instrumente der nicht explizit räumlichen Analysemethoden zu sublimieren (Malczewski/Jankowski 2020: 1259). Dennoch zeigt die Analyse bisheriger Forschungsansätze, dass die Übertragung der Methode auf die genannten Themenfelder bisher nicht explizit erfolgt ist. Insbesondere in Kombination mit MCDA-Eignungsmodellen unter Anwendung der Fuzzy-Logik zur Simulation von Entscheidungsfindung unter Unsicherheit ergibt sich daher erstmals die Gelegenheit zur Untersuchung auf praktische Anwendungspotenziale in der Baulandentwicklung.

3 Methodik der geodatenbasierten (Bau)landnutzungsoptimierung

3.1 (Land-)Eignungsbewertung mittels Fuzzy-Logik-Methodik

Ausgangspunkt dieser Untersuchung ist die Analyse und Eignungsbewertung des Standortes, der an die Bestandsaufnahme bei der städtebaulichen Projektentwicklung angelehnt ist. Hierzu wird das Untersuchungsgebiet in Rasterzellen mit einer Auflösung von einem Meter unterteilt, was die maximale Genauigkeit unter Berücksichtigung der Datenqualität gewährleistet. Diese werden auf Basis von Bewertungskriterien mittels Fuzzy-Logik einer Beurteilung unterzogen. Fuzzy-Logik eignet sich insbesondere im Umgang mit Ungenauigkeiten, die bei der Definition der Klassen und der Messung des Phänomens auftreten. Sie kann Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern helfen, unter Berücksichtigung dieser Ungenauigkeiten Entscheidungen zu treffen. Das beschriebene Verfahren konzentriert sich auf die Modellierung der Ungenauigkeiten von Klassengrenzen. Es berücksichtigt dabei die Tatsache, dass die Zugehörigkeit eines Wertes zu einer Bewertungsklasse (z. B. geeignet –

ungeeignet) eine subjektive Entscheidung darstellt und daher Ungenauigkeiten aufweist.

Grundgedanke der Fuzzyifizierung ist die Transformation der ursprünglichen Messwerte in die Möglichkeit, dass sie zu einer definierten Menge gehören. Dabei geht man davon aus, dass der Wert $x \in X$ zu einem bestimmten Grad der Zugehörigkeit einer unscharfen Menge \tilde{A} , dem „fuzzy set“ angehört (Zhao/Zhang/Murayama 2011: 30), die durch eine reelle Zahl angegeben werden kann (gemeinhin im Wertebereich $[0, 1]$) (Nissen 2007: 5). Eine unscharfe Menge \tilde{A} wird dabei durch die folgende Zugehörigkeitsfunktion $\mu_{\tilde{A}}$ beschrieben:

$$\mu_{\tilde{A}} : X \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

Mit abnehmenden Werten ist es immer weniger denkbar, dass der ursprüngliche Merkmalswert ein Element dieser Menge ist. Der Wert von 1 besagt also, dass die Zelle sicher in der Menge enthalten ist, der Wert von 0 schließt definitiv aus, dass dieser in der Menge enthalten ist. Die konventionelle (boolesche) Logik, die auf der Zugehörigkeit zu diskreten, trennscharfen Klassen basiert (wahr oder falsch), wird um eine überlagerte Menge der Teilwahrheit erweitert (Zhao/Zhang/Murayama 2011: 30; Malczewski/Rinner 2015: 197).

Zunächst muss grundlegend bestimmt werden, wie die Klassengrenzen im Modell definiert werden. So lässt sich zwischen dem expertenbasierten Modell („Semantic Import“-Ansatz, SI) und der natürlichen Klassifikation unterscheiden. Die Klassengrenzen im erstgenannten Ansatz basieren auf der Einschätzung durch Expertinnen und Experten, im zweiten Ansatz basieren diese auf der lokalen Übereinstimmung mit dem Datensatz (Zhao/Zhang/Murayama 2011: 31) und weist Analogien zur Clusteranalyse auf (Kaufman/Rousseeuw 2005: 164). Da in diesem Beitrag eine lokal begrenzte Analyse angestrebt wird, bei dem Cluster hoher Eignung Vorrang vor der Übereinstimmung von Messwerten mit a priori durch Expertinnen und Experten festgelegten Grenzwerten haben, wird die natürliche Klassifikation angewandt. Sie entspricht dem üblichen Vorgehen bei der Segmentierung von Mikro-Standortanalysen, wo Standorte mit ihrer unmittelbaren Umgebung verglichen werden (vgl. Isenhöfer/Väth/Hofmann 2008: 416). Zudem ist die Klassengrenze nicht durch den aktiven Eingriff der Bewerterinnen und Bewerter manipulierbar.

Fuzzyifizierung findet über eine Transformation der Daten mittels Zugehörigkeitsfunktionen statt. Diese ist so zu wählen, dass sie in der Form möglichst die Realität abbildet (Zhao/Zhang/Murayama 2011: 31). Gängige lineare Zugehörigkeitsfunktionen sind beispielsweise die Dreiecks- oder Trapezfunktion. Im vorliegenden Beitrag werden die nichtlinearen Zugehörigkeitsfunktionen „Fuzzy Small“

(kleinere Messwerte erhöhen die Zugehörigkeit) und „Fuzzy Large“ (größere Messwerte erhöhen die Zugehörigkeit) gewählt. Beide Zugehörigkeitsfunktionen haben für die Untersuchung aufgrund ihrer Transformationskurve den Vorteil, dass bei ungünstigen Messwerten unter dem arithmetischen Mittel die Zugehörigkeitsfunktion stärker abfällt als bei einer linearen Transformation.

Die Funktionen (2) (Fuzzy Small) und (3) (Fuzzy Large) transformieren die Messwerte x wie folgt:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{f_2}\right)^{f_1}} \quad (2)$$

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{f_2}\right)^{-f_1}} \quad (3)$$

f_1 bestimmt die Steilheit der Kurve der Zugehörigkeitsfunktion und f_2 den Mittelpunkt mit dem Fuzzy-Wert 0,5. Ersteres wird auf 5 festgelegt, was einer genau mittigen Steigung entspricht, der Mittelpunkt wird auf das arithmetische Mittel des Wertebereichs der Messwerte definiert.

Nach der Transformation erfolgt eine Überlagerung der Attribute zu den Zielkategorien und zur Gesamteignung. Sie ist notwendig, um die Bewertung einzelner Attribute zu einem Gesamteignungsraster zu aggregieren. Dies geschieht durch die Vereinigung mittels Regeln gemäß Definition eines Regelwerks, der sogenannten Fuzzy-Überlagerung. Sie drückt die Beziehung der transformierten Attribute zueinander aus. Die Basisoperatoren bei der Überlagerung unscharfer Mengen sind Vereinigung und Durchschnitt. Ersteres gibt die größten Werte für die Zugehörigkeit an. Auf das Modell bezogen würde dies beispielsweise bedeuten, dass die Überlagerung einen hohen Eignungswert ausgibt, wenn mindestens ein Kriterium Teilmenge eines als hoch betrachteten Wertes ist, selbst wenn die anderen niedrig sind. Der Durchschnitt entspricht dem Minimalwert der vereinigten Werte. Die hieraus resultierende größere Streuung der Bewertung bietet sich für die Überlagerung zu den Zielkategorien in diese Analyse an, weil beim Vereinigungsverfahren sonst ein Großteil der Flächen hohe Eignungswerte erhalten würde (Chen/Hwang/Hwang 1992: 49-52). Neben den Basisoperatoren gibt es sogenannte mitteln-/kompensatorische Operatoren, die einen Ausgleich unter den Mengen herstellen können. Operatoren wie Fuzzy-Gamma führen ein Kompensationsparameter (γ) im Wertebereich $[0, 1]$ ein, wobei $\gamma = 0$ keine Kompensation und $\gamma = 1$ eine vollständige Kompensation darstellt:

$$\mu(x) = (1 - \text{Produkt}(1 - \mu(x_1), \mu(x_2) \dots \mu(x_n)))^\gamma \cdot (\text{Produkt}(\mu(x_1), \mu(x_2) \dots \mu(x_n)))^{1-\gamma} \quad (4)$$

Fuzzy-Gamma ist das mit Gamma potenzierte Produkt

aus dem Fuzzy-Produkt (erste Zeile der Gleichung 4) und der als Fuzzy-Summe transformierten Werte (zweite Zeile der Gleichung 4), bildet also eine Kompromisslösung aus diesen beiden Transformationen. Wie sich empirisch gezeigt hat, eignen sich Kompensatoren besser zur Nachbildung des menschlichen Präferenzverhaltens (Nissen 2007: 12–13). So kann beispielsweise ein Standort auch für eine Wohnbebauung geeignet sein, wenn eine schlechte Anbindung mit dem Individualverkehr durch eine gute ÖPNV-Anbindung kompensiert wird. In diesem Modell wird daher der Gamma-Operator für die Kombination der Kategorien zum Gesamteignungsraster genutzt. Aufgrund der vielen Zielkategorien wird ein γ von 0,8 gewählt, was erhöhte kompensatorische Effekte zwischen den Gruppen erlaubt.

3.2 (Land-)Nutzungsoptimierung über den Parameterized-Region-Growing-Algorithmus

Das mittels Fuzzy-Überlagerung entstandene Gesamteignungsraster bildet im Untersuchungsraum mit einer Skala von 0 bis 1 die Möglichkeit ab, dass dieser sich gemäß den Bewertungskriterien für eine Wohnbebauung eignet. Es beachtet jedoch nicht die räumlichen Anforderungen bzw. Vorgaben an die Standorte möglicher Baufelder wie beispielsweise die gewünschte Größe oder Form. Es bedarf also eines weiteren Schrittes, um die räumlichen Anforderungen mit den Attributanforderungen zu kombinieren und hieraus ‚optimale‘ entwickelbare Baufelder („land subdivisions“) zur Wohnnutzung abzuleiten. Hierzu wird der *Parameterized Region-Growing*-Algorithmus von Brookes (1997b) verwendet. Mittels heuristischer Algorithmen wird iterativ in einem annehmbaren Zeitrahmen versucht, ein ‚optimales‘ Resultat im Hinblick auf ein vorgegebenes Gütemaß zu finden. Sie garantieren keine fehlerfreie Lösung, können in der Regel jedoch sinnvolle Ergebnisse hervorbringen, insbesondere wenn es die Komplexität räumlicher Optimierungsprobleme erschwert, jede Lösung mithilfe der klassischen mathematischen Programmierung zu bewerten. *Parameterized Region-Growing* (PRG) ist dabei eine Fusion zweier Ideen: Zum einen wird durch ein Zelleignungswachstum („simple Region-Growing“, SRG) iterativ die am besten geeignete Nachbarzelle hinzugefügt (bei gleicher Eignung von zwei oder mehr Zellen wird diejenige gewählt, die dem Ausgangspunkt am nächsten liegt). In dieser Untersuchung ist das Fuzzy-Gesamteignungsraster die Grundlage für das Zelleignungswachstum. Zum anderen werden mit einer räumlichen Regionseignung („Parameterized Shape-Growing“, PSG) der Abstand und die Richtung der Zelle zur Ausgangszelle mit einem *Score* bewertet. Hierbei wird der gleiche iterative Prozess verwendet wie beim *simple Region-Growing*. Dieser basiert aber

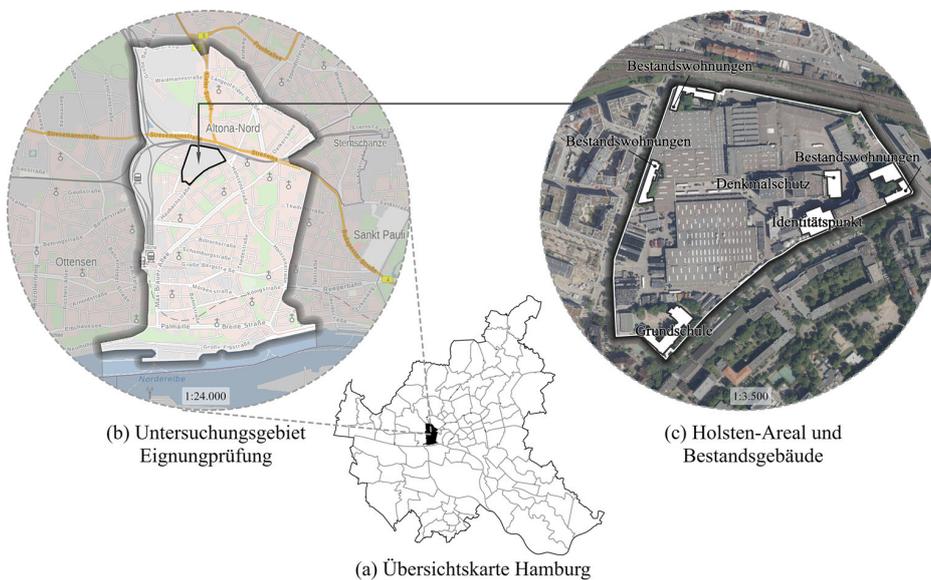
auf einer räumlichen Eignungsbewertung, die durch die Länge und die Richtung zur Ausgangszelle bestimmt wird. *Parameterized Shape-Growing* beginnt mit der geeignetsten Nachbarzelle in Bezug auf den *Score* und addiert iterativ angrenzende Zellen, die in jedem Schritt des Verfahrens neu bewertet werden (Brookes 1998: 96). Der PRG-Algorithmus berechnet schließlich aus dem gewichteten Mittelwert der *Scores* von *simple Region-Growing* (SA_i) und *Parameterized Shape-Growing* (SS_i) den Gesamtwert der i -ten Zelle ST_i . Diese ergibt sich also aus einem Kompromiss aus dem Beitrag der Zelle zur Aufrechterhaltung der gewünschten Gestalt (z. B. Rechteck oder Kreis) und ihres attributiven Eignungswertes:

$$ST_i = (w_1 \times SA_i) + (w_2 \times SS_i) \quad (5)$$

Hierbei stehen SA_i und SS_i für die *Scores* aus *simple Region-Growing* und *Parameterized Shape-Growing*, w_1 und w_2 sind Gewichtungsfaktoren für den *Trade-off* zwischen SA_i und SS_i (Brookes 1997b: 381; Malczewski/Rinner 2015: 148). In der Fallbeispielanwendung wird eine 30:70-Gewichtung zugunsten der räumlichen Übereinstimmung des PSG-*Scores* gewählt. Der Wachstumsprozess stoppt, wenn die Region auf die gewünschte Größe angewachsen ist. Regionen sind Gruppen von zusammengehörigen Zellen ähnlicher Werte. In dieser Untersuchung stellen die Regionen die Baufelder für die städtebauliche Projektentwicklung dar.

Die Größe, Grenzkonfiguration, Ausdehnung und Orientierung an einer idealen Form der Baufelder werden a priori festgelegt, auch ein Verfahren zum Eliminieren von Löchern in den Baufeldern ist im Algorithmus eingebaut (Brookes 1997b: 375). Das Wachstum der Baufelder auf der Fläche des Areals erfolgt dabei sinnvollerweise rechteckig, um die Parzellenform zu erhalten. Die zulässige Minimalfläche jeder Region beträgt 3.000 m², zwischen denen ein Abstand von mindestens 15 Metern vorgeschrieben ist. Die Maximalgröße beträgt 7.000 m², was in etwa der Größe eines großen Baufeldes zur (Hochbau)projektentwicklung entspricht. Mit diesen Restriktionen ergeben sich bei zwei Drittel Gesamtlächenausnutzung der 8,7 ha großen Fläche im Mittel rund zwölf Baufelder ($2/3 * 8,7 \text{ ha} / ((0,3 \text{ ha} + 0,7 \text{ ha}) / 2)$).

Der Wachstumsprozess kann theoretisch für jeden Zellwert durchgeführt werden, jede Zelle auf dem Areal ist ein potenzieller Ausgangspunkt. Da dies aber die Verarbeitungszeit am Rechner potenzieren würde, muss über eine Evaluierungsmethode eine Präferenz für die Ausgangspunkte angegeben werden. Sie kann auf der Grundlage einer Eignungsstatistik (z. B. höchste Durchschnittswerte) oder einer räumlichen Anordnung der Zellen (größte Kerngebietszone) festgelegt werden. In der Untersuchung werden die höchsten Fuzzy-Eignungswerte als Ausgangspunkt für das Wachstum der Baufelder verwendet (in diesem Fall 12 Ausgangszellen für die 12 Baufelder).



Datenlizenz Deutschland – Digitale Verwaltungsgrenzen Hamburg – Version 2.0; LGV Hamburg, Maxar, Microsoft

Abbildung 1 Verortung des Areals in (a) Hamburg, (b) in Altona und (c) zu erhaltenden Bestandsgebäuden

Tabelle 2 Datengrundlagen

Kategorie Indikatoren	Datengrundlagen	Analysemethode	Quelle	Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktion	Zeitpunkt der Datenerhebung
Fußläufige Erreichbarkeit					
Kita	Kita-Einrichtungen Hamburg	Netzwerkanalyse Fußgänger	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2017
Grundschule	Grundschulen Hamburg	Netzwerkanalyse Fußgänger	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2017
Lebensmittelhändler	Supermarkt Hamburg	Netzwerkanalyse Fußgänger	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2020
Grünfläche	Parkanlagen Hamburg	Netzwerkanalyse Fußgänger	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2017
Haltestelle	HVV-Fahrplandaten (GTFS)	Netzwerkanalyse Fußgänger	Transparenzportal Hamburg	Small	2020
Sportstätte	Stammdaten Hamburger Sportstätten	Netzwerkanalyse Fußgänger	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2020
ÖPNV-Anbindung					
Flughafen	Eigene Verortung	Netzwerkanalyse Transit-Modell	Eigene Verortung	Small	2020
Medizinische Versorgung	Deutsches Krankenhausverzeichnis	Netzwerkanalyse Transit-Modell	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2017
Fernbahnhof	Eigene Verortung	Netzwerkanalyse Transit-Modell	Eigene Verortung	Small	2020
Kulturelle Einrichtung	OpenStreetMap: arts_centre, artwork, attraction, museum, theatre	Netzwerkanalyse Transit-Modell	OpenStreetMap	Small	2020
Anbindung des motorisierten Individualverkehrs					
Fahrtzeit zur Autobahn	Verkehrsinfrastruktur Hamburg	Netzwerkanalyse Auto-Modell	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2019
Entfernung Magistrale	Magistralen Bauforum	Entfernungsakkumulation	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2017
Geländeeigenschaften					
Geländeneigung	Digitales Geländemodell (DGM1)	Neigungsanalyse	Transparenzportal Hamburg	Small	2020
Versickerungspotenzial	Versickerungspotenzialkarte (VPK)	Klassifizierung Versickerungspotenzial	Geoportal Metropolregion Hamburg	Large	2018
Nächtliche Lärmimmissionen Verkehr	Lärmkarten Hamburg	Überlagerung mit Lärmkartierungen	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2018
Sichtbarkeit Bahnschienen	Geo-Streckennetz DB, DGM1	Sichtfeldanalyse	Deutsche Bahn (DB)	Small	2019
Vorhandene verkehrliche Erschließung	Inspire Verkehrsnetze	Entfernungsakkumulation	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2017
Verschattung Bestandsgebäude	3D-Stadtmodell LoD2-DE Hamburg	Sonnenschattenhäufigkeit	Geoportal Metropolregion Hamburg	Small	2020

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Kategorie Indikatoren	Datengrundlagen	Analysemethode	Quelle	Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktion	Zeitpunkt der Datenerhebung
Planungsrecht					
Gebäudehöhe	3D-Stadtmodell LoD2-DE Hamburg	Geostatistische Interpolation: Areal Interpolation	Transparenzportal Hamburg	Large	2020
Grundflächenzahl (GRZ)	Xplanung: Baugebiets-Teilfläche	Geostatistische Interpolation: Areal Interpolation	Transparenzportal Hamburg	Large	2020
Geschossflächenzahl (GFZ)	Xplanung: Baugebiets-Teilfläche	Geostatistische Interpolation: Areal Interpolation	Transparenzportal Hamburg	Large	2020

3.3 Forschungsdesign auf dem Holsten-Areal in Hamburg

Der Ansatz wird anhand der ehemaligen Holsten-Brauerei in Hamburg demonstriert. Das Areal befindet sich im Stadtteil Altona-Nord, angrenzend an die Altonar Altstadt (vgl. Abbildung 1a). Die Brauerei verlagerte die Produktion 2019 weiter aus der Kernstadt heraus nach Hamburg-Hausbruch. Auf der 8,7 ha großen Planfläche in zentraler Lage soll, angrenzend an das im Osten neu entstandene Stadtquartier Mitte Altona, ein neues städtebauliches Projekt entstehen. 2016 verständigten sich der Eigentümer Carlsberg Deutschland mit der Stadt- und Bezirksverwaltung in einem *Letter of Intent* auf Planungsziele, die auf zirka 160.000 m² Bruttogrundfläche (BGF) überwiegend Wohnnutzungen und einen Anteil von 25.000 m² für verschiedene Gewerbeflächen (Büros, Hotel, Einzelhandel, Gastronomie) vorsehen. 10 Prozent der Fläche sind für Gemeindebedarf, weitere 10 Prozent für Parkanlagen reserviert.

Ein städtebaulich-freiraumplanerischer Wettbewerb fand 2017 statt. Nach nun insgesamt vier Eigentümerwechseln wurde der Baubeginn laut aktuellem Entwickler, der Consus AG, auf das Jahr 2021 terminiert.² Das vorliegende Fallbeispiel ist insofern ein typisches Beispiel für die Problematik von Akteurwechseln, mit denen Kommunen in der Zusammenarbeit mit privatwirtschaftlichen Entwicklungsunternehmen aufgrund der Problematik des *Land Banking* in deutschen Großstädten oft konfrontiert sind. Ein Satzungsentwurf für den Bebauungsplan liegt mittlerweile vor und wird beschlossen, sobald sich die Parteien im Rahmen eines städtebaulichen Vertrags über die Ziele der Entwicklung rechtsverbindlich einigen.

Der Suchraum für die Entscheidungsalternativen der Landeignungsprüfung und der Verortung der Baufelder

zur optimalen Landnutzung ist unterschiedlich, da die Eignungsprüfung auch die Stadtteile Altona-Nord und Altona-Altstadt (54,2 ha; 7.330.728 Zellen; vgl. Abbildung 1b) berücksichtigt. Die Optimierung findet nur noch auf dem Holsten-Areal statt, wobei auf dem Gelände befindliche Gebäude, bei denen aus verschiedenen Gründen (z. B. Denkmalschutz) keine Neubebauung stattfinden kann (vgl. Abbildung 1c), ausgenommen sind. Zur Generierung der Fuzzy-Landeignung für Wohnbauflächen werden Attribute aus den fünf Zielkategorien erfasst, die in Tabelle 2 aufgeführt sind und im Folgenden erläutert werden.

Die Auswahl der Zielkategorien erfolgte aufgrund der im *Letter of Intent* vereinbarten, überwiegenden Wohnnutzung nach Standortpräferenzen spezifisch für diese Kategorie. Grundlegend eignet sich die Methodologie aber auch für andere Nutzungen wie etwa Einzelhandel, sofern eine Anpassung der Zielkategorien erfolgt. Im Wohnbereich wird die Erreichbarkeit von Infrastrukturen als essenzieller Faktor bei der Bewertung von Entwicklungen angesehen (Peiser/Hamilton 2012: 78; Alda/Hirschner 2016: 84). Die Auswahl der Einrichtungen und Verkehrsträger erfolgte dabei in Anlehnung an Nadler, Spieß und Müller (2018: 448) und berücksichtigt aufgrund von Untersuchungen zu Nutzerpräferenzen im Wohnbereich auch die Erreichbarkeiten von Nahversorgung, Naherholung, medizinischer Versorgung und Freizeitmöglichkeiten (LBS 2017: 71). Als Datengrundlage zur Analyse der fußläufigen und ÖPNV-Anbindung wird mittels eines frei verfügbaren *General Transit Feed Specification (GTFS)-Datasets* des Hamburger Verkehrsverbundes (HVV) ein multimodales Netzwerk-Modell für ÖPNV- und Fußwege erstellt. Der motorisierte Individualverkehr wurde mittels des Netzwerk-Modells des ArcGIS-Routing-Services ermittelt.

Die Geländeeigenschaften subsumieren Merkmale, die notwendigerweise zur Bebaubarkeit des Geländes hergestellt werden müssen (Johnson 2008: 7). Hierbei werden Landmerkmale auf physisch-technische Eignung als Baugebiet untersucht. Die Analyse von Neigung und Topogra-

² <https://www.consus.ag/projektentwicklung/projekte/projekte-hamburg/holstenquartier-hamburg> (11.11.2021).

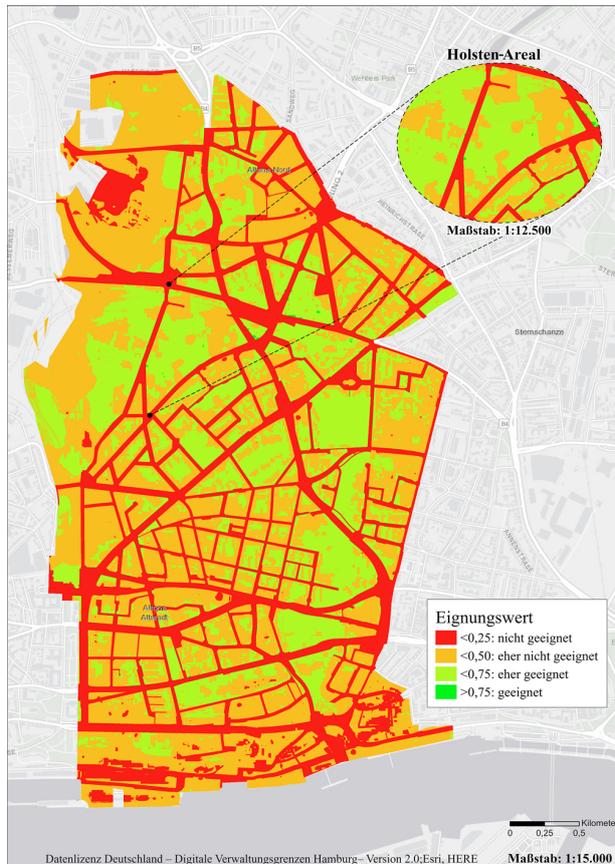


Abbildung 2 Unschärfe Gesamtbewertung der Landeignung im Untersuchungsraum

phie spielt dabei eine wichtige Rolle (Johnson 2008: 11; Peiser/Hamilton 2012: 78; Dewberry 2019: 153). Ebenso sollte aber die Beschaffenheit des Bodens beachtet werden, da diese die Baukosten beeinflussen kann, beispielsweise durch zusätzliche Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen im Gebiet (Johnson 2008: 9; Dewberry 2019: 169).

Nicht zuletzt sollten Planungsansätze danach streben, den Nutzen von Blickbeziehungen und visuellen Auswirkungen zu maximieren (Johnson 2008: 19; Wieland 2104: 165). Hierbei sind gerade die Blickbeziehung und die Verschattung durch den Gebäudebestand entscheidend. Eine bestehende verkehrliche Erschließung kann weiterhin die Kosten positiv beeinflussen. Auch die frühzeitige Auseinandersetzung mit dem Planungsrecht ist für Projekte essentiell (Alda/Hirschner 2016: 84; Dewberry 2019: 41). Dieses sollte aus der Sicht des Entwicklungsträgers möglichst viel Fläche erlauben und sich zur Genehmigung der Planung nach Art und Maß in die Umgebungsbebauung einfügen. Aus dem Planungsrecht der Umgebungsbebauung werden dazu die städtebaulichen Dichtekennwerte Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ) ebenso

wie die Gebäudehöhen abgeleitet und in der Landeignungsprüfung bzw. in der folgenden Landnutzungsoptimierung erfasst. Die erforderlichen Daten hierfür stammen aus dem XPlanungs-System von Hamburg, einem standardisierten und maschinenlesbaren Datenaustauschformat für Planungsdaten (Leitstelle XPlanung/XBau 2020: 6). Grundlage für die Beurteilung waren die Angaben aus den Polygonen der Baugebietsteilflächen. Die Übertragung der Planungswerte auf die nicht beplanten Gebiete (z. B. das Untersuchungsgebiet Holsten-Areal) erfolgte mittels der *Areal-Interpolation*-Methode. Bei dieser geostatistischen Interpolationsmethode werden Schätzungen von einer Ausgangsmenge von Polygonen zu einer überschneidenden, aber nicht deckungsgleichen Menge von Zielpolygonen gebildet (Krivoruchko/Gribov/Krause 2011: 19). So lassen sich Flächenattribute simulieren, die durch die Bestandsparameter bedingt werden (in dieser Untersuchung Gebäudehöhen und -dichtewerte wie GRZ und GFZ).

4 Diskussion über den erreichbaren Mehrwert des Optimierungsmodells für die städtebauliche Projektentwicklung

4.1 Ergebnisse der (Bau)landeignungsbewertung

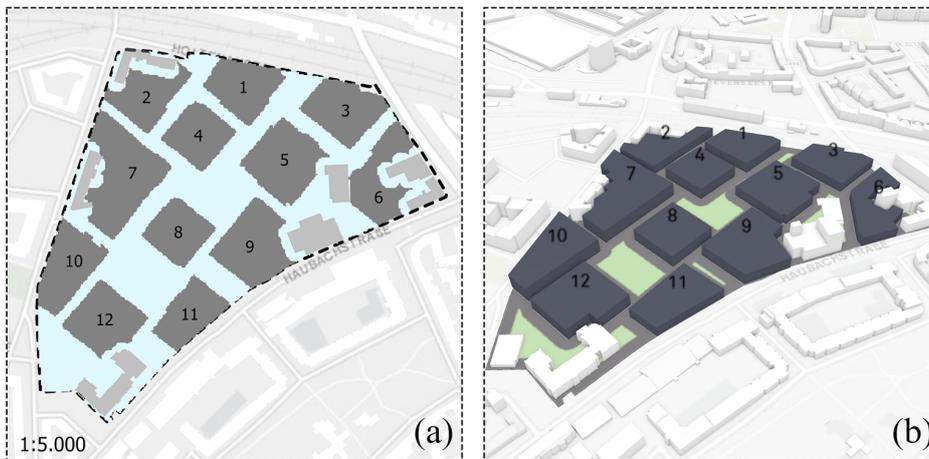
Die räumliche Verteilung der unscharfen Landeignungsbewertung über alle Attribute der Tabelle 2 inklusive der entsprechenden Überlagerung der Zugehörigkeitsfunktionen wird in Abbildung 2 dargestellt. Diese ergibt ein recht heterogenes Gesamtbild, bei dem kleinräumige Cluster hoher und niedriger Eignung zu erkennen sind. Die Verteilung entspricht einer leicht rechtsschiefen annähernden Normalverteilung und liegt im Mittel bei 0,45, was impliziert, dass die meisten untersuchten Zellen eher nicht den im Untersuchungsansatz gestellten Anforderungen an Wohnbauflächen entsprechen.

Etwa 32,1 Prozent der Zellen weisen eine Eignung über 0,5 auf (ohne Ausschlussflächen wie Straßen) und sind daher als eher geeignet für eine Bebauung zu sehen. So gut wie keine Zelle ist als geeignet bewertet worden (0,02%). Die als eher geeignet bewerteten Zellen finden sich hauptsächlich in Altona-Nord, entlang einer Parkstruktur zwischen dem Wohlers Park und dem Emil-Wendt-Park im Osten sowie im Bereich des später fokussiert zu betrachtenden Holsten-Areals. Lediglich 2,5 Prozent der nicht ausgeschlossenen Flächen weisen einen Wert von unter 0,25 auf, was eine Eignung im Modell ausschließt. Diese Flächen konzentrieren sich stark in einem Gewerbegebiet im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes sowie an der Elbe im

Süden. Die aktuelle Bodennutzungskategorie der Grünflächen schneidet aufgrund der guten Erreichbarkeit und der Geländeeigenschaften (flache Topographie, Sickerfähigkeit, geringe Verschattung) mit einem Mittelwert von 0,44 am besten ab. Die als Gewerbegebiet ausgewiesenen Flächen haben mit 0,37 im Mittel in etwa die gleiche Eignung wie die Wohnflächen, die bei 0,36 liegen. Hiernach folgen die gemischten Bauflächen und Flächen für den Gemeinbedarf (im Mittel: 0,32 bzw. 0,30).

Das aktuell als gewerbliche Fläche festgesetzte Holsten-Areal schneidet im Durchschnitt mit 0,51 („eher geeignet“) etwas besser ab, mit einigen Ausreißern nach oben und un-

ten (Standardabweichung = 0,11). Es hat also eine grundsätzlich hohe Bedeutung als künftige Wohnbaufläche für den Stadtteil. Die schlecht bewerteten Flächen befinden sich besonders im Nordosten nahe der Bahnschienen, höher bewertete Flächen tendenziell im Süden und Südwesten. Hier von ausgenommen ist die Landfläche rund um die Grundschule im äußersten Süden des Areals, die eine schlechte Eignung besitzt.



Datenlizenz Deutschland – 3D-Stadtmodell Lod2-DE Hamburg – Version 2.0; Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; LGV

Abbildung 3 Ergebnis der generierten Baufelder mit *Parameterized Region-Growing* (a) sowie Modellierung der Höhenentwicklung (b)

Tabelle 3 Zusammenfassende Darstellung der Merkmale der aus der Landnutzungsoptimierung erzeugten Baufelder

Attributive und geometrische Eigenschaften										Städtebauliche Kennwerte				
ID	Mittelwert ^a	Summe ^a	Median ^a	Max ^a	Min ^a	Kernfläche (m ²)	Kernsumme ^a	Kantenmenge	Größe (m ²)	GRZ	GFZ	Höhe	Geschosse	BGF (m ²)
0	Keine Baufläche													
1	0,48	1.824	0,52	0,64	0,34	3.440	1.672	1,19	3.735	0,6	2,1	14,4	4	7.753
2	0,44	1.487	0,38	0,60	0,28	2.978	1.311	1,49	3.337	0,7	3,0	12,8	6	9.944
3	0,35	1.449	0,34	0,46	0,31	3.835	1.327	1,17	4.160	0,8	2,1	12,6	5	8.606
4	0,55	1.838	0,55	0,56	0,37	3.049	1.674	1,14	3.327	0,7	2,6	15,0	5	8.682
5	0,45	2.264	0,48	0,64	0,31	4.591	2.086	1,21	4.967	0,8	2,0	13,5	4	10.155
6	0,53	1.990	0,46	0,71	0,30	3.301	1.741	1,72	3.714	0,9	2,1	12,4	5	7.659
7	0,58	3.852	0,60	0,66	0,40	6.080	3.550	1,43	6.559	0,8	3,0	17,3	6	19.677
8	0,66	2.209	0,64	0,73	0,51	3.056	2.016	1,13	3.378	0,8	2,8	15,3	5	9.371
9	0,63	3.130	0,63	0,74	0,58	4.586	2.884	1,22	4.897	0,8	1,9	14,5	4	9.226
10	0,59	2.465	0,62	0,74	0,41	3.794	2.240	1,31	4.187	0,7	3,0	18,3	6	12.499
11	0,57	1.917	0,61	0,71	0,40	3.024	1.736	1,22	3.318	0,7	1,8	12,6	5	5.937
12	0,63	2.620	0,62	0,74	0,55	3.820	2.403	1,18	4.139	0,7	2,5	15,2	5	10.180

Anmerkung: Die in der Überschrift mit a markierten Zellen beziehen sich auf die Werte der Fuzzy-Gesamteignung. Die maximal ausnutzbare Bruttogeschossfläche (BGF) ergibt sich aus dem Produkt der Baufeldgröße und der Geschossflächenzahl (GFZ).

4.2 Ergebnisse der (Bau)landnutzungsoptimierung

Auf der Basis dieses lokal erzeugten Eignungsrasters erfolgte die Generierung der Wohnbaufelder auf dem Gelände mit dem Optimierungsalgorithmus *Parameterized Region-Growing*. Das Ergebnis und die dreidimensionale Darstellung der Baufelder in Verbindung mit aus der Umgebung interpolierten städtebaulichen Kennwerten können Abbildung 3 und Tabelle 3 entnommen werden. Um unerwünschte Artefakte in der Geometrie zu entfernen, erfolgte eine Normalisierung der Flächen mittels Glättung und Winkeltreue.

Es entstehen zwölf Baufelder, die sowohl eine ähnliche Gesamtbewertung als auch ähnliche Größen und Formen aufweisen. Die durchsichtig dargestellten Flächen (ID 0) gehören keiner Region bzw. keinem Baufeld an und können beispielsweise zur verkehrlichen Erschließung oder als Freiflächen genutzt werden. Der Median der Eignungsbewertung der Baufelder liegt zwischen 0,34 (Baufeld 3) und 0,64 (Baufeld 8). Die Gesamtsumme der Eignungswerte schwankt zwischen 1.449 (Baufeld 3) und 3.852 (Baufeld 7), was sich unter anderem aus der unterschiedlichen Größe der Baufelder ergibt (0,3 ha bis 0,6 ha). Die Kernsumme³ ist dabei stets niedriger als die Gesamtsumme der Eignungswerte innerhalb der Felder, die Flächen sind also kumulativ geeigneter als ihre Umgebungszellen. Auch die Kantenmenge, die als Verhältnis zwischen Umfang des Baufelds zum Umfang eines Kreises mit derselben Fläche ausgedrückt wird,⁴ ist für alle Baufelder nahe 1, was eine kompakte Form der Bauflächen anzeigt. Es lässt sich daher zunächst ungeachtet planerischer Implikationen resümieren, dass die Generierung von attributiv und räumlich gleichartigen Baufeldern aus den Eignungswerten erwartungsgemäß funktioniert hat.

Die Verschneidung mit den bereits für die Fuzzy-Eignungsbewertung interpolierten Höhe- und städtebaulichen Dichtewerten ermöglicht eine Orientierung an möglichen städtebaulichen Kennwerten, die sich auf den Baufeldern realisieren lassen. Dies erlaubt die differenzierte Höhen- und Dichteentwicklung aus den Daten der Eignungsanalyse (vgl. Tabelle 3).

Die Tabelle 3 zeigt, dass sich für die Baufelder eine Geschossflächenzahl zwischen 1,8 und 3,0 ergibt. Gemäß den

Obergrenzen für die Bestimmung des Maßes der baulichen Nutzung aus § 17 Abs. 1 BauNVO⁵ sind diese GFZ-Werte lediglich für urbane Gebiete, Kerngebiete sowie Gewerbegebiete, Industriegebiete und sonstige Sondergebiete zulässig. Die geplante kleinteilige Nutzungsmischung könnte also beispielsweise über die Gebietskategorie „Urbanes Gebiet“ (§ 6a BauNVO) realisiert werden. Auch andere vorwiegend dem Wohnen dienende Baunutzungskategorien können festgesetzt werden, sofern dies städtebaulich begründet wird und „allgemeine Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse nicht beeinträchtigt werden“ (§ 17 Abs. 2 BauNVO). Dies ist jüngst in anderen Planungsverfahren für Bebauungspläne in der Umgebung mit dem Verweis auf einen zeitgemäßen Städtebau geschehen (z. B. Bebauungsplan Altona-Nord 26). Die Grundflächenzahl der erzeugten Baufelder liegt zwischen 0,6 und 0,9, was ebenfalls aus der dichten Umgebungsbebauung resultiert. Die Höhenentwicklung, die sich an den Höhen der nächstgelegenen Umgebungsbebauung orientiert, liegt zwischen 12,6 und 18,3 Metern. Es kann mit mindestens vier bis sechs Vollgeschossen kalkuliert werden. Über diese Werte kann die maximal realisierbare Bruttogrundfläche (BGF) eingeschätzt werden. Diese beträgt für die Baufelder zwischen 5.937 m² (ID 11) und 19.677 m² (ID 7). Das westlich gelegene neue Stadtquartier Mitte Altona übt dabei Einfluss auf die zunehmenden Dichte- und Höhenentwicklungen aus, weshalb hier wahrscheinlich deutlich mehr Wohneinheiten realisiert werden können als im östlichen Teil. Die dargelegten Annahmen ergeben eine überschlägige Bruttogrundfläche von insgesamt 119.689 m² für die gesamte Quartiersentwicklung.

4.3 Vergleich der Optimierungsergebnisse mit der traditionellen (Ist-)Bauleitplanung

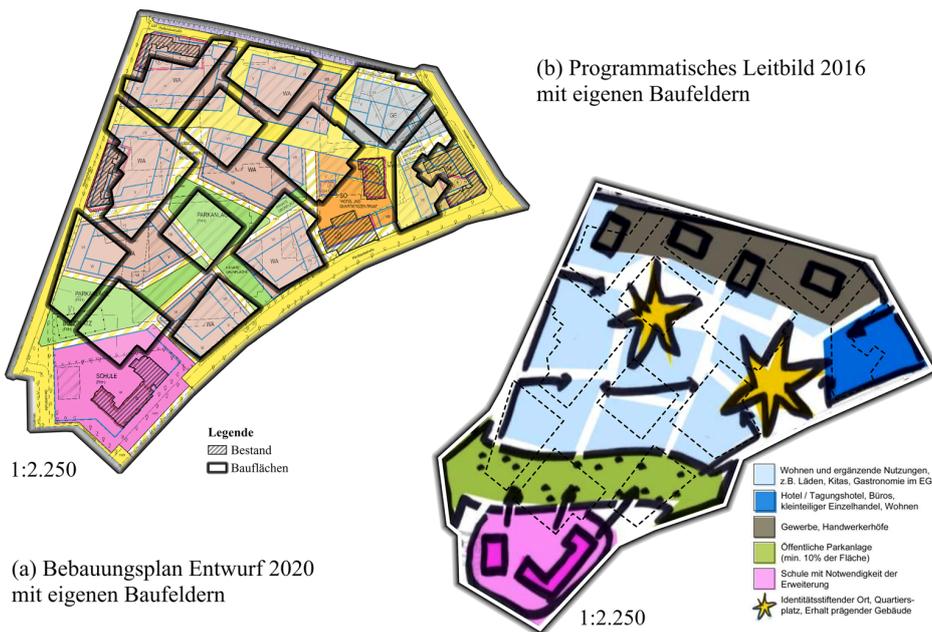
Zur städtebaulichen Einordnung der Ergebnisse erfolgt ein Vergleich mit dem programmatischen Leitbild des Holsten-Areals und dem aktuellen Bebauungsplan mit dem Stand November 2019 (vgl. Abbildung 4). Die vorgeschlagenen Baufelder sind mit 0,3 ha bis 0,6 ha etwa so groß wie die geplanten Flächen, die zwischen 0,3 und 0,7 ha liegen. Insgesamt ergeben die Flächen im Modell 4,9 ha, im Bebauungsplan liegt diese mit ca. 5,4 ha bei nur 10 Baufeldern etwas höher.

Der markanteste Unterschied stellt die Planung der Parkanlagen im künftigen Quartier dar: An den Stellen im (traditionell erstellten) Bebauungsplan, an denen Parkanlagen

³ Als Kerngebiet werden alle Zellen bezeichnet, die sich mehr als eine Zelle vom Rand der Region entfernt befinden. Die Kernsumme ist die Summe der Eignungswerte der Kerngebiete.

⁴ Die kompakteste geometrische Form ist der Kreis, weshalb der Wert immer > 1 ist und theoretisch unendlich sein kann. Hohe Werte weisen auf eine wenig kompakte, kompliziert geschnittene Bauelform hin.

⁵ Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist.



Datenlizenz Deutschland – 3D-Stadtmodell LoD2-DE Hamburg – Version 2.0; Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; LGV Hamburg, Maxar, Microsoft

Abbildung 4 Vergleich des Modellergebnisses mit dem programmatischen Leitbild und dem Bebauungsplan

geplant sind, findet sich im Optimierungsmodell ein Bau-
feld, da hier eine Clusterung von besonders geeignetem
Bauland identifiziert wurde. Die Nähe zu der bestehen-
den Grünfläche im Westen und die relativ dichte Bebau-
ung des angrenzenden Quartiers wirken sich dabei positiv
auf die Bewertung aus. Hieran zeigt sich exemplarisch auch
ein Zielkonflikt städtebaulicher und immobilienwirtschaftlicher
Bewertung, bei dem die Weiterführung des Grünzugs
mit der baulichen Nutzung einer guten Lagebewertung in
Konkurrenz stehen. Die gewachsenen Baufelder im Opti-
mierungsmodell haben die Orientierung um etwa 40 Grad
Richtung Nord-Süd-Achse gedreht. Im Bebauungsplan wird
die Erschließung ebenfalls gedreht, um das Erschließungs-
system an die Umgebungsstraßen anzupassen. Dabei knickt
die Erschließung mittig ab, um die Durchgängigkeit des Ge-
bietes zu gewährleisten, was im Modell nicht gelingt. Der
Ansatz hat insgesamt Verbesserungsbedarf beim Einbezug
von Entwicklungsparametern, die außerhalb der Untersu-
chungsregion das Entwurfsdesign beeinflussen. Dies zeigt
sich insgesamt bei der Verlängerung des Grünzugs aus dem
Quartier Neue Mitte Altona und beim Einbezug der ver-
kehrlichen Erschließung.

Das programmatische Leitbild enthält keine Aussage
(mit Ausnahme von sogenannten identitätsstiftenden Orten)
zum Umgang mit Bestandsgebäuden. Im Optimierungsmodell
wurden diese berücksichtigt und an die Bauflächen
angeschlossen. Ähnlichkeiten mit dem Leitbild bestehen
bei der Platzierung des Quartiersplatzes im Nordosten. Im

Modell besteht eine Freifläche um die Bestandsgebäude im
Nordosten, was mit den Planungen aus dem Leitbild ver-
einbar ist. Der zweite Quartiersplatz hingegen wurde etwas
weiter südwestlich verortet.

Im aktuellen Bebauungsplan ist die Zahl der Geschosse
erwartungsgemäß bereits differenzierter dargestellt. Gene-
rell wurden deutlich höhere Geschossigkeiten geplant als
in der Umgebung. Auf dem Areal sind fünf bis sieben Voll-
geschosse zulässig, einzelne Hochpunkte in Richtung Bahn-
schienen im Norden besitzen sogar acht Vollgeschosse. Von
der geschlossenen, höheren Bebauung wird vermutlich eine
abschirmende Wirkung gegenüber dem Schienenlärm er-
wartet. Dies wird im Modell ähnlich, wenn auch niedrig-
geschossiger vorhergesagt. Lediglich das an der Bahn liegen-
de Bau-
feld ID 3 fällt mit nur vier Vollgeschossen aus dem
Raster, hier verzerrt ein niedriggeschossiges Gebäude die
Interpolation nach unten. Die nördlich und westlich gelege-
nen Flächen haben eine Geschosshöhe von fünf, in Richtung
des im Westen gelegenen neuen Stadtquartiers „Neue Mitte
Altona“ steigt die Geschosshöhe auf sechs. Die Spannweite
ist geringfügig höher als im Bebauungsplan, wo alle Bau-
felder im Mittel bei etwa sechs Vollgeschossen liegen.

Auf Angaben zur Grundflächenzahl und Geschossflä-
chenzahl wurde im traditionellen Planentwurf verzichtet,
vermutlich weil die Baugrenzen ohnehin wenig Spielraum
bei der Ausnutzung der Grundstücksfläche übriglassen.
Dennoch lässt sich zum Vergleich überschlägig ein Wert
für die Baufelder berechnen, indem die Fläche der Baugren-

zen durch die gesamte Fläche des Baufeldes geteilt wird. Die Baufelder mit der Wohnbebauung besitzen eine Grundflächenzahl zwischen 0,5 und 0,6, die Gewerbe-, Misch- und Sondergebiete im Osten der Fläche liegen zwischen 0,7 und 0,9. Im Optimierungsmodell liegt die Grundflächenzahl aufgrund des etwas höheren Maßes der baulichen Nutzung in der Umgebung zwischen 0,6 und 0,8. In dem vom Bebauungsplan als Gewerbe-, Misch- und Sondergebiet festgesetzten Teil liegt diese bei fast 1. Dies kommt der Vorgabe im traditionellen Bebauungsplan schon recht nahe. Für die Durchmischung mit Gewerbeflächen würde auch die beste fußläufige Erreichbarkeit und Sichtbarkeit der Fläche im Eignungsmodell sprechen.

Insgesamt ergibt sich mit 119.689 m² eine geringere Bruttogrundfläche als die in der Planung angepeilten 160.000 m². Dies ist der im Modell kleineren Gesamtfläche der Baufelder, der niedrigen Geschossigkeit und der nicht mit einberechneten Bestandsgebäude geschuldet. Werden diese addiert, erhält man bereits eine Bruttogrundfläche von etwa 145.700 m², was einer Abweichung von noch rund 9 Prozent entspricht. Das Optimierungsmodell unterschätzt dabei die Höhe und überschätzt die Dichte, kann sich aber insgesamt den tatsächlich festgesetzten Werten aus der Flächenplanung annähern. Eine Plausibilisierung der Werte ist in der Entwurfsphase aber immer noch notwendig, allein schon deswegen, weil die städtebaulichen Parameter politisch festgelegt werden und sich daher einer exakten Vorausberechnung entziehen. Das Zusammenspiel der Werte ergibt sich letztlich aus dem finalen städtebaulichen Entwurf. Dennoch können die Modellwerte ebenso wie die verorteten Baufelder als frühzeitige Arbeitsgrundlage beispielsweise für wirtschaftliche Kalkulationen von Ankaufsentscheidungen von Projektentwicklern ebenso wie als Arbeitsgrundlage für den Rahmen- und Gestaltungsplan der kommunalen Bauleitplanung sehr dienlich sein, da sie aus Parametern der Umgebung abgeleitet sind und daher die Eigenart der näheren Umgebung widerspiegeln.

Es ist wichtig die Grenzen des Modells einzuordnen. Das übergeordnete Ziel ist die Entwicklung eines GIS-basierten Ansatzes, um Planerinnen und Planern zu helfen, das flächenbezogene städtebauliche Entwicklungspotenzial besser zu analysieren. Das Modell ist nicht als Substitut für einen städtebaulichen Entwurf zu verstehen. Vielmehr liefert es den kommunalen Städtebauerinnen und Städtebauern ebenso wie den privatwirtschaftlichen Land- und Projektentwicklern effiziente, digitale Unterstützung bei der Bestimmung städtebaulicher Parameter und der Verortung von Gebäuden und Verkehrsflächen zur Orientierung für die weitere Planung. Insofern bildet sich ein Effizienzvorteil im städtebaulichen Prozess durch die Beschleunigung der Verfahren aus. Dies gilt insbesondere nach erstmaliger Modelaufstellung für einen (groß)städtischen Untersuchungsraum

wie Hamburg. Denn auch für andere Areale könnte dasselbe Modell die Entwicklungspotenziale beider Zielgruppen (Kommunen und Entwickler) in Echtzeit aufzeigen. Damit bestehen methodologische Transferpotenziale, die in dem bestehenden Datenmodell für noch nicht beplante Flächen gerade in wachstumsstarken Großstädten und Metropolräumen skaliert angewendet werden können. Zudem hilft es ein tieferes Verständnis für die Fläche im Zusammenhang mit ihrer Umgebung zu erhalten und hierüber frühzeitige Erkenntnis über mögliche Problembereiche sowie Potenziale zu erlangen. Je nach Präferenz der *Stakeholder* ist eine parametrische Anpassung über die Auswahl und Gewichtung der Standortfaktoren möglich, sodass auf dieser Basis auch unterschiedliche Bebauungspräferenzen räumlich simuliert werden können. Transparenzvorteile ergeben sich weiterhin, wenn die Ergebnisse als Grundlage zur Diskussion im Rahmen der Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie Trägern öffentlicher Belange genutzt werden. So lassen sich realistische Planungsoptionen schneller bewerten und fachlich begleiten.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Beitrag zeigt, beispielhaft anhand eines Konversionsareals in Hamburg-Altona, wie das städtebauliche Entwicklungspotenzial einer Fläche digital eingeschätzt und räumlich verortet werden kann. Hierfür werden Bewertungsverfahren aus der GIS-gestützten Landeignungsbewertung und Landnutzungsoptimierung angewandt, die mittels eines Fuzzy-Ansatzes räumliche Schwerpunkte hoher Bebauungseignung identifizieren. Durch die Anwendung des heuristischen Optimierungsalgorithmus *Parameterized Region-Growing* werden diese anhand expliziter räumlicher Kriterien zu einem Verortungsvorschlag für mögliche Baufelder sowohl für die kommunale Bauleitplanung als auch für die privatwirtschaftliche Baulandentwicklung zusammengefasst. Im Gegensatz zur bestehenden Landeignungsbewertung geht diese Methodik weitere Schritte hin zur optimalen räumlichen Aufteilung der knappen urbanen Bodenressourcen.

Insbesondere aus der Perspektive des Vorhabenträgers und der öffentlichen Planungsbehörde bieten sich die Arbeitsprozesse als Anhaltspunkt zur Entscheidungsfindung von wichtigen Parametern in der städtebaulichen Planung an. So können bereits im Rahmen des städtebaulichen Wettbewerbs sehr frühzeitig wichtige Vorgaben für die Masterpläne zur Baulandentwicklung gemacht werden, was gegebenenfalls Anpassungsbedarfe im Laufe des Projektes vermindert. Auch Defizite im Untersuchungsbereich können frühzeitig erkannt und einbezogen werden. Das systematische Vorgehen spielt seine Vorteile ebenfalls bei der Kri-

terien- und Bewertungstransparenz aus und wird in der Konsequenz für die an der Planung beteiligten Projektpartner nachvollziehbar. Letztlich können hierdurch schnellere Entscheidungsfindungen und eine effizientere Durchführung der Bebauungsplanverfahren ermöglicht werden. Da ausschließlich frei verfügbare Geodaten genutzt werden, ergeben sich auch zahlreiche Entwicklungs- und Anpassungspotenziale für die diversen *Stakeholder* der städtebaulichen Projektentwicklung (z. B. Projektentwickler oder private Planungsbüros). Auch lassen sich Kosten und Erlöse der Bauflächen für die Ankaufsentscheidungen ableiten.

Bei der Anwendung auf dem Holsten-Areal zeigte sich, dass attributiv gleichartige, kompakte Baufelder aus den Eignungswerten generiert werden können. Die räumliche Verortung der bewerteten Flächen ist also aus technischer Sicht gelungen. Im Vergleich mit den existierenden planerischen Werken des Leitbilds und dem Entwurf des Bebauungsplanes zeigten sich sowohl Unterschiede als auch Gemeinsamkeiten. Zunächst hatten die Baufelder im Vergleich mit den tatsächlichen Planwerken in etwa die gleiche Größe. Das Modell und die tatsächliche Planung unterscheiden sich aber im Hinblick auf die Verortung der Flächen. So wurde beispielsweise im Leitbild der öffentliche Park an Stellen verortet, wo bei der Eignungsbewertung das größte Potenzial für die Bebauung gesehen wird. Anhand der verkehrlichen Erschließung zeigte sich, dass Revisionsbedarf beim Einbezug der Bestandssituation außerhalb der Fläche besteht. Das Modell berücksichtigt beispielsweise nicht den Anschluss an Bestandsstraßen oder Grünanlagen in der Umgebung. Um dieses Problem zu vermindern, können in Zukunft freizuhaltende Flächen (Bindungen) als Bestandsregionen festgelegt werden. Die Verortung von Flächentypen und die Näherung an städtebauliche Kennwerte wie etwa die als Gewerbe- und Mischgebiet festgesetzten Gebiete ist hingegen annähernd kongruent zur Planung. Obwohl das Modell die Höhenentwicklung unterschätzt und die Dichte überschätzt, liefert es geeignete Grundlagen zur städtebaulichen Kalkulation der realisierbaren Gesamtfläche auf dem Areal.

Somit führt das dargelegte Verfahren zu aufschlussreichen Ergebnissen, dem Ansatz sind jedoch auch praktische Grenzen gesetzt. Neben der bereits erwähnten teilweisen Inkonsistenz bei der Platzierung von freien Flächen ist der Arbeitseinsatz kritisch zu betrachten, der für eine sorgfältige und umfangreiche Datenstruktur und die Ableitung von Ergebnissen für das Eignungsmodell erforderlich ist. Bei häufiger Verwendung lässt sich dies jedoch skalieren. Bei inkrementellen Anpassungen bleibt die Methode aber unflexibel, da die Berechnungszeit für die Optimierung zwischen mehreren Minuten bis mehrere Stunden beträgt. Ein besonderes Augenmerk sollte zudem auf der Wahl der Datengrundlage zur Einschätzung der Kennwerte liegen. Wie sich

auch bei der Untersuchung zeigte, kann sich die Interpolation städtebaulicher Parameter aus der Umgebungsbebauung je nach Einbezug unterschiedlicher Gebäude ändern. Diese sollte also zunächst nur als Orientierung für die weitere städtebauliche Planung genutzt und nicht als belastbare Entscheidungsgrundlage gesehen werden.

Schließlich sollte die Auswahl der Indikatoren für die Eignungsbewertung zukünftig differenziert nach weiteren Nutzungstypen erfolgen, sodass eine explizite Empfehlung zur Nutzung auf der Fläche abgeleitet werden kann. So kann in einem weiteren Schritt ein optimaler Nutzungsmix auf der Fläche gemäß der Eignung kalkuliert werden. Hierfür sind jedoch entsprechende weitere Zielindikatoren für die Standortpräferenzen anderer Nutzungsarten zu ermitteln. Durch den Einbezug einer zielgruppenorientierten Marktanalyse lässt sich der Ansatz weiterhin um Parameter erweitern, die nicht rein städtebaulichen/stadtplanerischen Motiven entsprechen. Weiterhin können durch die Auswahl neuer Kriterien weitere Planungsvarianten geschaffen werden, welche gegebenenfalls die Präferenz anderer *Stakeholder* (z. B. Anwohnerinnen/Anwohner) besser widerspiegeln.

Literatur

- Abart-Heriszt, L. (1999): GIS-Modell zur landesweiten Beurteilung der Standorteignung für Industrie und Gewerbe in der Steiermark. In: Strobl, J.; Blaschke, T. (Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung – Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg IX*. Salzburg, 1–10.
- Alda, W.; Hirschner, J. (2016): *Projektentwicklung in der Immobilienwirtschaft. Grundlagen für die Praxis*. Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13930-8>
- Brookes, C. J. (1997a): A genetic algorithm for locating optimal sites on raster suitability maps. In: *Transactions in GIS* 2, 3, 201–212. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.1997.tb00011.x>
- Brookes, C. J. (1997b): A parameterized region-growing programme for site allocation on raster suitability maps. In: *International Journal of Geographical Information Science* 11, 4, 375–396. <https://doi.org/10.1080/136588197242329>
- Brookes, C. J. (1998): *A genetic algorithm for designing optimal patch configurations in GIS*. Dissertation am University College London.
- Cao, K.; Huang, B. (2019): Spatial optimization for land use planning: Opportunities and challenges. In: *Transactions in GIS* 23, 4, 641–644. <https://doi.org/10.1111/tgis.12573>
- Cao, K.; Huang, B.; Wang, S.; Lin, H. (2012): Sustainable land use optimization using Boundary-based Fast Genetic Algorithm. In: *Computers, Environment and Ur-*

- ban Systems 36, 3, 257–269. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2011.08.001>
- Caprioli, C.; Bottero, M. (2020): Addressing complex challenges in transformations and planning: A fuzzy spatial multicriteria analysis for identifying suitable locations for urban infrastructures. In: *Land Use Policy*, 102, 105147. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105147>
- Cardone, B.; Di Martino, F. (2021): GIS-based hierarchical fuzzy multicriteria decision-making method for urban planning. In: *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 12, 1, 601–615. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02043-6>
- Chaidee, S.; Pakawanwong, P.; Suppakitpaisarn, V.; Teerasawat, P. (2017): Interactive land-use optimization using Laguerre Voronoi Diagram with Dynamic Generating Point Allocation. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-2/W7*, 1091–1098. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-1091-2017>
- Chandramouli, M.; Huang, B.; Xue, L. (2009): Spatial change optimization: Integrating GA with visualization for 3D scenario generation. In: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 75, 8, 1015–1022.
- Chen, S.-J.; Hwang, F. P.; Hwang, C.-L. (1992): Fuzzy multiple attribute decision making. *Methods and applications*. Berlin.
- Church, R.L.; Gerrard, R. A.; Gilpin, M.; Stine, P. (2003): Constructing Cell-Based Habitat Patches Useful in Conservation Planning. In: *Annals of the Association of American Geographers* 93, 4, 814–827. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2003.09304003.x>
- Destatis (2021): Bevölkerung und Demografie. Auszug aus dem Datenreport 2021. Wiesbaden.
- Dewberry, S. O. (2019): *Land development handbook. A practical guide to planning, engineering, and surveying*. New York.
- Dickinson, D.; Shahab, S. (2021): Post planning-decision process: Ensuring the delivery of high-quality developments in Cardiff. In: *Land Use Policy* 100, 105114. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105114>
- Dueker, K. J.; Delacy, P. B (1990): GIS in the land development planning process. Balancing the needs of land use planners and real estate developers. In: *Journal of the American Planning Association* 56, 4, 483–491. <https://doi.org/10.1080/01944369008975451>
- Eastman, J. R.; Jin, W.; Kyem, P.; Toledano, J. (1995): Raster procedure for multi-criteria/multi-objective decisions. In: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 61, 5, 539–547.
- Fina, S.; Henger, R.; Siedentop, S. (2020): Erfolgreiche Wege für mehr Wohnungsbau. Eine Analyse der Mobilisierung von Baulandpotenzialen in NRW. Köln. = IW-Report 41/2020.
- Guhl, P. (2018): Die Entwicklung neuer Stadtquartiere aus städtebaulicher Sicht. Analyse der Projekte seit 1990. Essen. = *Dortmunder Beiträge zur Raumplanung* 148.
- Isenhöfer, B.; Väth, A.; Hofmann, P. (2008): Immobilienanalyse. In: Schulte, K.-W. (Hrsg.): *Immobilienökonomie. Band 1: Betriebswirtschaftliche Grundlagen*. München, 391–451.
- Johnson, D. E. (2008): *Fundamentals of land development. A real world guide to profitable large-scale development*. Hoboken.
- Juszczak, A.; Reith, H. (2020): Mehr Wohnbauland am Rhein. Eine GIS-gestützte Flächenanalyse als Grundlage für die Regionalplanung. In: *Informationen zur Raumentwicklung* 47, 3, 56–65.
- Kaufman, L.; Rousseeuw, P.J. (2005): *Finding groups in data. An introduction to cluster analysis*. Hoboken. <https://doi.org/10.1002/9780470316801>
- Köster, C. (2006): *Städtebauliche Qualitätssicherung bei der Entwicklung neuer Stadtquartiere. Zur Zusammenarbeit öffentlicher und privater Partner*. Münster.
- Krivoruchko, K.; Gribov, A.; Krause, E. (2011): Multivariate Areal Interpolation for Continuous and Count Data. In: *Procedia Environmental Sciences* 3, 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.02.004>
- LBS – Westdeutsche Landesbausparkasse (2017): *Wohnwünsche 2017*. Münster.
- Leitstelle XPlanung/XBau (2020): *Handreichung XPlanung-XBau*. Hamburg.
- Ma, C.; Zhou, M. (2018): A GIS-Based Interval Fuzzy Linear Programming for Optimal Land Resource Allocation at a City Scale. In: *Social Indicators Research* 135, 1, 143–166. <https://doi.org/10.1007/s11205-016-1476-1>
- Malczewski, J.; Jankowski, P. (2020): Emerging trends and research frontiers in spatial multicriteria analysis. In: *International Journal of Geographical Information Science* 34, 7, 1257–1282. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1712403>
- Malczewski, J.; Rinner, C. (2015): *Multicriteria decision analysis in geographic information science*. New York.
- Mantelas, L.; Prastacos, P.; Hatzichristos, T.; Koutsopoulos, K. (2012): Using fuzzy cellular automata to access and simulate urban growth. In: *GeoJournal* 77, 1, 13–28. <https://doi.org/10.1007/s10708-010-9372-8>
- Morio, M.; Schädler, S.; Finkel, M. (2013): Applying a multi-criteria genetic algorithm framework for brownfield reuse optimization: Improving redevelopment options based on stakeholder preferences. In: *Journal of Environmental Management* 130, 331–346. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.09.002>
- Mrosek, H.F. (2012): *Städtebauliche Projektentwicklung*

- durch private Immobilienunternehmen. Essen. = Dortmunder Beiträge zur Raumplanung 140.
- Müller, K.; Weber, K. (2002): Städtebauliche Projektentwicklung. Optimierung der Wirtschaftlichkeit durch Methoden der Immobilienökonomie. Regensburg. = Volkswirtschaftliche Schriften 24.
- Nadler, M.; Spieß, F.; Müller, G. (2018): Landeignungsprüfung in prosperierenden Großstädten. Ein GIS-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem für Unternehmensimmobilienentwicklungen in der Stadt Düsseldorf. In: *Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning* 76, 5, 437–460. <https://doi.org/10.1007/s13147-018-0545-0>
- Natividade-Jesus, E.; Coutinho-Rodrigues, J.; Henggeler Antunes, C. (2007): A multicriteria decision support system for housing evaluation. In: *Decision Support Systems* 43, 3, 779–790. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2006.03.014>
- Nguyen, X. L.; Chou, T. Y.; Fang, Y. M.; Lin, F. C.; Hoang, V. T.; Huang, Y. M. (2017): Combination of Geographic Information System, Fuzzy Set Theory And Analytic Hierarchy Process For Rationality Assessment Of Planned Industrial Zones: A Case Study In Vietnam. In: *International Refereed Journal of Engineering and Science* 6, 3, 72–79.
- Nissen, V. (2007): *Ausgewählte Grundlagen der Fuzzy Set Theorie*. Ilmenau. = *Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik* 2007-03.
- Peiser, R.; Hamilton, D. (2012): *Professional Real Estate Development. The ULI Guide to the Business*. Washington DC.
- Rezayan, H.; Najian, A. H. (2008): Land use allocation optimization using advanced geographic information analyses. In: *World Applied Sciences Journal* 3, S1, 136–142.
- Schütz, E.; Feldmann, P. (2008): Quartiersentwicklung am Beispiel des Arnulfparks in München. In: Schulte, K.-W.; Bone-Winkel, S. (Hrsg.): *Handbuch Immobilien-Projektentwicklung*. Köln, 843–868.
- Stewart, T. J.; Janssen, R.; van Herwijnen, M. (2004): A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning. In: *Computers and Operations Research* 31, 14, 2293–2313. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(03\)00188-6](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(03)00188-6)
- Suppakitpaisarn, V.; Ariyarat, A.; Chaidee, S. (2021): A Voronoi-based method for land-use optimization using semidefinite programming and gradient descent algorithm. In: *International Journal of Geographical Information Science* 35, 5, 999–1031. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1841203>
- Ustaoglu, E.; Aydinoglu, A. C. (2019): Land suitability assessment of green infrastructure development: A case study of Pendik district (Turkey). In: *Journal of Land Use, Mobility and Environment* 12, 2, 165–178. <https://doi.org/10.6092/1970-9870/6118>
- Ustaoglu, E.; Aydinoglu, A. C. (2020): Suitability evaluation of urban construction land in Pendik district of Istanbul, Turkey. In: *Land Use Policy* 99, 104783. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104783>
- Vanegas, P.; Cattrysse, D.; van Orshoven, J. (2008): Comparing exact and heuristic methods for site location based on multiple attributes. An afforestation application. In: Gervasi, O.; Murgante, B.; Laganà, A.; Taniar, D.; Mun, Y.; Gavrilova, M. L. (Hrsg.): *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2008*. Berlin, 389–404.
- Wieland, A. (2014): *Projektentwicklung nutzungsgemischter Quartiere. Analyse zur Generierung von Erfolgsfaktoren*. Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-06903-2>
- Wilson, M. W. (2020): GIS: A method and practice. In: Ward, K. (Hrsg.): *Researching the city. A guide for students*. Los Angeles, 125–144.
- Zhao, Y.; Zhang, Y.; Murayama, Y. (2011): Field-based fuzzy spatial reasoning model for constraint satisfaction problem. In: Murayama, Y.; Thapa, R. B. (Hrsg.): *Spatial Analysis and Modeling in Geographical Transformation Process. GIS-based Applications*. Dordrecht, 29–44. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0671-2_2

Artikel 2: Eckdaten und Autorenbeiträge

Referenz	Naumann, L. L. und Nadler, M. (2023). Erfolgsfaktoren und Quartierszufriedenheit in neuen Stadtquartieren – Eine geodatenbasierte Untersuchung in Düsseldorf. <i>Zeitschrift für Immobilienökonomie</i> , 9(2):139–176. doi: 10.1365/s41056-023-00068-4
Beiträge	L.N.: Literaturlauswertung, methodisches Design, Beschaffung und Aufbereitung notwendiger (Geo-)Daten, Kartierung und Analyse, Visualisierung der Ergebnisse, vollständige Erarbeitung des Manuskripts; M.N.: Substanzielle Hinweise zum Manuskript, Konzeptualisierung;
Historie	Eingereicht: 29 April 2023 Akzeptiert: 20 September 2023 Veröffentlicht: 20 November 2023

Unterschriften:

Lion Lukas Naumann

Datum

Michael Nadler

Datum



Erfolgsfaktoren und Quartierszufriedenheit in neuen Stadtquartieren – Eine geodatenbasierte Untersuchung in Düsseldorf

Eine Analyse des Einflusses städtebaulicher Faktoren auf die Quartierszufriedenheit in fünf neuen Stadtquartieren

Lion Lukas Naumann  · Michael Nadler

Eingegangen: 29. April 2023 / Überarbeitet: 24. September 2023 / Angenommen: 28. September 2023
© The Author(s) 2023

Zusammenfassung Die Quartiersentwicklung in deutschen Großstädten steht vor wachsenden Anforderungen an Nachhaltigkeit, Smart Cities, gemeinwohlorientierte Stadtentwicklung und den akuten Wohnraummangel. Insbesondere der Neubau neuer Stadtquartiere steht dabei im Fokus, um diesen Herausforderungen gerecht zu werden. Dieser Artikel präsentiert eine empirische Untersuchung von fünf bedeutenden Quartiersprojekten in Düsseldorf, um die Erfüllung der vorgegebenen Kriterien für Nachhaltigkeit und Stadtentwicklung zu bewerten und Auswirkungen auf die Quartierszufriedenheit der Bewohner:innen zu analysieren. Dabei wurden mittels umfangreicher Datenanalysen und einer repräsentativen Haushaltsbefragung sowohl quantifizierbare städtebauliche Merkmale der städtischen Gestaltung als auch individuelle Wahrnehmungen der betroffenen Bevölkerung analysiert, um ein umfassendes Verständnis von erfolgreichen Quartiersentwicklungen zu erlangen. Zur statistischen Einordnung und Bewertung der Quartiere sowie zur Identifizierung von Zufriedenheitsfaktoren wurde eine Hauptkomponentenregression angewendet. Sowohl in der Datenanalyse als auch in der Wahrnehmung der Haushalte schnitten die Quartiere insgesamt außerordentlich gut ab, obwohl in Bereichen wie der sozialen Durchmischung, den Gebäudedichten und -strukturen Verbesserungspotenzial identifiziert wurde. Die Ergebnisse dieser Studie liefern wertvolle Erkenntnisse für Akteure in der Stadtplanung und immobilienwirtschaftlichen Projektentwicklung. Sie verdeutlichen auch, dass sowohl spezifische urbane Elemente als auch individuelle Wohnmerkmale wie z. B. Wohnungsgrößen ebenfalls maßgeblich für die Quartierszufriedenheit sind. Die Erkenntnisse ermöglichen eine Optimierung städtebaulicher Vorhaben und eine gezielte Ressourcenallokation auf wichtige städtebauliche Qualitätsmerkmale in der Quartiersentwicklung.

✉ Lion Lukas Naumann · Michael Nadler
Lehrstuhl Immobilienentwicklung, TU Dortmund, Dortmund, Deutschland
E-Mail: lukas.naumann@tu-dortmund.de

Schlüsselwörter Quartiersentwicklung · Geodatenanalysen · Quartierszufriedenheiten · Neue Stadtquartiere · Stadtplanerische Qualitäten

Success factors and neighborhood satisfaction in new urban neighborhoods—a geodata-based examination in Düsseldorf

An analysis of the influence of urban planning factors on neighborhood satisfaction in five new urban neighborhoods

Abstract District development in German metropolises is facing increasing demands in terms of sustainability, Smart Cities, public welfare-oriented urban development, and the acute shortage of housing. In particular, the construction of new urban districts is in focus in order to meet these challenges. This article presents an empirical investigation of five new urban neighborhoods in Düsseldorf, aiming to evaluate their compliance with these set requirements and to analyze the effects on residents' district satisfaction. This was done using extensive data analyses and a representative household survey to assess both objective aspects of urban design and individual perceptions of the affected population, in order to gain a comprehensive understanding of successful district developments. A principal component regression was used for the statistical classification and evaluation of the districts, as well as for the identification of satisfaction factors. Both in the data analysis and in the perception of the households, the districts scored exceptionally well overall, although potential for improvement was identified in areas such as social mixing, building densities, and structures. The results of this study provide valuable insights for stakeholders in urban planning and real estate project development. They also clarify that individual urban factors as well as individual factors at the housing level are also significantly important for district satisfaction. The insights enable the optimization of urban planning projects and targeted resource allocation to important urban quality features in district development.

Keywords New Urban Neighborhoods · Geospatial data analysis · Residential satisfaction · Urban Design Qualities

1 Problemstellung

In den letzten Jahren besteht in Deutschlands wachstumsstarken Regionen nach wie vor ein erheblicher Mangel an Wohnraum, was zu sozialen Herausforderungen aufgrund hoher Nachfrage und steigender Preise führt. Um diesem Problem entgegenzuwirken, setzen Entscheidungsträger vermehrt auf Großprojekte wie neue Stadtquartiere, insbesondere in attraktiven und wirtschaftlich starken Städten wie Köln und Düsseldorf. Diese Quartiere sollen nicht nur Wohnraum bieten, sondern auch Unternehmen, Arbeitsplätze sowie Einrichtungen für Dienstleistungen, Handel, Kultur und Freizeit integrieren. Die Entwicklung solcher Quartiere zielt darauf ab, den Wohnraumdruck zu lindern und gleichzeitig den Anforderungen an zukunftsfähige urbane Räume gerecht zu werden.

Aufgrund öffentlicher Diskussionen und politischer Vorgaben sind die Anforderungen an Stadtquartiersentwicklungen in den letzten Jahren jedoch erheblich gestiegen (Schmitz 2021). Die Qualitätsvorgaben umfassen mittlerweile nicht nur Gestaltung und Architektur, sondern auch einen ganzheitlichen Ansatz für eine nachhaltige Stadt- und Quartiersentwicklung. Dabei werden z. B. Mobilitätskonzepte, Nutzungsmischung und Nachhaltigkeitsanforderungen berücksichtigt. So zeichnet beispielsweise die „Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen“ bereits seit 2011 zukunftsorientierte Quartiersentwicklungen mit einem Nachhaltigkeitszertifikat aus. Obwohl in der Stadtplanung und Immobilienwirtschaft inzwischen ein einheitlicher Konsens über die strukturellen Merkmale einer nachhaltigen städtischen Entwicklung besteht, wie beispielsweise in der Leipzig-Charta festgehalten ist (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat 2020), werden diese Ziele von den Bewohner:innen aber nicht immer geteilt (Kytä et al. 2013). Ein anschauliches Beispiel hierfür ist die öffentliche Wahrnehmung von unästhetischen und monotonen Quartieren, wie von der Bundesstiftung Baukultur im Baukulturbericht betont (Nagel und Rukschcio 2020). Stadtplaner:innen und Projektentwickler:innen müssen daher die städtebauliche Qualität für künftige Bewohner:innen, Nutzer:innen, Investor:innen und Vermieter:innen gleichermaßen im Blick behalten, ohne ihre Bedürfnisse ab Anfang der Projekte im Detail zu kennen. Während letztere unmittelbar Einfluss auf die Konzeption nehmen, kennen Planer:innen und Projektentwickler:innen jedoch selten die Bedürfnisse ihrer künftigen Bewohner:innen oder versuchen diese zu evaluieren (Mayer et al. 2011). Lernprozesse aus vorangegangenen Entwicklungen erfordern gezielten Erfahrungsaustausch und Evaluationsprozesse bei der Planung von Quartiersprojekten, um städtebauliche Qualitäten zu optimieren (Freudenau et al. 2021; Spars und Guhl 2021).

Während allgemein bei der Erfassung von Wohnzufriedenheiten bereits viele Wirkungszusammenhänge erforscht wurden, stand die Wahrnehmung städtebaulicher Qualitäten durch die Bewohner:innen neuer Stadtquartiere selten im Fokus empirischer Forschung (Lau und Hashim 2010; Preda et al. 2022). Die Übertragung von Forschungsergebnissen aus Bestandsquartieren ist aufgrund der Besonderheiten neuer Stadtquartiere oft nicht möglich, da es an organisch gewachsenen sozialen und wirtschaftlichen Strukturen fehlt und die Gestaltung der öffentlichen Räume von Grund auf neu konzipiert werden muss.

Im Kontext erhöhter Qualitätsanforderungen und steigenden Wohnungsdrucks stellt sich die Frage, inwiefern neue Stadtquartiere sowohl den städtebaulichen Anforderungen gerecht werden als auch die Wohnbedürfnisse der Haushalte erfüllen. Insbesondere die Bedürfnisse der Haushalte haben bisher in der Planung oft zu wenig Beachtung gefunden. Das Forschungsziel des Beitrags ist daher die Identifikation der für die Haushalte relevanten städtebaulichen Entwicklungsmerkmale neuer Stadtquartiere, welche ebenso für die Projekt- und Quartiersentwicklung bedeutsam sind. Ein zentraler Aspekt dieses Ziels besteht darin, durch die Kombination von tieferen Einblicken in die Wohnpräferenzen der Haushalte und fortgeschrittenen Analysemethoden Gemeinsamkeiten und Divergenzen zu erfassen, die Rückschlüsse über Priorisierungsfaktoren bei der Planung der Quartiere zulassen. Anhand von fünf bedeutenden Quartiersentwicklungen in Düsseldorf wird untersucht, inwieweit städtebauliche Merkmale Einfluss auf die subjektiv empfundene Zufriedenheit der

Bewohner:innen nehmen. Dabei werden übliche städtebauliche Indikatoren (z. B. Dichte, Freiraumqualität und Quantität, Nutzungsmischung) im Hinblick auf den Einfluss auf die Zufriedenheit der Bewohner:innen mit dem Quartier kritisch hinterfragt. Das Verständnis der Zusammenhänge zwischen den Leitbildern der Planung und der Zufriedenheit in den Quartieren bietet die Möglichkeit, die Lebens- und Umweltqualität in Kommunen langfristig zu verbessern. Darüber hinaus hilft es dabei, Entwurfsprinzipien und Entscheidungsprozesse stärker an der realen Lebenswelt der Bürger auszurichten. Zunehmend werden in großen Stadtentwicklungsmaßnahmen oder Wettbewerbsverfahren umfangreiche Beteiligungsverfahren eingesetzt, die versuchen, nicht nur die umliegende Bevölkerung, sondern auch zukünftige Bewohner:innen einzubeziehen. Diese Ansätze werden ständig weiterentwickelt und qualifiziert. Dennoch werden in nur wenigen Studien gemischte Methodenansätze zum Einbezug der menschlichen Wahrnehmung genutzt (Howe 2021). Ein Forschungsansatz, der eine public participation GIS (PPGIS)-basierte Haushaltsbefragung mit einer quantitativ geodatengestützten Indikatoren-Analyse verknüpft, ermöglicht die Verbindung von Wohnpräferenzen und Analysemethoden, um Prioritäten bei der Planung neuer Quartiere zu identifizieren. Diese Methodik könnte auch als Hilfsmittel in Beteiligungsverfahren genutzt werden. Sie beinhalten u. A. 3D-Volumenberechnungen der Gebäudekörper oder Erreichbarkeitsmodellierungen, die weitestgehend auf der Nutzung diverser Open-Data Quellen basieren. So können durch die Kombination von tieferen Einblicken in die Wohnpräferenzen der Haushalte und fortgeschrittenen Analysemethoden Gemeinsamkeiten und Divergenzen erfasst werden, die Rückschlüsse über Priorisierungsfaktoren bei der Planung der Quartiere zulassen.

In Abschn. 2 wird ein Überblick über die normativen Erfolgsfaktoren bei der Quartiersentwicklung aus der aktuellen Forschungsliteratur abgeleitet. Abschn. 3 gibt einen Überblick über bisherige geopartizipative Forschungen zur Erfassung von Quartierszufriedenheit und stellt das empirische Untersuchungsdesign des Artikels vor. Abschn. 4 stellt die Untersuchungsergebnisse dar, indem zunächst die relevantesten Ergebnisse der empirischen Quartiersanalyse dargestellt werden, um anschließend Faktoren für die Zufriedenheit mit dem Quartier zu identifizieren. Der Beitrag schließt mit einer Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf den Forschungsstand sowie praktische Implikationen und einer kritischen Reflektion offengebliebener Fragestellungen.

2 Normative Bausteine für erfolgreiche Stadtquartiersentwicklungen

Der Forschungsgegenstand der neuen Stadtquartiere ist vor dem Hintergrund angespannter Wohnungsmärkte in den Ballungsräumen Deutschlands jüngst wieder vermehrt in den städtebaulichen Diskurs gerückt. Große, städtebaulich relevante Areale wie neue Quartiere bieten Potenziale zur Bedienung der Flächennachfrage. Die städtebaulichen Vorhaben eröffnen zudem die Gelegenheit zur Gestaltung der Städte nach aktuellen gesellschaftlichen Ansprüchen und Erfordernissen. Gleichzeitig werden seitens städtischer Akteure weitere Vorteile wie Image- und Wirtschaftsförderung (Arbeitsplätze, Innovationskraft) und ggf. städtische Einnahmen wie Grund-

und Gewerbesteuern durch die Entwicklung der Potenzialflächen verbunden (Freudenau et al. 2021).

Auch das Forschungsinteresse an den städtebaulichen Implikationen und Wirkungen neuer Quartiere ist demzufolge wieder gestiegen. Die Merkmale jüngster Quartiersentwicklungen zeichnen ein städtebaulich vielfältiges Bild. Dies zeigen Auswertungen einer bereits seit 2004 bestehenden Datenbank des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) neuer Stadtquartiere, in der diverse Informationen zu städtebaulichen Merkmalen gesammelt werden (Breuer und Schmell 2007, 2012, 2015; Freudenau et al. 2021). Das BBSR definiert dabei neue Stadtquartiere als Gebiete mit einer einheitlichen städtebaulichen Konzeption, einer Größe von mehr als zehn ha und/oder 500 neu geschaffenen Wohnungen. Weiterhin wird eine Wohnnutzung vorausgesetzt. Sie betonen die überregionale Bedeutung dieser Quartiere, die aufgrund ihrer Größe und Funktion entsteht. Analoge Begriffsabgrenzungen finden sich auch bei Mrosek (2012), Guhl (2018) sowie Spars und Guhl (2021).

In der Quartiersforschung besteht jedoch kein einheitliches Verständnis des Begriffs Quartier, dieser kann aber abstrakt als räumlicher Teil im Gesamtzusammenhang des Städtischen zusammengefasst werden, der sich durch seine Strukturmerkmale von der Umgebung unterscheidet, sowohl subjektiv von den Bewohner:innen empfunden als auch von außen betrachtet (Bott et al. 2018). Auseinandersetzungen mit dem Forschungsgegenstand der Quartiersentwicklung sind von Interdisziplinarität geprägt, oftmals an der Schnittstelle zwischen Humangeografie und Soziologie oder Architektur bzw. Stadtplanung und Ökonomie (Guhl 2018). Dementsprechend sind auch verschiedene Begriffsdefinitionen und Ausdrücke geläufig, es handelt sich teilweise um den Versuch, die englischen Wörter „neighbourhood“ oder „community“ in die deutsche Sprache zu transferieren (Schnur 2013). Die unterschiedlichen Erscheinungsformen grenzen sich dabei selten systematisch voneinander ab. Die Umgrenzung des Quartiersbegriffs bewegt sich im Spannungsfeld der Dualität zwischen städtebaulich-physischer und sozio-ökonomischer Abgrenzung (Bott et al. 2018; Heyder et al. 2012). In letzterer ist die Frage des Maßstabs oft nicht eindeutig bestimmbar, es handelt sich um individuelle Aktionsräume von Bewohner:innen, in denen primär die soziale Reproduktion stattfindet (Friedmann 2010; Schnur 2014). Die städtebaulich-physische Abgrenzung, die auch dieser Untersuchung zugrunde liegt, fokussiert spezifische Aspekte der Baustruktur wie z. B. Gebäude und öffentliche wie private Stadträume (Bott et al. 2018).

Feldmann (2009) definiert in seiner Arbeit zur strategischen Entwicklung neuer Stadtquartiere hierzu eine positivistische Definition anhand einer Reihe von Merkmalen, die sich in großen Teilen mit gängigen Charakteristika der städtebaulich-physischen Abgrenzung von Quartieren im Allgemeinen übereinstimmt (vgl. Tab. 1):

- Kernstadtnaher Bereich
- Vielfalt an Nutzungen
- Hohe Bebauungsdichte
- Einzigartiges Erscheinungsbild
- Funktionierende Nahversorgung
- Öffentliche Bezugs-/Orientierungspunkte

Tab. 1 Zusammenfassung der Quellen zu Erfolgsfaktoren für die Stadtquartiersentwicklung. (Eigene Darstellung)

Quelle	Kernthemen ausgewählter Quellen bezüglich der Erfolgsfaktoren der Stadtquartiersentwicklung										
	Verknüpfung und Lokalität	Versorgungsinfrastruktur	Öffentliche (Frei-)Räume	Mobilität	Soziale Vielfalt	Nutzungsmischung	Aufenthaltsqualität	Bauliche Dichte	Zivile Partizipation	Erscheinungsbild	
Anders (2018)	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	
Breuer (2013)	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	
Dziomba (2009)	-	-	-	-	✓	✓	-	✓	✓	-	
Feldmann (2009)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	
Freudenau et al. (2021)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	
Faller et al. (2018)	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	
Guhl (2018)	✓	-	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	
Hunger et al. (2017)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	
Mayer et al. (2011)	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	✓	
Reicher (2017)	✓	-	✓	-	-	✓	✓	✓	-	✓	
Syms und Clarke (2011)	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓	✓	
Wieland (2014)	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	
Willinger (2012)	✓	✓	-	-	✓	-	✓	-	✓	-	

Die Tabelle bietet eine Übersicht über die Erfolgsfaktoren der Stadtquartiersentwicklung aus verschiedenen Quellen. Sie zeigt, dass Aspekte wie Versorgungsinfrastruktur, öffentliche Freiräume, Mobilität, soziale Vielfalt, Nutzungsmischung, Aufenthaltsqualität, bauliche Dichte und das Erscheinungsbild sowie die Verknüpfung und Lokalität regelmäßig als Schlüsselfaktoren für erfolgreiche Stadtquartiersentwicklung in den ausgewählten Studien genannt werden.

- Gute Verbindung zum Rest der Stadt
- Direkter Lebensraum, fußläufig erreichbar
- Einheitliche und positive Identität
- Ausgewogene soziale Struktur
- Hohe soziale Interaktion zwischen Bewohner:innen

Auch wenn der Nachbarschaftsbegriff nicht explizit genannt wird, ist er durch Aspekte wie hohe soziale Interaktion und ausgewogene soziale Struktur implizit enthalten. Feldmanns Verständnis des neuen Stadtquartiers beruht auf einer formulierten strategischen Zielvorstellung eines nutzungsgemischten Stadtquartiers, die als Teil des gemeinwohlorientierten, integrierten und nachhaltigen städtebaulichen Leitbildes zu verstehen ist (Feldmann 2009; Guhl 2018). Es wurde wesentlich durch die Leipzig-Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt geprägt, die 2007 von den damals 27 in der EU für Stadtentwicklung zuständigen Ministern unterzeichnet wurde und 2020 noch einmal aktualisiert wurde. Sie enthält Grundsätze der integrierten Stadtentwicklungsplanung, die sich an den Zielen der Nachhaltigkeit orientiert, bürgerorientiert und fachübergreifend konzipiert ist (Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat 2020) und daher einen wesentlichen Erfolgsrahmen für Quartiersentwicklungen darstellt.

Die im stadtplanerischen Kontext teilweise postulierten und oftmals als objektiv dargestellten Erfolgskriterien sind allein aufgrund der vielfältigen und subjektiven Blickwinkel unterschiedlicher Akteure heterogen (Wieland 2014). Sie müssen weiterhin für eine, aus städtebaulicher Sicht, erfolgreiche Quartiersentwicklung operationalisiert werden und sind nicht immer generalisierbar. Tab. 1 zeigt in diesem Zusammenhang einen synoptischen Überblick planungswissenschaftlicher Empfehlungen für erfolgreiche Quartiersentwicklung. Diese sind nicht abschließend, sondern vielmehr als Konsens in der Planungsforschung zu verstehen.

Aufbauend auf der Definition lassen sich systematisch aus der Literatur der Planungspraxis Kriterien für erfolgreiche neue Stadtquartiere ableiten (vgl. Tab. 1). Diese werden im Folgenden umrissen und dienen im weiteren Verlauf als Maßstab für die Analyse Kriterien.

Demnach sollten die Verknüpfungen und Bezüge zum Umfeld und der Gesamtstadt berücksichtigt werden und gleichzeitig eigene Lokalitäten und Eigenheiten schaffen. Dafür können die Quartiere auch Funktionen übernehmen, die im Umfeld bisher nicht oder nur unzureichend vorhanden sind. Zudem sollte die Gesamtgröße überschaubar bleiben, sodass sich Bewohner:innen mit dem neuen Wohnort identifizieren können.

Eine bedürfnisgerechte soziale Infrastruktur umfasst entsprechende Gemeinbedarfseinrichtungen wie Kitas und Schulen sowie Versorgungsinfrastruktur, welche für lokale Bedürfnisse der Haushalte notwendig sind. Ein qualifiziertes Freiraumsystem mit öffentlichen, gemeinschaftlichen und privaten Flächen muss dem Ziel dienen, die Balance zwischen Öffentlichkeit und Privatheit für die Haushalte zu wahren.

Ein Mobilitätskonzept sollte kurze Wege zwischen den Nutzungsmöglichkeiten gewährleisten. Zudem solle es darauf ausgerichtet sein, die verkehrliche Anbindung des Umweltverbundes (Fuß- und Radverkehr sowie Öffentlicher Personennahverkehr

(ÖPNV)) gegenüber dem motorisierten Individualverkehr (MIV) zu stärken. Hierzu zählen auch die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit zu zentralen Orten in der Stadt.

Um eine soziale Vielfalt zu schaffen, sollten unterschiedliche Wohn- u. Eigentumsformen bei der Planung berücksichtigt werden. Gleichzeitig sollten im öffentlichen Raum gleichberechtigte und generationenübergreifende Interaktionsmöglichkeiten gewährleistet sein, die den Bewohner:innen einen vielfältigen Zugang zu öffentlichen Räumen ermöglichen. Neben der Mischung verschiedener Haushaltsformen ist die Vielfalt baulicher und räumlicher Nutzungen ebenfalls Ziel neuer Quartiersentwicklungen. Dies ermöglicht kurze Wege, schafft Lokalität und ist Voraussetzung für die Erzeugung von Urbanität in den neuen Quartieren. Hierzu gehört auch das Angebot an lokaler Beschäftigung/Arbeitsmöglichkeiten, welche die Wohnfunktion nicht wesentlich stören.

Der Schutz vor schädlichen Emissionen wie Lärm und Schadstoffen ist in jedem Fall sicherzustellen. Zudem ist die Sicherheit im öffentlichen Raum ein wesentlicher Faktor, sowohl die Verkehrssicherheit als auch die Prävention von Kriminalität. Die Kompaktheit bzw. die maßvolle städtebauliche Dichte ist nicht nur aus Gründen der Ressourceneffizienz bzw. des haushälterischen Bodenmanagements eine wichtige Optimierungsgröße, sondern ermöglicht erst die Auslastung gewisser Infrastrukturen und Einrichtungen, die für die dauerhafte Attraktivität des Quartiers wichtig sind (z. B. Nahversorger oder Schulen). Eine gewisse bauliche Dichte und Nutzungsdichte ist daher sinnvoll, diese sollte sich jedoch an der Struktur der Umgebung orientieren.

Eine breite zivilgesellschaftliche Partizipation ist in allen Phasen der Planung und auch in der Nutzungsphase ein wichtiger Baustein. Hierfür ist es auch immanent, dass das Zugehörigkeitsgefühl der Bevölkerung in den Quartieren hochgehalten wird (z. B. durch Events in der Nachbarschaft), damit das aktive nachbarschaftliche Engagement für das alltägliche Zusammenleben erhalten bleibt.

Weiterhin spielt auch das Erscheinungsbild der Gebäude wie des öffentlichen Raums eine gewichtige Rolle für erfolgreiche Quartiersentwicklungen. Hierfür sollten Gestaltungsregeln auf Quartiersebene eine Balance aus Einheitlichkeit und Individualität schaffen. Dabei geht es nicht ausschließlich um die Form, sondern auch um funktionale Aspekte wie z. B. Barrierefreiheit. Schließlich sollten die neu geschaffenen Strukturen so flexibel sein, dass sie an neue gesellschaftliche und technologische Anforderungen angepasst werden können („Flexibilität u. Reversibilität der Strukturen“).

Die beschriebenen Erfolgskriterien spiegeln planungswissenschaftliche und -praktische Erkenntnisse wider. Quartiersbezogene Erfahrungen und Zufriedenheiten der Quartiersbewohner:innen sind mit diesen jedoch nicht immer deckungsgleich. Um diese zu erfassen und räumlich einzuordnen, eignen sich geopartizipative Methoden wie das Public Participation GIS (PPGIS). Bestehende Forschung im Zusammenhang mit Quartierszufriedenheiten werden im Folgenden zusammenfassend skizziert.

3 Geopartizipative Informationssysteme zur empirischen Erforschung städtebaulicher Erfolgsfaktoren der Quartiersentwicklung

3.1 Stand der Forschung

Digitale Planungstools kamen in den letzten Jahren in verschiedensten Formen bei der Konzeption städtebaulicher Projekte zur Partizipation von Stakeholdern zum Einsatz. Grundlage dieser Planungstools sind Geografische Informationssysteme (GIS), ein System aus Hard- und Software, das Geodaten sammeln, speichern, analysieren und visualisieren kann. GIS-Systeme werden immer häufiger zur Einbeziehung von lokalem Wissen verwendet, so nutzen s. g. PPGIS-Methoden GIS-Systeme zur stärkeren Einbeziehung der Bevölkerung in die öffentliche Planung und Verwaltung. Die Integration und Anwendungsmöglichkeiten sind dabei vielfältig, sie reichen von einer einfachen, kartenbasierten Befragung hin zu aufwändigen, interaktiven 3D-Systemen, bei der die Bürger:innen Ideen und Perspektiven in die Planung einbringen können (Brown und Kyttä 2014). PPGIS ist seit den 1990er-Jahren ein etablierter Forschungsbereich (Obermeyer 1998) und in der Stadtplanungsforschung auch unter abgeänderter Terminologie wie „participatory spatial planning“ oder Geopartizipation bekannt (Babelon et al. 2021; Brown et al. 2020; McCall 2003). Im Gegensatz zum Participatory GIS (PGIS) werden bei PPGIS Daten meist individuell sowie digital gesammelt und dienen zweckgebundenen und aktiven Datensammlungen (Brown und Kyttä 2014).

Ziel des Einsatzes in der Planung ist die Sammlung von lokalem Wissen und die Beteiligung der Öffentlichkeit an der Stadtplanungspolitik, um die Transparenz und Legitimität von Planungsprozessen und -entscheidungen zu erhöhen (Babelon et al. 2021; Dunn 2007). Die Kombination aus Analysen in geografischen Informationssystemen und Beteiligung der Öffentlichkeit gilt als adäquates Mittel, um die Kluft zwischen der breiten Öffentlichkeit und (Fach-)Planung zu überbrücken und lokales Wissen für die Planung zu nutzen (Agus und Azhari 2018; Dunn 2007; Falco und Kleinhans 2018; Kahila-Tani et al. 2016). Erkenntnisse, die im Rahmen von PPGIS-Anwendungen generiert werden, können von verschiedenen Sektoren und vor allem in sämtlichen Phasen wieder genutzt werden (auch und insbesondere in der Nutzungsphase) (Kahila-Tani et al. 2019). So lässt sich z. B. auch der gesamte planerische Prozess später evaluieren, was die Lernprozesse für künftige Projekte kontinuierlich erhöht. Dabei hat sich PPGIS als ein Werkzeug erwiesen, das flexibel genug ist, um sich an verschiedene Planungsanforderungen anzupassen (Kahila-Tani 2015). Zusätzlich besteht bei der Methodik großes Potenzial zur Einbindung von Zielgruppen, die sich normalerweise schwer in Planungsprozesse einbinden lassen, wie beispielsweise Jugendliche. Hierbei ergibt sich oft ein günstiges Aufwand-/Ertragsverhältnis. Die Kombination mit konventionellen geografischen Analysemethoden gilt als besonders vielversprechend, weil die vermeintlich objektive Betrachtung um Wahrnehmungen und Präferenzen von Nutzer:innen erweitert wird (Dunn 2007).

In den letzten Jahren ist PPGIS von Forschungsseite in einer Vielzahl von Kontexten angewandt worden, u. a. bei der Stadtentwicklung in Quartieren mit Hilfe lokaler, nachbarschaftlicher Partizipation (Babelon et al. 2021; Elwood 2002; Elwood und

Leitner 2003; Eriksson et al. 2021; Falco und Kleinhans 2018; Kahila-Tani et al. 2016), bei der Wahrnehmung und dem Zugang zu öffentlichen Flächen (Jelokhani-Niaraki 2020; Saadallah 2020), Natur- und Umweltschutz (McLain et al. 2013; Sherrouse et al. 2014) und sogar im Rahmen von Mobilitätsstudien (Czepkiewicz et al. 2016; Howe 2021; Pánek und Benediktsson 2017). Auch bei der Erfassung von subjektiven Wohnzufriedenheiten können Methoden aus dem Bereich PPGIS Mehrwerte liefern. Die Wohnzufriedenheit wird allgemein als wichtige Komponente der Lebensqualität des Einzelnen anerkannt, die Bewertung der Bewohner:innen bestimmt die Art und Weise, wie sie auf ihren Lebensraum reagieren (Greenberg und Crossney 2007). Die Zufriedenheit mit der Nachbarschaft wird, ähnlich wie bei dem dargestellten Quartiersbegriff, als ein vielschichtiges Konstrukt verstanden, das ein breites Spektrum verschiedener physischer, sozialer und administrativer Eigenschaften umfasst (Lewicka 2010). In den vergangenen Jahren wurden in der Stadtforschung diverse Zusammenhänge zwischen Wohnzufriedenheiten und Planungsparametern identifiziert, die sowohl positive als auch negative Beziehungen aufweisen können. Beispielsweise wurden Zusammenhänge zwischen Wohnungsmerkmalen und der lokalen Umgebung (Hur et al. 2010; de Jong et al. 2012; Kytä et al. 2013; Ukoha und Beamish 1997; Zehner 1971), Beziehungen zu Nachbarn (Bonaiuto et al. 2015), demografischen Faktoren (Deitric und Briem 2022), Funktionalität (Huang und Du 2015; Madureira et al. 2015; Teck-Hong 2012), Ästhetik (Cao 2016; Lansing und Marans 1969; Lee et al. 2008) und Gesundheitsmerkmalen (Gidlöf-Gunnarsson und Öhrström 2007; Stronegger et al. 2010; Weden et al. 2008) gefunden.

Bei der empirischen Untersuchung der Zufriedenheiten von Bewohner:innen zeigt sich, dass die (fußläufige) Erreichbarkeit von Arbeitsplätzen, Einkaufsmöglichkeiten und ähnlichen Einrichtungen bei der Bewertung des Quartiers besonders wichtig für die Haushalte ist (Deitric und Briem 2022; Huang und Du 2015; Lau und Hashim 2010). Zudem werden ausreichender öffentlicher Freiraum und relative Ruhe als besonders wesentlich empfunden. Hierbei nimmt der Pflegezustand, aber auch die Sicherheit sowie die funktionale Qualität der Gebäude und öffentlichen Räume eine entscheidende Rolle bei der Zufriedenheit ein (Deitric und Briem 2022; Kytä et al. 2013; Lau und Hashim 2010). Verkehrsräume werden tendenziell negativ wahrgenommen, wenn auch das reibungslose Zufußgehen und Radfahren als wichtiger positiver Einflussfaktor verstanden wird (Deitric und Briem 2022; Kytä et al. 2013). Personen, die mit der Bebauungsdichte oder dem Gebäudevolumen zufriedener sind, schreiben den Gebäuden tendenziell eine bessere ästhetische Qualität zu (Bonaiuto et al. 2006). Dicht bebaute Orte wurden im Allgemeinen negativer bewertet als gering bebaute Orte, diese sind für die Bewohner:innen aber im Allgemeinen von höherer Bedeutung, besonders im Hinblick auf die soziale Qualität des Quartiers (Kytä et al. 2013). Grünräume sind wichtige Elemente, die die Attraktivität des Wohnens in einer kompakten Stadt erhöhen können, da sie das Wohlbefinden, die Zufriedenheit und die physische und psychische Gesundheit der Bewohner:innen erhöhen (Gidlöf-Gunnarsson und Öhrström 2007; Kotulla et al. 2019). Die Wahrnehmung des Wohnumfelds hängt auch vom sozio-ökonomischen Status der Bevölkerung sowie der Zufriedenheit mit den Wohnkosten ab. So sind Eigentümer in der Regel stärker am Wohnumfeld interessiert als Mieter (Huang und Du 2015) und sozial diskriminierte

Gruppen häufig weniger zufrieden mit dem Wohnumfeld (Greenberg und Crossney 2007). Diese vergangenen Untersuchungen basierten jedoch überwiegend auf reinen Haushaltsbefragungen ohne explizite Sammlung kleinräumlicher Informationen (wie z. B. Lieblingsorte, Wege der Bewohner:innen etc.).

So lässt sich insgesamt konstatieren, dass die Empfehlungen für erfolgreiche Stadtquartiersentwicklung aus der Forschung und die Erkenntnisse zur Wohnzufriedenheit gewissermaßen kongruent zueinanderstehen. Es lassen sich wenig Wohnwünsche finden, die nicht auch als Parameter erfolgreicher Quartiersentwicklung gesehen werden. Meist gehen die Empfehlungen sogar über die von den Bewohner:innen formulierten Wünsche hinaus (z. B. Integration ins Stadtgefüge, Ressourceneffizienz, soziale Vielfalt, etc.).

3.2 Untersuchungsdesign

Zur Beantwortung der Forschungsfrage werden Primärerhebungen in fünf großen Quartiersentwicklungen aus der Stadt Düsseldorf ausgewertet und analysiert. Das Untersuchungsdesign verwendet gezielt qualitative und quantitative Forschungsmethoden. Quantitativ erfasste Indikatoren städtebaulicher Erfolgsfaktoren werden dabei analysiert und mit den subjektiv wahrgenommenen Zufriedenheitswerten der Haushalte in den neuen Stadtquartieren kombiniert. Das Untersuchungsgerüst bildet dabei einen Rahmen aus Zielen der Quartiersentwicklung, die sich wiederum aus aktuellen Empfehlungen und Leitbildern städtebaulicher Forschung ableiten. Diese sind bereits in Abschn. 2 hergeleitet und erläutert worden. Zur Operationalisierung dieser werden vielfach Geodatenanalysen genutzt, da diese eine Vielzahl von quantitativen wie qualitativen Untersuchungsmöglichkeiten für die stark räumlich kontextualisierte Fragestellung bieten (Wilson 2020). Im Unterschied zu existierenden empirischen Studien, welche häufig eine breite Palette von Quartiersentwicklungen betrachten (Freudenau et al. 2021; Spars und Guhl 2021), fokussiert sich die vorliegende Untersuchung gezielt auf eine selektive Anzahl detaillierter Fallstudien, um eine solide empirische Grundlage zu erarbeiten. Diese Grundlage ermöglicht einen adäquaten Vergleich zwischen den objektiven Entwicklungsmerkmalen und den subjektiven Zufriedenheitswerten der Bewohner:innen.

So wird beispielsweise die Erreichbarkeit als wichtige Lagekomponente nach Handy und Niemeier (1997) nicht nur durch die räumliche Verteilung potenzieller Ziele bestimmt, sondern auch durch den Umfang und die Qualität angebotener Leistungen. Auch die Taktung, Quantität und Qualität der erreichbaren Ziele werden daher, wo möglich, einbezogen. Somit wird zur Analyse der fußläufigen und ÖPNV-Anbindung mittels eines General Transit Feed Specification (GTFS)-Datasets des Verkehrsverbunds Rhein-Ruhr (VRR) ein multimodales, GIS-basiertes Netzwerk-Modell zur Abbildung der ÖPNV- und Fußwege erstellt, die den Fahrplan des öffentlichen Verkehrs berücksichtigt. Dieses ermöglicht die umfassende Erreichbarkeitsanalyse von und zu allen Punkten in den Quartieren. Hieraus werden anschließend statistische Lagemaße wie Minimum, Maximum oder die durchschnittliche Erreichbarkeitswerte für die gesamten Quartiersflächen berechnet und in Relation zur durchschnittlichen Erreichbarkeit in Düsseldorf interpretiert. Zur Abbildung der Arbeitsplatzreichbarkeit wird weiterhin eine ÖPNV-Distanzmatrix aller Quar-

tiersgebäude mit Standorten eingetragener Unternehmen in Düsseldorf erstellt und kalkuliert, wie viele Unternehmensstandorte in Düsseldorf aus den Quartieren zwischen acht und neun Uhr morgens innerhalb einer Pendelzeit von maximal 30 min erreichbar sind.

Zur Bestimmung der Nutzungsmischung in den Quartieren verwenden wir Geodaten-Analysen, um einen Entropie-Index zu berechnen. Dieser Index berücksichtigt den relativen Anteil von zwei oder mehr Flächennutzungsarten in einem Gebiet und zeigt somit die Diversität und Vielfalt der Landnutzungsarten in einem bestimmten Gebiet auf (Song et al. 2013). Eine exakte Beurteilung der baulichen Dichte kann nur mittels dreidimensionaler Informationen erfolgen, weshalb Laserscan (LAS)-Daten zur Modellierung aller Gebäudekörper in den Quartieren genutzt werden. Hieraus lassen sich die Volumina, Bauweisen und Höhen aller Baukörper im Quartier und im Umkreis der Quartiere relativ genau bestimmen und vergleichen. Die weiteren zugrundeliegenden Indikatoren, detaillierte Erläuterungen der Messmethoden sowie weiterführende methodische Literatur befinden sich in Tab. 2.

Die Ergebnisse der Indikatoren-Analyse werden durch eine repräsentative Haushaltsbefragung in den fünf größten neuen Stadtquartieren Düsseldorfs kombiniert, um zusätzliche Faktoren für die Quartierszufriedenheit zu identifizieren und diese mit den erhobenen Faktoren abzugleichen ($n = 361$; Befragungszeitraum: August 2021 bis Dezember 2021). Ursprünglich war eine persönliche Befragung geplant, einschließlich der Aufnahme der Standorte der Haushalte. Aufgrund der während des Erhebungszeitpunkts bestehenden Covid-19-bedingten Kontaktbeschränkungen, haben wir uns jedoch für eine digitale Befragung entschieden. Dafür wurde an jeden Haushalt im Quartier ein Anschreiben/Flyer mit einer Aufforderung zur digitalen Teilnahme verteilt. Dieser enthielt einen Online-Link und einen dazugehörigen QR-Code. Es ist wichtig zu beachten, dass der Fragebogen nur auf Deutsch gestellt wurde, was die Befragungsantworten beeinflussen haben könnte. Durch Cookie-Setzung wurde nur eine Teilnahme je Haushalt ermöglicht. Als Skalenniveau wurde eine siebenstufige, ordinalskalierte Antwortskala (äußerst unzufrieden, zufrieden, teils/teils, zufrieden und sehr zufrieden) gewählt, die ausschließlich geschlossen formuliert sind, um eine eindeutige statistische Auswertung zu gewährleisten. Der Fragebogen besitzt drei Abschnitte (Zufriedenheit mit dem Quartier, Zufriedenheit mit der näheren Umgebung und Gesamtzufriedenheit) und fragt schließlich nach Haushaltsmerkmalen, die eine zielgruppenorientierte Auswertung zulassen (Haushaltsform, Wohndauer, Miete oder Eigentum, Einfamilienhaus, Zweifamilienhaus, Doppelhaushälfte, Mehrfamilienhaus). Die Fragen sind so gestaltet, dass zunächst nur die Fragen bezogen auf das Quartier gestellt werden und erst am Ende die Fragen zur Zufriedenheit auf Wohnungsebene und Stadtebene aufkommen, um deutlich zu machen, dass diese getrennt von der Ebene des Quartiers behandelt werden. Es werden dabei ebenfalls Lieblingsorte der Bürger erfasst, welche die Bewohner:innen in einer Karte vermerken. Diese geopartizipative Methode verwendet Kartierungen von als besonders empfundenen städtebaulichen Orten und ordnet Zufriedenheiten den Quartieren und Einrichtungen zu. Ziel ist es, weiteres lokales geografisches Wissen zu nutzen und mit Informationen zu den Erfolgsfaktoren der Quartiersentwicklungen zu verbinden. Diese Lieblingsorte können anschließend mit geografischen und

Tab. 2 Erläuterung der Untersuchungsindikatoren und Datenbeschreibung

Ziel-kategorie	Indikator zur Messbarmachung	Erläuterung der Messmethode	Ggf. weiter-führende Methodik	Datenquellen	Zugehöriger Zufriedenheits-aspekt (Wie zufrieden sind Sie im Quartier mit der ...)
Verknüpfung Gesamt-stadt	Erreichbarkeit Kultur	Netzwerkanalyse ÖPNV-Fußweg: Durchschnittliche Fahrzeit von gesamter Quartiersfläche Museen, Theater, Kino	Yigitcanlar et al. (2007); Tome et al. (2019)	VRR-Fahrländaten (GTFs) + Landeshauptstadt Düsseldorf (2022b)	Erreichbarkeit Freizeitinfrasturktur (Grünflächen, Spiel- und Sportflächen)
	Kerndichte Erreichbarkeit Einzelhandelszentrum Kat 1 (Innenstadt)	Fahrtzeit von Quartiersfläche zu Einzelhandelszentrum Kat. 1	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Erreichbarkeit zum lokalen Geschäftszentrum (Gastronomie, Einzelhandel, Kultur)
	Erreichbarkeit Haltestelle Arbeitsplatz-erreichbarkeitsmatrix	Vgl. Erreichbarkeit Kultur Erreichbarkeits-Matrix zu Unternehmen in Düsseldorf im Transit-Modell (ÖPNV/ Fußweg). Vergleichswert: Prozentanteil der Unternehmen, die in 30 min erreicht werden (ÖPNV)	Vgl. Erreichbarkeit Kultur Handy und Niemeier (1997)	Vgl. Erreichbarkeit Kultur Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Erreichbarkeit zum lokalen Geschäftszentrum, Arbeitsplatz Arbeitsplatzerreichbarkeit
Vorsorgungs-infrastruktur	Erreichbarkeit zu nächsten Nahversorgungszentrum	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Erreichbarkeit Nahversorgung
	Erreichbarkeit zu Jugendfreizeiteinrichtungen, Sporteinrichtungen	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Freizeitinfrastruktur-Erreichbarkeit
Öffentliche Räume	Erreichbarkeit des nächsten Krankenhauses	Netzwerkanalyse MIV: Durchschnittliche Fahrtzeit über gesamte Quartiersfläche zur nächsten Einrichtung	-	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Erreichbarkeit der sozialen Infrastruktur (Schulen, Kitas, Ärzte)
	Erreichbarkeit zu Kindergärten, Schulen, Spielplätze	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Kinderfreundlich – kinderfreundlich
	Erreichbarkeit von Parks; Anteil öffentlicher Fläche und Grünräume	GIS-basierte Erreichbarkeits-Isochron von Parks innerhalb von 10 min. Anteil öffentlicher Fläche wird anhand von GIS-Daten ermittelt inkl. Platzräume/Plätze	Dosch und Neubauer (2014)	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Gepflegt – schäbig

Tab. 2 (Fortsetzung)

Zielkategorie	Indikator zur Messbarmachung	Erläuterung der Messmethode	Ggf. weiterführende Methodik	Datenquellen	Zugehöriger Zufriedenheitsaspekt (Wie zufrieden sind Sie im Quartier mit der ...)
Soziale Vielfalt	Anteil Wohngeldempfänger, Haushalte mit Kindern und Migrationshintergrund	Soziodemografie-Analyse im Quartier: Fokus soziale Vielfalt, geringe Anteil sozialschwacher Gruppen wie Wohngeldempfänger zeigen niedrige Durchmischung	–	Landeshauptstadt Düsseldorf (2022c)	Diversität der Nachbarschaft
Nutzungsmischung	Erreichbarkeit von Jugendfreizeit	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	–	Vgl. Erreichbarkeit Kultur	Kinderfreundlich – feindlich, dynamisch – tot
Ruhe und Komfort	Entropie-Index Nutzungsmischung	Entropie-Index: Quantifizierung von Nutzungsvielfalt durch Messung der Landnutzungstypen-Diversität in einem Gebiet	Mavoa et al. (2018); Song et al. (2013)	Geoportal NRW: Liegenschaftskataster	Dynamisch – tot
Raumstruktur	Lärmimmissionen	Exposition gegenüber Umgebungslärm mittels Lärmkartierung: Räumliche Überlagerung zur Kartierung	–	European Environment Agency: Umgebungslärmkartierung NRW	Gelassen – stressig still – laut
	GRZ GFZ Baukörpervolumen	Analyse von Bebauungsplänen; Einsatz von LAS-Daten für Gebäudemodellierung + Volumenberechnung im Quartier + 500m Umkreis, klassifiziert nach Nutzung	Coors et al. (2016)	Landeshauptstadt Düsseldorf (2022b); Geoportal NRW (DOM50)	Diversität der Gebäudedichte, weiträumig – dicht
	Diversität der Gebäudevolumen	Vgl. GRZ GFZ Baukörpervolumen	Vgl. GRZ GFZ Volumen	Geoportal NRW: DOM50	Bunt gemischt – einheitlich strikt
	Bauweisen, Höhen, Gebäudevolumen, Gestaltungsregeln	Analyse der Bebauungspläne und 3D-LAS Volumenberechnung	Vgl. GRZ GFZ	Vgl. GRZ GFZ Baukörpervolumen	Diversität Gebäudestrukturen, Gestaltung öffentlicher Räume
	Anteil Gemeinschaftsfläche/öffentliche Fläche	GIS-gestützte Flächenberechnung der Flächenanteile basierend auf Nutzungszeichnungen im Liegenschaftskataster	–	Geoportal NRW: Nutzungen Liegenschaftskataster	Diversität der Nachbarschaft

Diese Tabelle listet Kategorien und Untersuchungsindikatoren auf, die zur Messung und Bewertung der Stadtquartiere für die Untersuchung herangezogen werden, von der Gesamtstadtverknüpfung bis zur Raumstruktur. Jeder Indikator wird durch eine bestimmte Methode erfasst und gemessen, wobei jeweils die relevanten Datenquellen und die zugehörigen Aspekte der Bewohnerzufriedenheit aus der Befragung angegeben sind.

sozialen Merkmalen verglichen und mittels räumlicher Clusterzuordnung auf ihre Strukturen geprüft werden.

Um die Beiträge einzelner Faktoren zur Zufriedenheit der Bewohner:innen mit ihrem Quartier zu quantifizieren, wird schließlich ein linearer regressionsbasierter Ansatz genutzt. Als Basis wird ein lineares Regressionsmodell angewendet, in dem die erhobenen Analysedaten sowie die Auswertung der Quartiersbefragungen als unabhängige Variablen dienen. Durch eine Rückwärtselimination werden Variablen sequenziell ausgeschlossen, sofern sie keinen hochsignifikanten Beitrag zur Quartierszufriedenheit leisten ($p < 0,05$). Anschließend verwenden wir die Hauptkomponentenregression (auch bekannt als Principal Component Regression (PCR)), eine statistische Methode zur Modellierung der Beziehung zwischen einer abhängigen Variablen und einer Reihe von unabhängigen Variablen. Im Gegensatz zur herkömmlichen linearen Regression verwendet die PCR nur eine ausgewählte Anzahl von Hauptkomponenten, die so gewählt werden, dass sie die maximale Varianz im Datensatz erfassen. Diese werden gemäß des Kaiser-Guttman-Kriteriums aufgrund ihres Eigenwertes von mindestens eins ausgewählt, was bedeutet, dass sie mindestens genauso viel Varianz wie eine der einzelnen Variablen besitzen¹. Die Anwendung der PCR bietet sich insbesondere an, da aufgrund der inhaltlichen Nähe vieler Einflussfaktoren eine nicht auszuschließende Autokorrelation vorliegen könnte. Durch die Verwendung von Hauptkomponenten kann das Problem der Multikollinearität reduziert werden, was zu einem genaueren Modell führt (Liu et al. 2003). Durch den Vergleich der Regressionskoeffizienten des ursprünglichen Regressionsmodells mit denen des PCR-Modells lässt sich feststellen, welche Einflussfaktoren möglicherweise überschätzt wurden. Wenn die Koeffizienten der einzelnen Faktoren im PCR-Modell im Vergleich zum ursprünglichen Regressionsmodell kleiner sind, kann dies darauf hindeuten, dass die Bedeutung dieser Faktoren im ursprünglichen Modell überschätzt wurde.

4 Ergebnisse der Quartiersanalyse für die Großstadt Düsseldorf

4.1 Vorstellung des Untersuchungsraums und Quartiersanalyse

Düsseldorf in der Metropolregion Rhein-Ruhr ist mit rund 644.000 Einwohnern die zweitgrößte Stadt Nordrhein-Westfalens und ein internationales Wirtschaftszentrum. Wie auch andere deutsche Großstädte sah sich Düsseldorf in den letzten zehn Jahren auf dem Wohnungsmarkt einem wachstumsbedingten Angebotsengpass ausgesetzt. So wuchs die Zahl der Einwohner:innen im Stadtgebiet in den letzten Jahren um ca. zehn Prozent an (Landeshauptstadt Düsseldorf 2022a). Daher wurden vermehrt große, oftmals brachliegende Areale für die Quartiersentwicklung aktiviert, die sowohl den Wohnraumdruck lindern als auch Anforderungen an zukunftsfähige urbane Räume erfüllen sollen. Fünf der größten Quartiere mit einer Gesamtzahl von ca. 3.084

¹ Die Voraussetzungen für die PCA (Linearität, Ausreißer, Stichprobengröße) wurden überprüft. Ebenso wurden die Datensätze auf das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium und Bartlett-Test auf Sphärizität geprüft sowie eine Reliabilitätsanalyse des Fragebogens mittels Cronbachs Alpha-Werten durchgeführt.

Wohneinheiten werden zur Untersuchung städtebaulicher Erfolgsfaktoren genutzt. Die Projektgrößen sind sehr unterschiedlich, was sich an der Bandbreite der Größe zeigt, die zwischen 26.000m² (Mühlenquartier) und 240.000m² (Quartier Central) liegt. So erfüllen nicht alle Quartiere die BBSR-Größenkriterien in Bezug auf neue Stadtquartiere von 10 ha, sie besitzen jedoch eine hohe städtebauliche Bedeutung für die Stadt. Weitere Grundlageninformationen zu den Quartieren sind in Tab. 3 aufgeführt. Mit Ausnahme des Mühlenquartiers sind die Quartiere innerhalb der Stadt ebenso räumlich recht zentral verortet (vgl. Abb. 1).

Von den 3.084 Haushalten wurden in der Befragung 361 Haushalte erreicht, was einem Rücklauf von ca. 12% entspricht und demnach eine repräsentative Stichprobengröße von 342 Haushalten bei einem Konfidenzniveau von 95% und einer Fehlerspanne von 5% erreicht. Details zur Methodik und zu den durch die Pandemie bedingten Abweichungen von der ursprünglich geplanten Vorgehensweise finden sich im Abschnitt „Untersuchungsdesign“. Zu berücksichtigen sind jedoch die unterschiedlichen Rückläufe in den einzelnen Quartieren (vgl. Tab. 3). Mehrpersonenhaushalte ohne Kinder (47%) und Eigentümer (38%) sind in der Befragung leicht überrepräsentiert, im Schnitt leben in den Quartieren nur ca. 29% Mehrpersonenhaushalte ohne Kinder, 24% der Haushalte leben im Eigentum. Die Quote der geförderten Wohneinheiten ist in den Quartieren äußerst unterschiedlich. Während in einigen Quartieren wie im Belsenpark ein signifikanter Anteil der Wohneinheiten gefördert ist, sind im Quartier Karolinger Höfe mit Abstand am wenigsten geförderte Wohnungen entstanden. Fast alle Haushalte wohnen in Mehrfamilienhäusern, was der Struktur der Quartiere geschuldet ist: Lediglich 55 Wohneinheiten im Quartier Grafental sind dem Reihenhaustypus zuzuordnen. Die Zufriedenheit einzelner städtebaulicher Parameter muss auch vor dem Hintergrund bewertet werden, dass die Haushalte insgesamt überaus zufrieden mit ihrer Wohnsituation im Quartier sind:

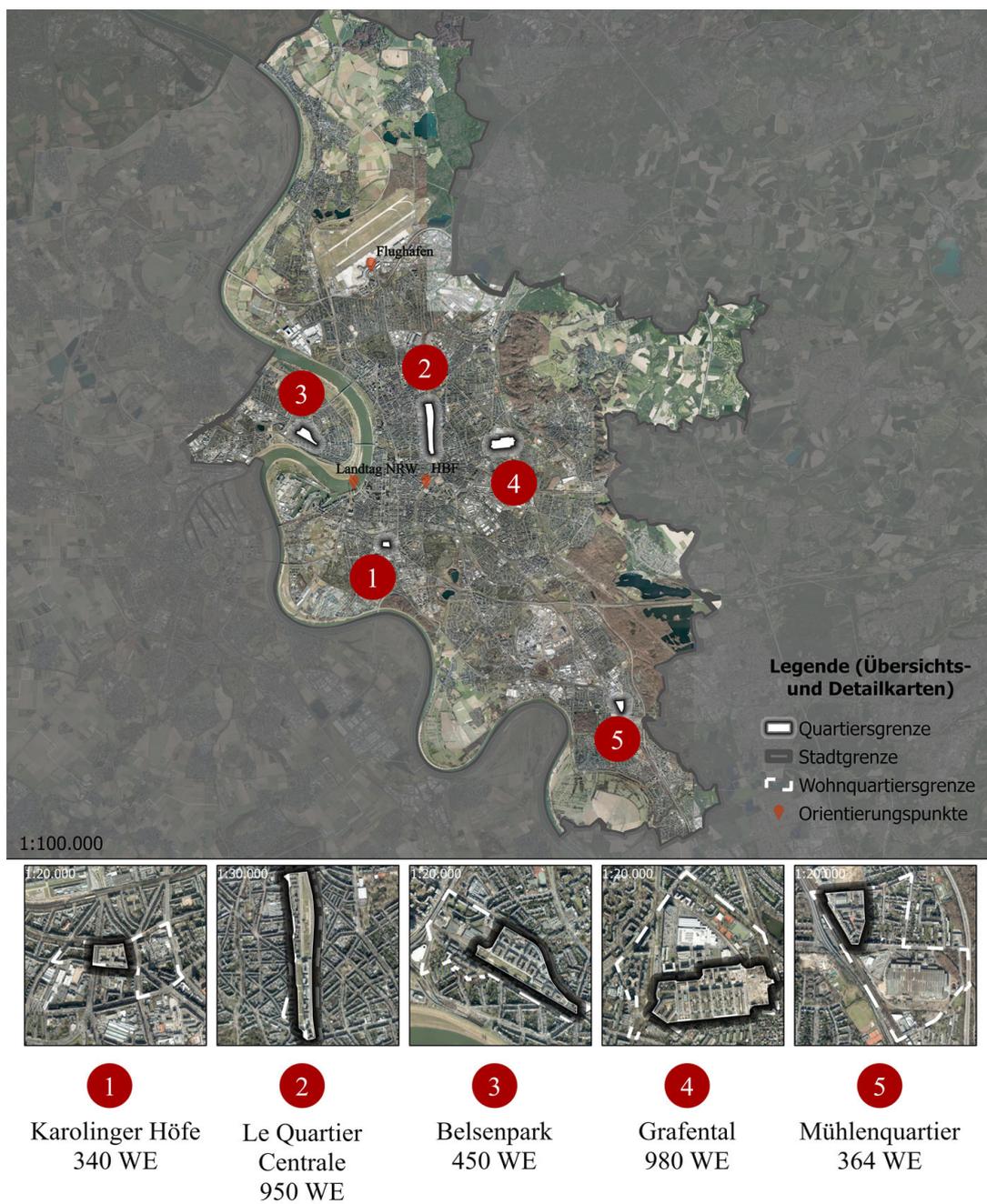
Tab. 3 Grundinformationen zu den in der Untersuchung ausgewählten Quartiersentwicklungen in Düsseldorf

Name	Bezugs-jahr	Fläche [in m ²]	Wohn-einheiten	Davon ge-fördert	Befragungs-rücklauf	Zufrieden-heit Quartier	Zufrieden-heit Stadt
Quartier Central	2019	241.917	950	147	88 (ca. 9%)	5,89	5,63
Grafental	2021	174.721	980	174	70 (ca. 7%)	5,51	5,38
Belsenpark	2017	101.334	450	117	71 (ca. 16%)	6,04	5,79
Mühlen-quartier	2021	49.747	364	84	50 (ca. 14%)	5,46	5,52
Karolinger Höfe	2020	25.606	340 ¹	18	82 (ca. 24%)	5,63	5,56
Gesamt	–	593.326	3.084	–	361 (ca. 12%)	–	–

Diese Tabelle vergleicht fünf Quartiere in Bezug auf ihre Größe, die Anzahl der Wohneinheiten, die Anzahl der geförderten Wohneinheiten, den Rücklauf von Befragungen und die Zufriedenheit der Bewohner:innen mit ihrem Quartier und der Stadt insgesamt

Die angegebene Anzahl der Wohneinheiten bezieht sich auf die zum Zeitpunkt der Untersuchung komplett abgeschlossenen Bauabschnitte bezieht

Die Zufriedenheitsskalen reichen von 1–7, wobei das arithmetische Mittel angegeben ist und die Anzahl der Haushalte, die auf die Fragen geantwortet haben, dem Rücklauf entspricht, da alle Teilnehmer die genannten Fragen beantwortet haben



Beeldmateriaal.nl, Land NRW, Maxar, Microsoft, EarLand NRW, Earthstar Geographics

Abb. 1 Verortung der Quartiere und Wohnquartiersgrenzen im Untersuchungsraum Düsseldorf. Die Abbildung stellt eine Karte dar, die es ermöglicht, die Lage der einzelnen Quartiere im Stadtgebiet von Düsseldorf zu identifizieren. Darüber hinaus sind die einzelnen Quartiere, einschließlich ihrer Grenzen und Wohneinheiten, zusammen mit ihrer unmittelbaren Umgebung auf dem Luftbild dargestellt. (Eigene Darstellung)

So gaben 87 % der Haushalte an, mindestens „eher zufrieden“ zu sein, 27 % der Haushalte sind insgesamt sogar sehr zufrieden. Detailinformationen zu einzelnen Ergebnissen der Befragung befinden sich in den Tab. 8 und 9 im Anhang.

Durch die Standortentscheidungen der Haushalte, die nach individuellem Lebensstil und Vorlieben getroffen werden, drückt sich bereits eine Präferenz der Haushalte für Quartiersmerkmale aus (Rössel und Hoelscher 2012). Dies erklärt in Teilen bereits die insgesamt hohe Zufriedenheit und muss bei der Interpretation berücksichtigt werden.

Es ist vor diesem Hintergrund umso wichtiger, die Unterschiede in den einzelnen Zufriedenheitskategorien und der wertenden Beschreibung zu fokussieren, um relevante Zufriedenheitsparameter für die Quartiersentwicklung zu identifizieren.

Die im Abschn. 2 identifizierten wesentlichen Erfolgsfaktoren für eine erfolgreiche Quartiersentwicklung werden im Folgenden mit den Ergebnissen der empirischen Quartiersanalyse der Düsseldorfer Quartiere verglichen. Eine kompakte Übersicht über die Analyseergebnisse i. V. m. den Befragungsergebnissen ist Tab. 4 zu entnehmen. Die Erreichbarkeit zu Einrichtungen ist insgesamt sowohl fußläufig als auch mit dem öffentlichen Nahverkehr im Vergleich zur Gesamtstadt auf einem überaus hohen Niveau, was unter anderem der meist zentralen Lage der Quartiere geschuldet ist. Dies spiegeln auch sämtliche Zufriedenheitswerte der Haushalte mit den Erreichbarkeiten, die zwischen 5,42 (Erreichbarkeit Arbeitsplatz) und 6,16 (Erreichbarkeit Nahversorgung) von sieben möglichen Punkten liegen. Das Stadtzentrum, das in Düsseldorf im Rahmenplan Einzelhandel 2016 definiert wird (vgl. Landeshauptstadt Düsseldorf 2016), ist mit Ausnahme des Mühlenquartiers mit dem ÖPNV größtenteils in deutlich unter 20 min zu erreichen, der städtische Durchschnitt liegt mit ca. 22 min deutlich darüber. Zwischen den Quartieren selbst bestehen marginale Unterschiede, die zentraleren Quartiere Belsenpark, Karolinger Höfe und Quartier Central liegen dicht aneinander. Die Zufriedenheit im Mühlenquartier ist aber deutlich höher als in dem eigentlich zur Innenstadt besser angebundenen Quartier Grafental. Da aber das Mühlenquartier direkt am Regionalbahn-Haltepunkt Benrath liegt, wird vermutlich die Wahrnehmung der Erreichbarkeit zur Innenstadt leicht positiv verzerrt.

Bei der Erreichbarkeit sozialer Infrastruktur mit dem Umweltverbund (Fußverkehr und ÖPNV) erweist sich die integrierte Lage der Quartiere ebenfalls als vorteilhaft. Kitas und Grundschulen sind nahe gelegen, im Schnitt sind diese in fünf bzw. zehn Minuten erreichbar. Die Dichte an Kitas und Grundschulen ist im Düsseldorfer Stadtgebiet generell hoch, auf 50 % der Fläche sind diese in unter zehn Minuten erreichbar, Grundschulen auf 60 % der Stadtfläche in unter 15 min. Bemerkenswert positiv ist die fußläufige Erreichbarkeit der Spielplätze, die im Schnitt unter fünf Minuten liegt, was lediglich auf elf Prozent des gesamten Stadtgebiets zutrifft. Die fußläufige Erreichbarkeit von Sportanlagen wie Sportplätzen oder Hallenbädern fällt in den Quartieren hingegen grundverschieden aus, von durchschnittlich ca. drei Minuten (Mühlenquartier) bis hin zu 13 min (Quartier Central). Im Vergleich zur Gesamtstadt sind dies aber gute Werte, auf zwei Drittel der Stadtfläche liegt der Fußweg über zehn Gehminuten. Die soziale Infrastruktur ist also insgesamt gerade für Familien überdurchschnittlich gut. Das spiegelt auch die Befragung, wo die Haushalte die Quartiere mit 5,79 von 7 Punkten im Mittel als kinderfreundlich bewerten. Dabei

Tab. 4 Statistik der Indikatoren-Auswertung und Befragung. (Eigene Darstellung)

Indikator	Gesamt	Quartier Central	Grafental	Belsenpark	Mühlen- quartier	Karolinger Höfe
Erreichbarkeit (in Min) der						
... Museen, Theater, Kino	15	14	18	12	19	7
... Innenstadt	16	13	19	15	24	11
... Arbeitsplätze	76 %	82 %	70 %	77 %	70 %	87 %
... Nahversorgung	5	6	5	4	4	3
... Einzelhandelszentrum	8	7	15	2	4	2
... Haltestelle	4	6	3	3	3	2
... Jugendfreizeitzentren	7	6	6	12	12	2
... Grundschulen	10	9	12	13	7	11
... Kindergärten	5	5	3	9	3	4
... Spielplätze	4	4	5	3	4	2
... Sportstätten	11	13	7	9	3	9
... Krankenhäuser (mit MIV)	10	8	8	15	13	9
... Parks	7	7	13	7	15	12
Zufriedenheit Erreichbarkeit (1–7)						
... der Freizeitinfrastruktur	5,82	5,92	5,99	6,24	5,40	5,47
... der sozialen Infrastruktur	5,84	5,77	5,59	6,13	6,00	5,80
... des Geschäftszentrums	5,75	6,03	4,61	6,21	5,54	6,18
... des Arbeitsplatzes	5,42	5,76	5,18	5,3	5,19	5,5
... der Nahversorgung	6,16	6,26	5,28	6,54	5,98	6,59
Priorität 1 bei fußläufiger Erreichbarkeit	ÖPNV	ÖPNV	ÖPNV	ÖPNV	ÖPNV	ÖPNV
Gesamtbevölkerung	14.334	3804	3464	2373	2070	2623
Wohngeldempfänger	112 (0,78 %)	9 (0,24 %)	35 (1,01 %)	9 (0,38 %)	28 (1,35 %)	31 (1,18 %)
(Ehe)Paare mit Kindern	1.579 (22,73 %)	456 (26,34 %)	523 (36,99 %)	249 (20,82 %)	178 (16,99 %)	173 (10,91 %)
Bevölkerung mit Migrations- hintergrund	6.100 (42,56 %)	1.472 (38,7 %)	1.855 (53,55 %)	989 (41,68 %)	789 (38,12 %)	971 (37,02 %)
Zufriedenheit mit Nachbar- schaft (1–7)	5,37	5,45	5,17	5,51	5,22	5,44
Kinderfreundlich (7) – Kinderfeindlich (1)	5,79	5,75	6,04	5,61	6,14	5,57
Gemischt (7) – Einheitlich (1)	4,57	4,31	4,54	4,55	4,72	4,82
Nutzungsmischung: Entropie	0,52	0,67	0,58	0,79	0,55	0,03
Lärmimmissionen Straße Median (DBA LDEN)	53	55	<50	55	55	60
Zufriedenheit mit der Woh- nung (1–7)	6,03	5,99	5,9	6,36	6,08	5,87
Schön (7) – Hässlich (1)	5,89	6,14	5,82	5,99	5,88	5,6
Gelassen (7) – Stressig (1)	5,37	5,3	5,61	5,68	5,52	4,88
Dynamisch (7) – Tot (1)	5,35	5,55	4,83	5,46	5,4	5,44
Sicher (7) – Gefährlich (1)	5,66	5,8	5,76	5,75	5,52	5,45
Still (7) – Laut (1)	4,42	4,35	4,79	4,83	4,06	4,06

Tab. 4 (Fortsetzung)

Indikator	Gesamt	Quartier Central	Grafental	Belsenpark	Mühlenquartier	Karolinger Höfe
Priorität 1 Diversität im Quartier (Auswahl: Gebäudedichte u. -struktur, Nachbarschaft, Erscheinungsbild)	Nachbarschaft	Erscheinungsbild	Nachbarschaft	Erscheinungsbild	Nachbarschaft	Nachbarschaft
Gebäudehöhen: Max	28,4 m	61,1 m	22,4 m	23 m	16,1 m	19,5 m
Median	17,4 m	22,1 m	17,3 m	16,3 m	12,5 m	18,8 m
Gebäudevolumen Wohnhäuser	18.894 m ³	16.875 m ³	20.048 m ³	19.627 m ³	34.410 m ³	14.112 m ³
Gebäudevolumen Wohnhäuser im Umkreis 500 m	2.160 m ³	2.566 m ³	1.798 m ³	1.714 m ³	1.334 m ³	2.526 m ³
Zufriedenheit Gebäudestrukturen (1–7)	5,08	5,32	4,66	5,41	4,92	4,99
Zufriedenheit Gebäudedichten (1–7)	4,47	4,74	3,96	4,69	4,18	4,62
Weiträumig (7) – Dicht (1)	4,06	4,26	3,92	4,53	3,48	3,94
Vollgeschossanzahl: Range	1–19	1–19	1–8	1–6	1–5	4–5
Median	4	5	3	3	3	5
GRZ	–	0,4–1	0,4–0,8	0,4–1	0,5–0,8	0,5–0,6
GFZ	–	–	0,8–2,6	–	1,7–2,4	–
Bauweise	–	Geschlossen, abweichend	Geschlossen	Geschlossen	Geschlossen, abweichend	Geschlossen
Öffentliche Fläche inkl. Anteil (%)	44.485 m ² (30,89%)	121.244 m ² (50%)	49.210 m ² (28%)	38.375 m ² (37%)	7.814 m ² (15%)	5.785 m ² (22%)
Erholungsflächen fußläufig je Einwohner (500 m Strecke)	42 m ²	41,5 m ²	77,5 m ²	53 m ²	29 m ²	11 m ²
Zufriedenheit öffentlicher Raum (1–7)	5,37	5,41	5,13	5,62	5,46	5,24
Gepflegt (7) – Schäbig (1)	5,83	5,81	5,9	5,9	5,94	5,66

Die Tabelle bietet eine Übersicht über das Abschneiden der Quartiere hinsichtlich der im Untersuchungsdesign genannten Indikatoren

Sie berücksichtigt dabei Aspekte wie die Erreichbarkeit verschiedener Einrichtungen und Arbeitsplätze (gemessen an dem Anteil der Unternehmen, die innerhalb von 30 min per ÖPNV erreichbar sind), Bevölkerungsstatistiken, Zufriedenheit mit der Nachbarschaft und der Wohnung, sowie bauliche Merkmale und öffentliche Raumgestaltung in jedem Quartier

sehen die Haushalte mit Kindern die Quartiere in diesem Punkt sogar 0,3 Punkte besser als die restlichen Haushalte. Am familienfreundlichsten schneiden die tendenziell weniger zentral gelegenen Quartiere Grafental (6,04) und Mühlenquartier (6,14) ab, wo auch die Erreichbarkeit der entsprechenden Infrastruktur etwas besser ist als in den restlichen Untersuchungsräumen. Für Familien wurde oftmals eigene Infrastruktur geschaffen: Alle Quartiere besitzen eigene Spielplatzanlagen und vier von fünf Quartieren eine eigene Kita. Diese Einrichtungen sind nicht nur für Familien von Vorteil, sondern tragen auch zur allgemeinen Aufwertung des Wohnumfelds und zur Verbesserung der Lebensqualität aller Bewohner:innen bei.

Auch die Nahversorgungserreichbarkeit (Supermarkt und Weg zum nächsten Einzelhandelszentrum) ist überdurchschnittlich gut, im Schnitt sind Supermärkte in un-

ter zehn Minuten erreichbar, was schneller als auf zwei Drittel des Düsseldorfer Stadtgebietes ist. Die Zufriedenheit fällt mit 6,16 von 7 Punkten im Mittel entsprechend hoch aus. Eine Ausnahme bildet das Quartier Grafental, wo die durchschnittliche Entfernung im Schnitt 15 min zum nächsten Einzelhandelszentrum beträgt. Dafür befinden sich in unmittelbarer Nähe mehrere Fachmarktzentren, die wohl aber augenscheinlich keine kleinteilige Einzelhandelszone wie z. B. Fußgängerzonen ersetzen können. Die Zufriedenheit bleibt dementsprechend mit 5,28 von 7 Punkten hinter den anderen Quartieren zurück.

Obwohl in der Stadtplanung das Nutzungsmischungs-Paradigma in den letzten Jahren sehr im Vordergrund stand, sind die untersuchten Quartiere vertikal kaum gemischt. Der Entropie-Index in den Quartieren beträgt 0,5, während er in vergleichbaren Bestands-Geschosswohnungsbaugebieten Düsseldorfs im Schnitt 0,73 erreicht, gemessen auf einer Skala von 0–1. In den Karolinger Höfen besteht keine horizontale Nutzungsmischung, lediglich im Quartier Central und im Belsenpark liegen die Durchschnittswerte mit 0,67 bzw. 0,79 ähnlich hoch wie in den Bestandsquartieren Düsseldorfs. Die Projekte setzen städtebaulich einen klaren Schwerpunkt bei der Wohnnutzung, wohingegen andere Nutzungen wie Arbeit eine untergeordnete Rolle spielen.

Mit einer geschlossenen Bauweise, einer baulichen Dichte von im Median fünf Vollgeschossen und einer maximalen Gebäudehöhe zwischen 16,1 Metern (im Mühlenquartier mit fünf Geschossen) und 61,1 Metern (im Quartier Central mit 19 Geschossen) bieten die Stadtquartiere eine dichte Bebauungsstruktur. Sie sind zwar größtenteils als allgemeine Wohngebiete festgesetzt, die Orientierungswerte für die Bestimmung des Maßes der baulichen Nutzung aus § 17 BauNVO werden aber mehrheitlich überschritten. Auch die Analyse der Gebäudevolumina zeigt, dass die Wohnhäuser in den Quartieren im Vergleich mit ihrer Umgebung ein vielfach höheres Baukörpervolumen besitzen (vgl. Visualisierung der Gebäudevolumina im Mühlenquartier in Abb. 2). Besonders auffällig ist dies bei dem Mühlenquartier, wo das Volumen einzelner Baukörper im Extremfall 26-Mal so hoch sind wie bei Wohngebäuden in der Umgebung. Die Umgebung weist demnach auch wesentlich kleinere Parzellen auf. Entsprechend werden die Quartiere auch als sehr dicht wahrgenommen. Haushalte in dichteren Quartieren sind aber nicht unzufriedener, sondern sogar tendenziell zufriedener: In den dichteren Untersuchungsräumen Quartier Central, Karolinger Höfe und im Belsenpark ist die Zufriedenheit mit den Gebäudedichten höher als z. B. im weniger dichten Mühlenquartier. Le Quartier sticht dabei als Untersuchungsraum mit der höchsten Zufriedenheit bei den städtebaulichen Quartiersaspekten heraus. Die Haushalte nehmen ihr Quartier aber anders wahr als die Analysen der Dichten in den Quartieren vermuten lassen: Im weniger dichten Mühlenquartier empfinden 64 % der Haushalte das Quartier mindestens als „eher dicht“, im urbanen Quartier Central lediglich 32 % und im Belsenpark sogar nur 22 %. Die Korrelationsanalyse zeigt aber auch, dass die Haushalte eigentlich weniger dichte Räume bevorzugen, es besteht ein stark positiver Zusammenhang ($r=0,56$; $p<0,01$) zwischen der Zufriedenheit mit Gebäudedichten und empfundener Weiträumigkeit. Auch bei der Untersuchung aller einzelnen Quartiere bleibt dieser Zusammenhang signifikant und in ähnlicher Stärke bestehen. Die Standortentscheidung der Haushalte reflektiert bereits deren Wohnwünsche und somit auch präferierte Gebäudedichten



Abb. 2 Gebäudevolumina und Grünraum am Beispiel des Mühlenquartiers und der Umgebung. Die Abbildung präsentiert das Gebäudevolumen und die Grünflächen des Mühlenquartiers, die aus Laserscan-Daten abgeleitet wurden. Die Gebäude innerhalb des Quartiers sind *in Weiß* dargestellt, während die umgebenden Gebäude *in Grau* gezeigt werden. (Eigene Darstellung)

und Strukturen, weshalb sich diese Ergebnisse auch als Erfüllungsgrad bevorzugter Wohnweisen der befragten Haushalte interpretieren lassen (Walton et al. 2008). In Quartieren wie den Karolinger Höfen, in denen die Unterschiede zwischen dem Gebäudevolumen innerhalb des Quartiers und dem umgebenden Bereich nicht so ausgeprägt sind (vgl. Tab. 3), wurde eine höhere Zufriedenheit mit der Gebäudedichte und -struktur beobachtet. Offenbar hängt die Zufriedenheit der Bewohner:innen nicht allein von der absoluten Dichte der Quartiere ab. In den dichteren Quartieren sind allerdings die Haushalte mit der Diversität von Gebäudestrukturen zufriedener, diese liegt um 0,3 Punkte über dem Durchschnitt und es besteht auch einen schwächeren, aber hochsignifikanter Zusammenhang ($r=0,28$) mit dem Eindruck größerer Mischung im Quartier. Haushalte, die ihre Umgebung als Nutzungsgemischt empfinden, sind also mit der Diversität von Gebäudestrukturen tendenziell zufriedener und umgekehrt. Die Haushalte scheinen allgemein die urbanen Charakteristika (hohe Dichte, geschlossene Bauweise, Nutzungsmischung) bei der Zufriedenheit mit städtebaulichen Quartierswerten und städtebaulichen Komponenten zu honorieren, was auch das gute Abschneiden des in dieser Hinsicht besonders herausstechende Quartier Central nahelegt.

Für das Wohlbefinden im Quartier spielen die städtebaulichen Charakteristiken und deren Wahrnehmung durch die Bewohner:innen (z.B. hässlich – schön, stressig – gelassen) eine größere Rolle. Hier schneiden die Karolinger Höfe und das Mühlenquartier im Vergleich schlechter ab. Problematisch ist besonders die Expo-

sition gegenüber Lärmquellen: Die empfundene Lärmbelastung und die Gesamtzufriedenheit korrelieren in allen Quartieren signifikant ($r=0,33$; $p<0,01$; $n=360$). Die Karolinger Höfe sind im Schnitt 60 Dezibel Verkehrslärm ausgesetzt, auch im Mühlenquartier sind es 55 Dezibel. Auch wenn die Lärmbelastung in den Karolinger Höfen zusammen mit dem Mühlenquartier mit durchschnittlich 4,06 („neutral“) als am lautesten empfunden werden, ist auch in den anderen Quartieren ist die Belastung hoch, lediglich das Quartier Grafental ist größtenteils nur wenig Verkehrslärm ausgesetzt. Naherholungsmöglichkeiten haben ebenfalls einen Einfluss auf die städtebauliche Bewertung der Quartiere: Auch wenn die Effektstärke geringer ausfällt, korreliert die fußläufig erreichbare Naherholungsfläche je Einwohner:in im 500m Radius und der Eindruck von Stress/Gelassenheit hochsignifikant ($r=0,20$; $p<0,01$; $n=360$). Je größer demnach die fußläufig erreichbare Naherholungsfläche ausfällt, desto gelassener wird das Quartier empfunden. Hier schneiden ebenfalls das Mühlenquartier und die Karolinger Höfe mit 29m² bzw. 11m² je Einwohner:in wesentlich schlechter ab als die restlichen Quartiere (vgl. Tab. 4), was sich negativ auf die Wahrnehmung auswirkt.

Im Quartier sind teils deutlich weniger sozial schwache Haushalte wie Wohngeldempfänger oder Alleinerziehende (vgl. Tab. 3) im Vergleich zum städtischen Schnitt von 1,5% Haushalten mit Wohngeldempfängern anzutreffen. Hingegen übersteigt der Anteil an Paaren mit Kindern mit fast 23% den städtischen Schnitt von 13%. Die Wahrnehmung von fast 40% der Haushalte, dass die Quartiere neutral, eher ein-

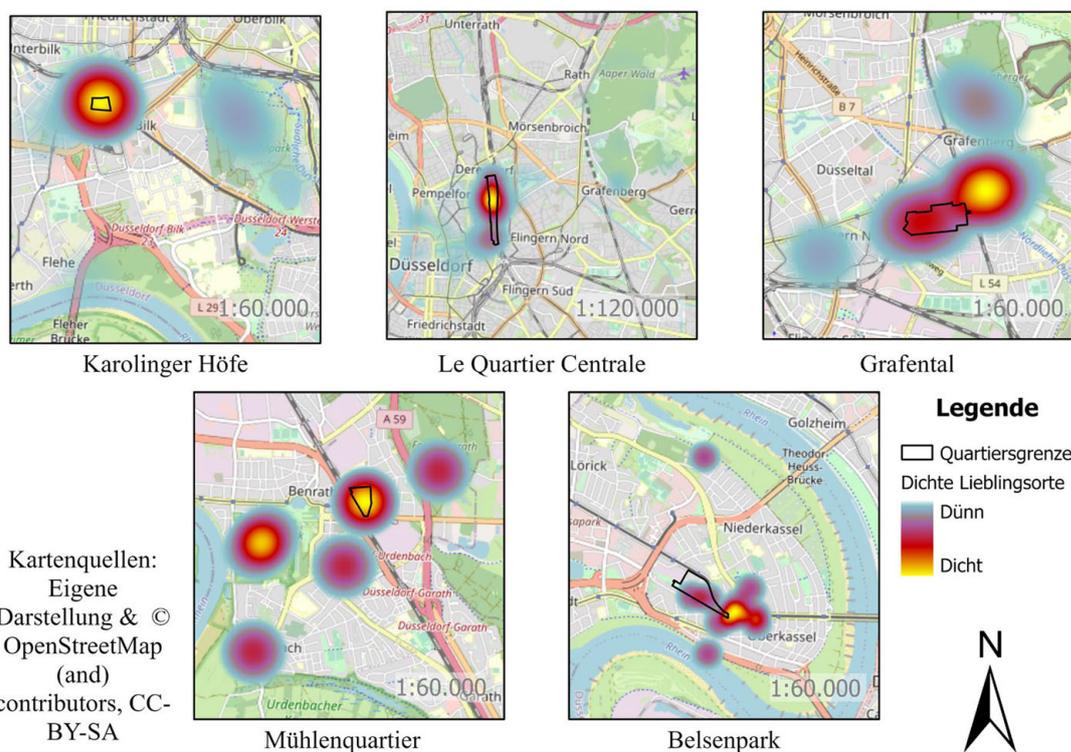


Abb. 3 Lieblingsorte der Haushalte der einzelnen Quartiere. Die Abbildung visualisiert die Lieblingsorte der befragten Haushalte als Heatmap und stellt gleichzeitig die Grenzen der jeweiligen Quartiere dar. Die Haushalte hatten die Möglichkeit, einen bestimmten Bereich zu markieren, den sie als ihren Lieblingsort in ihrer Umgebung identifizieren würden. (Eigene Darstellung)

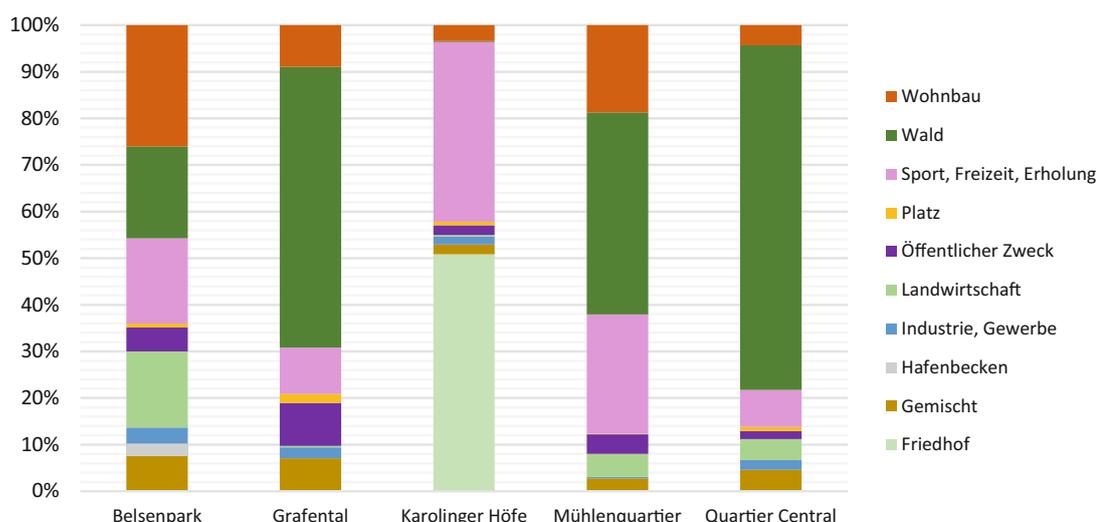


Abb. 4 Lieblingsorte nach Nutzungsart in den Quartieren. Die Abbildung illustriert die prozentuale Verteilung der Flächennutzung der angegebenen Lieblingsorte nach Quartieren. Die Kategorien der Flächennutzung wurden aus dem Liegenschaftskataster abgeleitet. (Eigene Darstellung)

heitlich, einheitlich oder sehr einheitlich sind, unterstützt insgesamt den Eindruck einer geringeren sozialen Durchmischung.

Die geografische Auswertung der Lieblingsorte zeigt, dass viele Haushalte die großen, zusammenhängenden Erholungs- und Grünflächen außerhalb der Quartiere als persönliche Lieblingsorte sehen. Zum Beispiel haben viele Haushalte im Grafental und im Quartier Central den Stadtwald in Düsseldorf eingezeichnet, im Mühlenquartier den Forst Benrath und das Benrather Schloss, und bei den Karolinger Höfen und im Belsenpark die Rheinuferflächen (vgl. Abb. 3). Sollten in der Umgebung keine zusammenhängenden Erholungsflächen zur Verfügung stehen, werden auch größere Areale wie Friedhöfe als Erholungsfläche genannt. Die Vorliebe für große, naturnahe Erholungsflächen spiegelt sich ebenfalls in den Flächenanteilen der Lieblingsorte nach Nutzung wider, bei denen Wälder, Erholungsflächen und Friedhofsflächen den größten Anteil ausmachen (vgl. Abb. 4).

Weitere empirische Untersuchungen stimmen mit dieser Erkenntnis überein und legen nahe, dass die menschliche Wahrnehmung und Zufriedenheit mit Freiräumen über den Maßstab der eigenen Nachbarschaft hinausgeht (Lee et al. 2008) und dass positive Bewertungsmerkmale hauptsächlich in Grünräumen zu finden sind (Kytä et al. 2013).

Vor diesem Gesamteindruck ist es wichtig, nicht nur Erholungsflächen in unmittelbarer Nachbarschaft zu schaffen, sondern auch die Vernetzung von großen Erholungsflächen zu fördern. Insbesondere in den Quartieren Karolinger Höfe und Mühlenquartier befinden sich die persönlichen Lieblingsorte im Schnitt mehr als 100 m von der Quartiersgrenze entfernt. Flächen innerhalb des Quartiers sind selten unter den Lieblingsorten zu finden, mit Ausnahmen wie den Parks im Quartier Central und Belsenpark sowie den öffentlichen Räumen in Karolinger Höfe, die durch große Hofstrukturen einen nach außen abgegrenzten, geschützten Bereich schaffen und somit größere Privatheit für die Haushalte gewährleisten (Reicher 2017). Im Mühlenquartier und im Grafental werden neben dem zentralen Quartiersplatz

ebenfalls die etwas introvertierteren Innenhöfe mit Spielplätzen geschätzt, speziell von Familien. Dies deutet auf eine Präferenz für öffentliche Räume introvertierten Charakters hin. Häufig sehen die Konzeptionen nur wenige dieser Flächen vor, größere Flächenanteile besitzen die öffentlichen, von der Gemeinde bewirtschafteten Park- und Platzanlagen. Bedingt durch den Geschosswohnungsbau haben die Haushalte aber sonst auch nur wenige Möglichkeiten, um sich außerhalb der eigenen Wohnung im Quartier auf den Außenflächen größere Räume anzueignen. In einer räumlichen Clusteranalyse unter Einbezug der Haushaltsmerkmale zeigt sich, dass Single-Haushalte mit jüngeren Menschen des Öfteren die Wasserlagen als Lieblingssorte angeben, Paarhaushalte ohne Kinder (sowohl ältere als auch jüngere) hingegen große Erholungsflächen wie Wälder oder Parks.

Single-Haushalte im mittleren Alter (45–54 Jahre) bevorzugen urbane Räume wie Stadtteilzentren als Lieblingssorte und sind tendenziell unzufriedener mit der Freizeitnutzung im Quartier als die übrigen Haushalte, da die Anforderungen an Freizeitaktivitäten im Quartiersumfeld möglicherweise nicht oder unzureichend erfüllt werden können. Insbesondere Haushalte mit Kindern bevorzugen viel stärker die Grünräume, kinderlose Haushalte urbane Grünflächen wie Parks oder urbane Zentren in unmittelbarer Nähe zu den Quartieren.

4.2 Faktoren für die Quartierszufriedenheit

Die erhobenen Analysedaten werden schließlich auf ihren Einfluss auf die Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier überprüft, um herauszufinden, welche Faktoren tatsächlich zur Quartierszufriedenheit insgesamt beitragen. Ein lineares Regressionsmodell wird verwendet, in dem die erhobenen Analysedaten als unabhängige Variablen dienen. Durch eine Rückwärtselimination werden Variablen sequenziell ausgeschlossen, sofern sie keinen hochsignifikanten Beitrag zur Quartierszufriedenheit leisten ($p < 0,01$). Das resultierende OLS-Modell erklärt ca. 63 % der Varianz bei der Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier (korrigiertes $R^2 = 0,629$). Die meisten Aspekte der Quartiere und Zufriedenheiten, wie soziale und Freizeitinfrastruktur, tragen nicht signifikant zur Erklärung der Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier bei.

Jedoch haben einige spezifische Merkmale einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtzufriedenheit (absteigend sortiert nach Wichtigkeit im Modell):

1. Die Zufriedenheit mit der eigenen Wohnung,
2. der Eindruck der Pflege öffentlicher Flächen (Gepflegt – Schäbig),
3. die Gesamtzufriedenheit mit der Stadt,
4. die Zufriedenheit mit der Nachbarschaft,
5. die Zufriedenheit mit den Gebäudedichten
6. das empfundene Stressniveau im Quartier (Gelassen – Stressig),
7. die Zufriedenheit mit der Diversität von Gebäudestrukturen,
8. sowie das Verhältnis zwischen dem Volumen der Quartiersgebäude und der Umgebungsgebäude.

Die Zufriedenheit mit der eigenen Wohnung ist mit Abstand der wichtigste Faktor für die Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier, gefolgt von dem Pflegezustand

(gepflegt – schäbig), der Zufriedenheit mit der Stadt und der Nachbarschaft (vgl. Tab. 5). Der Einfluss von Faktoren der Stadt- und Wohnungsebene auf die subjektive Einschätzung der Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier scheint größer zu sein als die aufgenommenen direkten Quartiersmerkmale und Zufriedenheiten. Dazu gehören die Zufriedenheit mit der Diversität von Gebäudestrukturen, der Ruhe (gelassen – stressig) sowie dem Verhältnis zwischen Volumen der Quartiersgebäude und der Umgebungsgebäude, wobei letzteres negativ wirkt, wenn die Baukörper im Quartier voluminöser sind als in der Umgebungsbebauung. Es werden keine Erreichbarkeitskomponenten abgebildet, da die zugehörigen Merkmale wie z. B. die Zufriedenheit mit der Anbindung an die Innenstadt keine Signifikanz aufweisen.

Die Kollinearitätsdiagnose zeigt, dass es unter den Quartiersmerkmalen teilweise größere wechselseitige Korrelationen (Multikollinearität) gibt, was die Interpretation des Beitrags einzelner Faktoren zur Varianzaufklärung erschwert und somit die Interpretierbarkeit des Modells beeinträchtigt. Eine Lösung für dieses Problem ist die Verwendung der Hauptkomponentenregression (PCR), die die Dimension der Quartierszufriedenheit durch eine Hauptkomponentenanalyse auf eine kleinere Anzahl von unkorrelierten Komponenten (latente Variablen) zusammenfasst, die als einfach zu interpretierende Regressionsprädiktoren verwendet werden können.

Die Ergebnisse der PCR zeigen, dass die vielen abgefragten Variablen vornehmlich auf drei identifizierten Komponenten zurückgeführt werden können, die mit 44 % einen moderaten Anteil an der Varianz der untersuchten Variablen im Datensatz besitzen. Die erste Hauptkomponente zeigt insbesondere eine starke Korrelation zwischen wertenden Beschreibungen der empfundenen Ästhetik (gepflegt – schäbig)

Tab. 5 Regressionskoeffizienten im Modell zur Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier

Name	b	β	t	p	VIF
Konstante	-1,024***	–	-3,190	0,002	–
1. Gelassen – Stressig	0,116***	0,119	3,033	0,003	1,439
2. Gepflegt – Schäbig	0,211***	0,161	4,282	0,000	1,327
3. Zufriedenheit mit der Diversität von Gebäudestrukturen	0,084***	0,090	2,121	0,035	1,679
4. Zufriedenheit mit den Gebäudedichten	0,101***	0,126	2,823	0,005	1,871
5. Gesamtzufriedenheit mit der Stadt	0,191***	0,211	5,588	0,000	1,344
6. Zufriedenheit mit der Nachbarschaft	0,179***	0,194	5,196	0,000	1,310
7. Zufriedenheit mit der eigenen Wohnung	0,361***	0,307	8,134	0,000	1,336
8. Verhältnis Gebäudevolumen im Quartier und Umgebung	-0,016***	-0,089	-2,653	0,008	1,062
Korrigiertes R-Quadrat	0,629	–	–	–	–
n (Beobachtungen)	347	–	–	–	–

Die Tabelle zeigt die Regressionskoeffizienten im Modell zur Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier. Die unabhängigen Variablen sind in Beziehung zur abhängigen Variable „Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier“ gesetzt.

Die Tabelle beinhaltet insgesamt 347 Beobachtungen.

Der Variance Inflation Factor (VIF) wurde genutzt, um Multikollinearität zu messen, also die Korrelation zwischen den unabhängigen Variablen.

Alle aufgeführten unabhängigen Variablen sind hoch signifikant ($p < 0,01$; angezeigt durch **) im Modell.

Tab. 6 Regressionskoeffizienten im PCR-Modell Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier

Name	b	β	t	p	VIF
Konstante	5,75***	0,00	129,05	0,00	–
1. Hauptkomponente 1	0,62***	0,54	13,60	0,00	1,00
2. Hauptkomponente 2	0,35***	0,31	7,69	0,00	1,00
3. Hauptkomponente 3	0,40***	0,35	8,84	0,00	1,00
Korrigiertes R-Quadrat	0,491	–	–	–	–
n (Beobachtungen)	319	–	–	–	–

Die Tabelle präsentiert die Regressionskoeffizienten im Principal Component Regression (PCR) Modell zur Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier

Anstatt individueller Merkmale wie im vorherigen Modell werden hier die Hauptkomponenten 1, 2 und 3 als unabhängige Variablen verwendet

Das korrigierte R-Quadrat beträgt 0,491, was bedeutet, dass das Modell etwa 49,1 % der Varianz in der Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier erklärt

Insgesamt basiert das Modell auf 319 Beobachtungen

Alle unabhängigen Variablen im Modell sind statistisch signifikant ($p < 0,01$; angezeigt durch ***)

und des Stresslevels (gelassen – stressig). Darüber hinaus sind auch Zufriedenheiten auf anderen Planungsebenen (Stadt, Wohnung, Nachbarschaft) enthalten (vgl. Tab. 7). Dies bedeutet, dass ein hoher Anteil der Variabilität bei der Komponente durch diese Aspekte abgebildet wird. Mit 18,66 % erklärt die erste Hauptkomponente die größte Varianz aller Komponenten. Die Zufriedenheiten auf anderen Planungsebenen sind ebenfalls in der zweiten Hauptkomponente enthalten, jedoch sind die Ladungen mit Werten zwischen 0,35 und 0,41 etwas weniger ausgeprägt. In der dritten Komponente finden sich primär städtebauliche Variablen zur Zufriedenheit mit der Diversität und Dichte der Gebäudestrukturen.

Die Anwendung der Hauptkomponenten im Regressionsmodell führt zu einer leichten Abnahme der Varianzaufklärung ($R^2 = 0,491$), alle Hauptkomponenten weisen signifikante Regressionskoeffizienten auf (vgl. Tab. 6). Besonders die erste Hauptkomponente hat die höchste Erklärungskraft für die Quartierszufriedenheit: Eine Erhöhung des Faktorscores um einen Punkt geht mit einer Erhöhung der Quartierszufriedenheit um 0,62 Punkte einher. Diese Ergebnisse decken sich mit denen des OLS-Modells, in dem die in der ersten Hauptkomponente zusammengefassten Variablen den größten Beitrag zur Varianzaufklärung leisten (Zufriedenheit auf Stadt- und Wohnungsebene sowie Ruhe und Ästhetik). Die Komponenten zwei und drei haben einen moderaten Einfluss auf die Quartierszufriedenheit mit Koeffizienten von 0,4 bzw. 0,35, wobei die dritte Komponente als Zusammenfassung der städtebaulichen Struktur etwas höhere Varianzaufklärung besitzt.

Die Transformation der Regressionskoeffizienten im PCR-Modell belegt, dass die Zufriedenheit mit der Wohnung und der Stadt weiterhin die wichtigsten Einzelfaktoren bleiben, auch wenn die Bedeutung beider Komponenten leicht abnimmt. Die Zufriedenheit mit der Wohnung hat nochmal einen deutlich stärkeren Einfluss auf die Zufriedenheit mit dem Quartier als die Zufriedenheit mit der Stadt. Andere Komponenten wie die Diversität der Gebäudestrukturen, der Pflegezustand oder die Ruhe spielen im PCR-Modell eine geringere Rolle bei der Bewertung des Quartiers. Die Bewertung der Zufriedenheit mit der Nachbarschaft und des Pflegezustands des Quartiers wurden im Ursprungsmodell sogar deutlich überschätzt. Das Verhält-

Tab. 7 Finale PCR-Regressionskoeffizienten mit den Ursprungsprädiktoren

Name	Ladung Kompo- nente 1	Ladung Kompo- nente 2	Ladung Kompo- nente 3	Komponen- tenzuge- hörigkeit	b (Ladung * Koeffizient)	Δ OLS- Modell
1. Verhältnis Ge- bäudevolumen im Quartier und Umge- bung	–	–	-0,72	3	0,01	0,03
2. Zufriedenheit mit der Diversität von Gebäudestrukturen	–	–	0,62	3	0,06	0,08
3. Gesamtzufrieden- heit mit der Stadt	0,36	0,35	–	1 & 2	0,14	0,07
4. Zufriedenheit mit den Gebäudedichten	0,33	–	0,63	1 & 3	0,06	0,04
5. Gepflegt – Schäbig	0,70	–	–	1	0,04	0,17
6. Gelassen – Stressig	0,73	–	–	1	0,04	0,08
7. Zufriedenheit mit der Nachbarschaft	0,47	0,41	–	3	0,06	0,14
8. Zufriedenheit mit der eigenen Wohnung	0,36	0,35	–	1 & 2	0,32	0,08

Die Tabelle präsentiert die finalen Principal Component Regression (PCR) Regressionskoeffizienten, jedoch werden nun die Ladungen der ursprünglichen Prädiktoren in Beziehung zu den Hauptkomponenten gezeigt

Jede Variable ist mit einer oder mehreren Hauptkomponenten verbunden, und die Größe der Verbindung wird durch die Ladung ausgedrückt

Schließlich zeigt die letzte Spalte die Differenz zwischen diesem Modell und dem ursprünglichen OLS-Modell

Diese kann dazu verwendet werden, die Auswirkungen der Hauptkomponentenanalyse auf die Prädiktoren zu verstehen

nis zwischen dem Baukörpervolumen im Quartier und der Umgebung sowie das empfundene Stressniveau bleiben auch bei der PCR relativ unwichtig für die subjektive Bewertung der Quartierszufriedenheit (vgl. Tab. 7). Diese Ergebnisse legen zusammenfassend nahe, dass Faktoren auf städtischer und Wohnungsebene für die Zufriedenheit mit dem Quartier eine größere Rolle spielen als Faktoren auf Quartiersebene. Letztgenannte umfassen sowohl ästhetische als auch funktionale und städtebauliche Aspekte, wie z. B. die Dichte und Struktur des Quartiers, die direkt oder indirekt die Nutzungsdichte beeinflussen.

5 Diskussion und Ausblick

Die vorliegende Studie untersucht sowohl charakteristische Merkmale und städtebauliche Erfolgsfaktoren als auch die subjektiv wahrgenommene Zufriedenheit von Bewohner:innen in fünf der bedeutendsten Quartiersentwicklungen in Düsseldorf der letzten Jahre. Dabei werden objektive Aspekte der städtischen Gestaltung und individuelle Wahrnehmungen der ansässigen Bevölkerung analysiert, um ein umfassendes Verständnis von erfolgreichen Quartiersentwicklungen zu erlangen.

Insgesamt wird deutlich, dass die Haushalte mit ihrer Wohnsituation im Quartier äußerst zufrieden sind und die Analyse städtebaulicher Qualitäten diesen Eindruck weitestgehend bestätigt. Es ist wichtig zu beachten, dass die befragten Haushalte nur einen Teil der Gesamthaushalte in den Quartieren repräsentieren. Von den 3.084 Haushalten wurden 361 erreicht, was einem Rücklauf von ca. 12 % entspricht. Mehrpersonenhaushalte ohne Kinder (47 %) und Eigentümer (38 %) leicht überrepräsentiert, während im Durchschnitt in den Quartieren nur ca. 29 % Mehrpersonenhaushalte ohne Kinder und 24 % der Haushalte im Eigentum leben.

Interessanterweise sind über alle Kategorien hinweg die Haushalte mit den jüngeren Menschen (unter 25) am zufriedensten mit dem Quartier. Wenn man das Alter mit der Wohnform kombiniert, bleibt dies bestehen bei Single-Haushalten und bei Haushalten mit Kindern. In der Gruppe der Mehrpersonenhaushalte ohne Kinder sind jedoch die 55- bis 65-Jährigen am zufriedensten. Ähnlich wie in anderen Studien spielt die individuelle Situation der Haushalte eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Gesamtzufriedenheit mit der Wohnumgebung (Cao 2016; Stronegger et al. 2010). Hierauf weist auch das bereits bei Walton et al. (2008) beobachtete Fehlen eines signifikanten Unterschiedes zwischen den Zufriedenheiten mit der Lebenslage sowie der Zufriedenheit mit der Nachbarschaft in den Quartieren hin. Es ist allerdings zu beachten, dass alle Befragten kürzlich freiwillig in diese Quartiere gezogen sind, was ihre überwiegend positive Einschätzung beeinflussen könnte.

Die Zufriedenheit mit der individuellen Situation der Haushalte scheint ein wichtiger Faktor bei der Variabilität hinsichtlich der Quartierszufriedenheiten zu sein, wie auch ähnliche Studien nahelegen (Cao 2016). Vor allem Haushalte, die ihre eigene Situation besonders positiv bewerten, schätzen das Quartier besser ein, was nur in bedingtem Maße für ihre Zufriedenheit mit der Stadt Düsseldorf gilt. Der Makrostandort und die eigene Wohnung haben für die Bewohner:innen aber augenscheinlich eine höhere Bedeutung als einzelne Quartiersmerkmale, weshalb diesen bei der Planung von Projektentwicklungen eine größere Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

Projektentwickler:innen und Stadtplaner:innen sind angehalten, ein besonderes Augenmerk auf die Aspekte der Wohnraum- und Stadtebene zu richten, da diese Elemente als signifikanteste Einzeldeterminanten für die Zufriedenheit der Bewohner:innen innerhalb des jeweiligen Quartiers fungieren. Es ist daher wichtig, bei der Auswahl und Planung von Projekten sowie im Marketing diese Faktoren mit der Quartiersebene zu verknüpfen. Beispielsweise sollte die Attraktivität der städtischen Ebene, wie z. B. der öffentliche Nahverkehr, vernetzte Grünflächen oder das Image der Stadt, frühzeitig bedacht werden. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei der Bewertung der Stadt- und der Wohnungsebene Zufriedenheiten mit dem Quartier mitbewertet werden. Qualitative Methoden wie Interviews könnten hier eine größere Zuverlässigkeit und Sicherheit bieten, um eine striktere Trennung zwischen der Bewertung des Quartiers und anderen Ebenen sicherzustellen.

Die Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln und die fußläufige Erreichbarkeit von relevanten Einrichtungen werden regelmäßig als wichtige Faktoren für die Quartierszufriedenheit genannt (Cao 2016) und diese sind in den untersuchten Quartieren im Vergleich zur Gesamtstadt auf einem hohen Niveau. Es ist tendenziell zu beobachten, dass der Wohnort in einem urbanen Viertel mit einer guten An-

bindung des Umweltverbundes auch mit einer geringeren Pkw-Nutzung und einer stärkeren Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, des Fahrrads und des Zufußgehens einhergeht (Scheiner und Holz-Rau 2013). Die Anbindung an das Geschäftszentrum, die soziale Infrastruktur (z. B. die Erreichbarkeit von Grundschulen) und die Nahversorgungserreichbarkeit sind die bedeutendsten Komponenten hinsichtlich der Variabilität bei der Zufriedenheit mit der Erreichbarkeit. In dieser Studie konnte kein direkter Erreichbarkeits-Prädiktor identifiziert werden, der einen signifikanten Beitrag zur Zufriedenheit mit dem Quartier leistet. Es wird angenommen, dass diese Faktoren für die quartiersbezogene Zufriedenheit in stärkerem Maße indirekt wirken.

Die städtebaulichen Faktoren haben auch einen direkten Einfluss auf die Wahrnehmung des Quartiers durch die Haushalte. Dazu zählen die Diversität der Gebäudestrukturen und die Gebäudedichte, die als wichtige Faktoren die Wahrnehmung der Haushalte beeinflussen. Die urbaneren Quartiere zeichnen sich in der Untersuchung durch eine höhere Zufriedenheit aus. Bei der Analyse des Planungsrechts und der Baukörpervolumina fällt aber die insgesamt hohe Dichte der Bebauung in den Quartieren auf, gerade im Vergleich mit dem jeweiligen Umfeld. Bemerkenswerterweise zeigt sich, dass eine erhöhte Bebauungsdichte innerhalb der Quartiere nicht notwendigerweise zu Unzufriedenheit unter den Haushalten führt, was im Widerspruch zu früheren Untersuchungen, wie beispielsweise der Studie von Cao (2016), steht. Vielmehr scheint der räumliche Kontext eine Rolle zu spielen. Die Bebauungsdichte wird in baulich weniger dichten Quartieren in einer ebenfalls weniger dichten Umgebung ähnlich wahrgenommen wie in Quartieren mit höherer baulicher Dichte in baulich dichter Umgebung. Es konnte konträr zu Dempsey et al. (2012) zwar kein Zusammenhang zwischen der Bebauungsdichte und der nachbarschaftlichen Qualität festgestellt werden, beide Faktoren tragen jedoch signifikant zur Quartierszufriedenheit bei. Es bestätigt sich auch die Beobachtung, dass Personen, die mit der Bebauungsdichte zufriedener sind, den Gebäuden tendenziell eine bessere ästhetische Qualität zusprechen (Bonaiuto et al. 2006). Zudem sind Haushalte, die ihre Umgebung als Nutzungsgemischt empfinden, tendenziell zufriedener mit der Diversität von Gebäudestrukturen und umgekehrt.

Bei der Betrachtung der Quartierszufriedenheit in Verbindung mit der Bebauungsdichte (z. B. durch Proxys wie Bevölkerungsdichte analog zu Walton et al. 2008) sollte also die absolute bauliche Dichte als Maßstab um kontextualisierende Faktoren wie die Dichte der benachbarten Bebauung erweitert werden. Das Verhältnis der Baukörpervolumen im Quartier zur Umgebung sowie die Zufriedenheit mit Diversität und Dichte von Gebäudestrukturen stellen die wichtigsten städtebaulichen Faktoren dar, die in direktem und signifikantem Zusammenhang zur Quartierszufriedenheit stehen, wenn auch mit vergleichsweise geringer Effektstärke. Die Quartiere weisen in Bezug auf die Nutzungsmischung jedoch im Vergleich zu den gewachsenen Quartieren in Düsseldorf deutlich monotonere Strukturen auf, wie sich anhand der Entropie-Berechnung zeigt. Bei der Planung künftiger Quartiersprojekte sollte daher ein besonderes Augenmerk auf eine klar kontextualisierte städtebauliche Dichte gelegt werden. Zudem sollte die Dichte der Nutzungen an einem Ort erhöht werden. Dies kann zu einer vitaleren, dynamischeren Quartiersatmosphäre führen, die soziale Interaktion fördert und zur Quartierszufriedenheit beiträgt.

Die Wahrnehmung von sozialer Dynamik und Mischung spielt eine wichtige Rolle bei der Beschreibung der Quartiere durch die Haushalte. Obwohl die Nachbarschaft insgesamt positiv wahrgenommen wird, besteht eine geringere soziale Durchmischung im Vergleich mit der Gesamtstadt, was ein wahrgenommenes Problem in der Stadtplanung und Stadtsoziologie darstellt. Es ist jedoch wichtig, diesen Aspekt im Kontext gesamtgesellschaftlicher Themen zu betrachten, da Stadtplanung und -entwicklung nicht nur die Interessen der aktuellen Bewohner, sondern auch die des Gemeinwohls berücksichtigen müssen, einschließlich Fragen des Wohnungsmarktes und der sozialen Integration. Dennoch bleibt die Frage offen, ob diese Situation für die Haushalte selbst problematisch ist. Zumindest zeigt sich, dass die Wahrnehmung einer größeren Durchmischung keinen signifikanten Beitrag zur Zufriedenheit der Bewohner:innen im Quartier leistet. Es zeigt sich, dass trotz gesellschaftlicher Anstrengungen zur Förderung der sozialen Durchmischung, dies nicht notwendigerweise als ein Faktor der Zufriedenheit für die Bewohner:innen wahrgenommen wird.

Erfreulicherweise bieten die untersuchten Quartiere im Umfeld attraktive Infrastruktur für junge Familien, wie z. B. Kitas, Schulen, Spiel- und Sportplätze. In den Quartieren leben entsprechend überdurchschnittlich viele Familien, die ihre Wohnorte ebenfalls als besonders familienfreundlich wahrnehmen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung stehen im Gegensatz zu einer aktuellen Einschätzung von Stakeholdern aus dem Wohnungsbau, die den aktuellen Städtebau als unzureichend für Familien betrachten (Kotulla et al. 2019). In dieser Untersuchung konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen Wohnungseigentümern und Mietern bei der Variation der Zufriedenheit mit dem Quartier festgestellt werden. Allerdings weisen Huang und Du (2015) darauf hin, dass der Eigentumsstatus durchaus einen Einfluss auf die Wahrnehmung des Wohnumfeldes und der Quartierszufriedenheit haben kann.

Gerade in der Zeit der Corona-Pandemie, als die Erhebung durchgeführt wurde, erlangten öffentliche Räume als Orte der Erholung und sozialen Interaktion trotz sozialer Distanzierung eine besondere Bedeutung. Bei der Qualitätsbewertung dieser durch die Bewohner:innen werden große und zusammenhängende Erholungs- und Grünflächen als besonders wertvoll empfunden. Es wird daher empfohlen, nicht nur Erholungsflächen in unmittelbarer Nähe zu schaffen, sondern auch größere Erholungsflächen zu vernetzen, um zur Entspannung im Viertel beizutragen. Die intensive Nutzung öffentlicher Räume fördert die Lebendigkeit im Viertel, jedoch sollten die unterschiedlichen Freizeiträume berücksichtigt werden, die von verschiedenen Haushalten aufgesucht werden. Single-Haushalte bevorzugen in der Untersuchung urbanere Räume wie Stadtteilzentren als Lieblingssorte, während Paarhaushalte tendenziell große Erholungsflächen wie Wälder oder Parks bevorzugen. In Anbetracht des Beitrags der anderen Erfolgsfaktoren scheint die Ausstattung mit Freizeitinfrasturktur für die Zufriedenheit mit dem Quartier aber insgesamt lediglich eine indirekte Rolle zu spielen, z. B. über den Pflegezustand öffentlicher Flächen. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass ein gewisser Mindeststandard an Freizeitinfrasturktur von Bewohner:innen erwartet wird und insbesondere deren qualitative Ausgestaltung maßgeblich zur Zufriedenheit beiträgt.

Die Untersuchungsergebnisse sind für alle Beteiligten im Planungs-, Investitions- und Immobilienentwicklungsbereich von Nutzen, da sie dazu beitragen, das Verständnis und die Steigerung der Attraktivität von Quartiersprojekten für potenzielle Käufer und Mieter zu verbessern. Durch eine bessere Berücksichtigung der Bedürfnisse und Wünsche der zukünftigen Bewohner:innen können ebenfalls Marketingmaßnahmen effektiver gestaltet werden. Die Ergebnisse zeigen die Zusammenhänge, teilweise aber auch Disparitäten zwischen gängigen Regeln für Erfolgsfaktoren in der Planung und den wahrgenommenen Qualitäten der Quartiere durch die Bewohner:innen. Besonders bemerkenswert war die Erkenntnis, dass die Gesamtzufriedenheit mit dem Quartier im Wesentlichen von Faktoren beeinflusst wird, die außerhalb der Quartiersebene liegen, vor allem der Wohnungs- und Stadtebene. Eine wichtige Limitation des Ansatzes stellt die methodisch bedingte geringe räumliche Variation der Wohnzufriedenheit dar, die mit Ausnahme der geografischen Lieblingssorte im Wesentlichen auf der Quartierszugehörigkeit beruht. Um weitere räumliche Zusammenhänge und eine räumliche Variation zu erfassen, ist z. B. die Erfassung der Wohnorte der Haushalte notwendig, die in dieser Untersuchung aufgrund der kontaktlosen Erfassung der Befragung nicht einbezogen werden konnten. Im Zusammenspiel mit weiteren partizipativen Geodaten wie z. B. Treffpunkten/sozialen Orte im Quartier oder Orten der Versorgung können so validere Erkenntnisse über die Interaktionen der Haushalte mit ihrem Quartier gesammelt werden. Weiterhin können gruppenspezifische Auswertungen wie Eigentümer/Mieter, Haushaltsgröße und Haushaltsform (Familien, Singles, Paare) Erkenntnisse über spezifische Nutzung der Räume im Quartier geben. Es wäre lohnenswert, in zukünftigen Untersuchungen auch mögliche Interaktionseffekte zwischen den verschiedenen Faktoren auf die Zufriedenheit der Bewohner:innen zu prüfen, da diese im Rahmen der aktuellen Studie nicht berücksichtigt wurden. Aufgrund des breiten Untersuchungsansatzes wurden bestimmte Themen, wie beispielsweise die Qualität der Grünräume, ebenfalls weniger differenziert betrachtet. Zudem fokussierte die Befragung die bereits ortsansässigen Quartiershaushalte, wodurch die Ergebnisse möglicherweise nicht direkt auf allgemeine Wohnungsinteressenten mit ihren unterschiedlichen Präferenzen und Entscheidungskriterien übertragbar sind.

Die geografische Begrenzung der Studie auf Düsseldorf schränkt die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere städtische Kontexte weiterhin ein. Zudem basiert die Untersuchung auf einer begrenzten Anzahl von fünf Quartieren, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse einschränkt. Darüber hinaus weisen die untersuchten Quartiere einen hohen Baustandard und entsprechende Bevölkerungseinkommen auf, was die Anwendbarkeit der Ergebnisse auf Quartiere mit unterschiedlichen sozioökonomischen Profilen limitiert.

Die Analyse zeigt auf der Ebene des Quartiers einige Verbindungen zwischen städtebaulichen Quartierseigenschaften und den Quartierszufriedenheiten auf. Diese sollte als ein vielschichtiges Konstrukt verstanden werden, das verschiedene physische und psychologische Interdependenzen beinhaltet – nicht nur auf der Ebene des Quartiers selbst. Für eine erfolgreiche städtebauliche Entwicklung ist es ebenfalls von entscheidender Bedeutung, bereits in der Planungsphase eine Integration von Faktoren auf städtischer und Wohnungsebene zu berücksichtigen.

6 Anhang

Tab. 8 Deskriptive Statistik der Zufriedenheiten unterschiedlicher Aspekte (Antwortskala 1–7)

Untersuchungsraum	Freizeitinfrastruktur	Soziale Infrastruktur	Geschäftszentrum	Arbeitsplatz	Nahversorgung	Gebäudestrukturen	Gebäudedichten	Öffentlicher Raum	Nachbarschaft	Wohnung
Belsenpark	M 6,24	6,13	6,21	5,30	6,54	5,41	4,69	5,62	5,51	6,36
	<i>n</i> 70	69	68	63	70	68	67	69	68	70
	S 0,94	1,00	1,17	1,65	0,91	1,25	1,47	1,27	1,22	0,95
Grafental	M 5,99	5,59	4,61	5,18	5,28	4,66	3,96	5,13	5,17	5,90
	<i>n</i> 71	71	71	68	71	70	69	67	71	71
	S 1,23	1,47	1,82	1,70	1,70	1,350	1,69	1,40	1,37	1,02
Karolinger Höfe	M 5,47	5,80	6,18	5,50	6,59	4,99	4,62	5,24	5,44	5,87
	<i>n</i> 81	81	82	80	81	80	81	82	82	82
	S 1,15	1,09	1,04	1,44	0,69	1,11	1,44	1,08	1,24	1,02
Quartier Cental	M 5,92	5,77	6,03	5,76	6,26	5,32	4,74	5,41	5,45	5,99
	<i>n</i> 88	86	87	85	88	88	88	88	88	87
	S 0,98	1,29	1,10	1,24	1,21	1,19	1,26	1,24	1,34	1,07
Mühlenquartier	M 5,40	6,00	5,54	5,19	5,98	4,92	4,18	5,46	5,22	6,08
	<i>n</i> 50	50	50	48	50	50	50	50	50	50
	S 1,33	1,16	1,36	1,57	1,10	1,34	1,35	1,30	1,23	0,88
Total	M 5,82	5,84	5,75	5,42	6,16	5,08	4,47	5,37	5,37	6,03
	<i>n</i> 360	357	358	344	360	356	355	356	359	360
	S 1,15	1,22	1,44	1,52	1,25	1,26	1,47	1,26	1,29	1,01

Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Bewertung (M), die Anzahl der Antworten (n) und die Standardabweichung (S) in Bezug auf die Zufriedenheiten der Haushalte für jedes Stadtquartier und für die gesamte Stichprobe
 Die Bewertungen sind auf einer Skala von 1–7 gegeben und zeigt die durchschnittliche Bewertung (M), die Anzahl der Antworten (n) und die Standardabweichung (S) für jedes Stadtviertel und für die gesamte Stichprobe

Tab. 9 Deskriptive Statistik der wertenden Quartiersbeschreibung (Antwortskala 1–7)

Quartier	Schön (7) – Hässlich (1)	Gelassen (7) – Stressig (1)	Kinderfreundlich (7) – Kinderfeind- lich (1)	Dyna- misch (7) – Tod (1)	Gepflegt (7) – Schäbig (1)	Sicher (7) – Gefähr- lich (1)	Weit- räumig (7) – Dicht (1)	Gemischt (7) – Einheit- lich (1)	Still (7) – Laut (1)
Belsenpark	M 5,99 n 70	5,68 69	5,61 69	5,46 69	5,90 69	5,75 69	4,53 68	4,55 69	4,83 69
Graufental	S 0,92 M 5,82	1,12 5,61	0,99 6,04	1,15 4,83	1,03 5,90	0,99 5,76	1,33 3,92	1,41 4,54	1,24 4,79
Karolinger Höfe	n 71 S 0,85 M 5,60	71 1,10 4,88	71 0,73 5,57	69 1,15 5,44	71 0,97 5,66	71 0,92 5,45	71 1,56 3,94	70 1,19 4,82	71 0,85 4,06
Le Quartier	n 81 S 1,11 M 6,14	82 1,30 5,30	82 1,04 5,75	82 0,90 5,55	82 0,89 5,81	82 0,93 5,80	82 1,58 4,26	82 1,27 4,31	82 1,11 4,35
Mühlen- quartier	n 88 S 0,78 M 5,88	87 1,27 5,52	87 1,00 6,14	88 0,86 5,40	88 0,84 5,94	88 1,03 5,52	88 1,36 3,48	88 1,43 4,72	88 1,18 4,06
Insgesamt	n 50 S 0,94 M 5,89	50 1,01 5,37	50 0,78 5,79	50 0,88 5,35	50 0,62 5,83	50 0,76 5,66	50 1,61 4,06	50 1,43 4,57	50 1,08 4,42
	n 360 S 0,94	359 1,21	359 0,95	358 1,02	360 0,89	360 0,95	359 1,51	359 1,35	360 1,22

Die Tabelle zeigt die durchschnittliche Bewertung (M), die Anzahl der Antworten (n) und die Standardabweichung (S) in Bezug auf die wertende Quartiersbeschreibung der Haushalte für jedes Stadtquartier und für die gesamte Stichprobe
Die Bewertungen sind auf einer Skala von 1–7 gegeben und zeigt die durchschnittliche Bewertung (M), die Anzahl der Antworten (n) und die Standardabweichung (S) für jedes Stadtviertel und für die gesamte Stichprobe

Interessenkonflikt L.L. Naumann und M. Nadler geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Agus F, Azhari M (2018) Hybrid participatory GIS-decision support model for increasing community participation in urban spatial planning. In: 2nd East Indonesia conference on computer and information technology (EIconCIT), S 61–66 <https://doi.org/10.1109/EIconCIT.2018.8878589>
- Anders S (2018) Mehrwert nachhaltiger Stadtquartiere. In: Bott H, Grassl GC, Anders S (Hrsg) Nachhaltige Stadtplanung: Lebendige Quartiere – Smart cities – Resilienz. Edition DETAIL, München, S 29–31
- Babelon I, Pánek J, Falco E, Kleinhans R, Charlton J (2021) Between consultation and collaboration: self-reported objectives for 25 web-based geoparticipation projects in urban planning. *IJGI* 10:783. <https://doi.org/10.3390/ijgi10110783>
- Bonaiuto M, Fornara F, Bonnes M (2006) Perceived residential environment quality in middle- and low-extension italian cities. *Eur Rev Appl Psychol* 56:23–34 <https://doi.org/10.1016/j.erap.2005.02.011>
- Bonaiuto M, Fornara F, Ariccio S, Ganucci Cancellieri U, Rahimi L (2015) Perceived Residential Environment Quality Indicators (PREQIs) relevance for UN-HABITAT City Prosperity Index (CPI). *Habitat Int* 45:53–63. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.06.015>
- Bott H, Grassl GC, Anders S (Hrsg) (2018) Nachhaltige Stadtplanung. Lebendige Quartiere – Smart cities – Resilienz. Edition DETAIL, München
- Breuer B (2013) Ziele nachhaltiger Stadtquartiersentwicklung. Querauswertung städtebaulicher Forschungsfelder für die Ableitung übergreifender Ziele nachhaltiger Stadtquartiere. BBSR-Analysen KOMPAKT, Bd. 09/2013. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn
- Breuer B, Schmell R (2007) Neue Stadtquartiere. Bestand und städtebauliche Qualitäten. Vorgehen und Ergebnisse der laufenden Bestandserhebung des BBR zu neuen Stadtquartieren. BBR-Online-Publikation, Bonn
- Breuer B, Schmell R (2012) Neue Stadtquartiere. Bestand und städtebauliche Bedeutung, Bonn, Berlin
- Breuer B, Schmell R (2015) Stadtquartiersentwicklung am Wasser. BBSR-Analysen Kompakt 2015:1–20
- Brown G, Kyttä M (2014) Key issues and research priorities for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research. *Appl Geogr* 46:122–136. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.11.004>
- Brown G, Reed P, Raymond CM (2020) Mapping place values: 10 lessons from two decades of public participation GIS empirical research. *Appl Geogr* 116:102156. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102156>
- Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2020) Neue Leipzig Charta, Berlin
- Cao X (2016) How does neighborhood design affect life satisfaction? Evidence from Twin Cities. *Travel Behav Soc* 5:68–76. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2015.07.001>
- Coors V, Andrae C, Böhm K-H (2016) 3D-Stadtmodelle. Konzepte und Anwendungen mit CityGML. Wichmann, Berlin, Offenbach
- Czepakiewicz M, Brudka C, Jankowski P, Kaczmarek T, Zwolinski Z, Mikula Ł, Bąkowska-Waldmann E, Młodkowski M, Wójcicki M (2016) Public Participation GIS for sustainable urban mobility planning: methods, applications and challenges. *Rozwój Reg I Polityka Reg* 35:9–35
- Deitric S, Briem C (2022) Quality of life and demographic-racial dimensions of differences in most liveable Pittsburgh. *J Urban Regen Renew* 15:193–209

- Dempsey N, Brown C, Bramley G (2012) The key to sustainable urban development in UK cities? The influence of density on social sustainability. *Prog Plann* 77:89–141. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2012.01.001>
- Dosch F, Neubauer U (2014) Kennwerte grüne Infrastruktur. In: Informationskreis für Raumplanung e.V. (Hrsg) *RaumPlanung: Handlungsraum Quartier*. Informationskreis für Raumplanung e.V., Dortmund, S 9–15
- Dunn CE (2007) Participatory GIS—a people’s GIS? *Prog Hum Geogr* 31:616–637. <https://doi.org/10.1177/0309132507081493>
- Dziomba M (2009) Städtebauliche Großprojekte der urbanen Renaissance. Die Phase der Grundstücksverkäufe und ihr Einfluss auf den Projekterfolg. HafenCity Universität Hamburg, Hamburg (Dissertation)
- Elwood S (2002) GIS use in community planning: a multidimensional analysis of empowerment. *Environ Plan A* 34:905–922. <https://doi.org/10.1068/a34117>
- Elwood S, Leitner H (2003) Gis and spatial knowledge production for neighborhood revitalization: negotiating state priorities and neighborhood visions. *J Urban Aff* 25:139–157. <https://doi.org/10.1111/1467-9906.t01-1-00003>
- Eriksson E, Fredriksson A, Syssner J (2021) Opening the black box of participatory planning: a study of how planners handle citizens’ input. *Eur Plan Stud*. <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1895974>
- Falco E, Kleinhans R (2018) Digital participatory platforms for co-production in urban development. *Int J E-planning Res* 7:52–79. <https://doi.org/10.4018/IJEPR.2018070105>
- Faller B, Hettich F, Beyer C (2018) Erfolgsfaktoren für Wohnungsbauvorhaben im Rahmen der Innenentwicklung von dynamischen Städten, Bonn
- Feldmann P (2009) Die strategische Entwicklung neuer Stadtquartiere. unter besonderer Berücksichtigung innenstadtnaher oder innerstädtischer, brachgefallener Industrieareale. In: Schulte K-W, Bone-Winkel S (Hrsg) *Schriften zur Immobilienökonomie, XVI*. Immobilien-Manager-Verlag, Köln, S 1–402
- Freudenau H, Siebert S, Bußkamp M, Bosch-Lewandowski S, Ganser R, Krug H, Runge M (2021) *Neue Stadtquartiere – Konzepte und gebaute Realität*, Bonn, Berlin
- Friedmann J (2010) Place and place-making in cities: a global perspective. *Plan Theory Pract* 11:149–165
- Gidlöf-Gunnarsson A, Öhrström E (2007) Noise and well-being in urban residential environments: the potential role of perceived availability to nearby green areas. *Landsc Urban Plan* 83:115–126. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.003>
- Greenberg M, Crossney K (2007) Perceived neighborhood quality in the United States: Measuring outdoor, housing and jurisdictional influences. *Socio-Economic Planning Sciences* 41:181–194. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2005.10.005>
- Guhl P (2018) *Die Entwicklung neuer Stadtquartiere aus städtebaulicher Sicht*. TU Dortmund, Dortmund (Dissertation)
- Handy SL, Niemeier DA (1997) Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environ Plan A* 29:1175–1194. <https://doi.org/10.1068/a291175>
- Heyder M, Huber A, Koch A (2012) Nachhaltigkeit in Stadtquartieren. Zwischen standardisierter Planung und kontextbezogenen Prozessen. In: Drilling M, Schnur O (Hrsg) *Nachhaltige Quartiersentwicklung: Positionen, Praxisbeispiele und Perspektiven*, 1. Aufl. VS, Wiesbaden, S 197–212
- Howe LB (2021) Thinking through people: the potential of volunteered geographic information for mobility and urban studies. *Urban Stud* 58:3009–3028. <https://doi.org/10.1177/0042098020982251>
- Huang Z, Du X (2015) Assessment and determinants of residential satisfaction with public housing in Hangzhou, China. *Habitat Int* 47:218–230. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.01.025>
- Hunger B, Weidemüller D, Protz R (2017) *Prinzipien für den Bau neue Wohnsiedlungen*, Berlin
- Hur M, Nasar JL, Chun B (2010) Neighborhood satisfaction, physical and perceived naturalness and openness. *J Environ Psychol* 30:52–59. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.05.005>
- Jelokhani-Niaraki M (2020) Collaborative spatial multicriteria evaluation: a review and directions for future research. *Int J Geogr Inf Sci*. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1776870>
- de Jong K, Albin M, Skärbäck E, Grahn P, Björk J (2012) Perceived green qualities were associated with neighborhood satisfaction, physical activity, and general health: Results from a cross-sectional study in suburban and rural Scania, southern Sweden. *Health Place* 18:1374–1380. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2012.07.001>
- Kahila-Tani M (2015) *Reshaping the planning process using local experiences: Utilising PPGIS in participatory urban planning*. Aalto University, Helsinki (Dissertation)
- Kahila-Tani M, Broberg A, Kytä M, Tyger T (2016) Let the citizens map—public participation GIS as a planning support system in the Helsinki master plan process. *Plan Pract Res* 31:195–214. <https://doi.org/10.1080/02697459.2015.1104203>

- Kahila-Tani M, Kytta M, Geertman S (2019) Does mapping improve public participation? Exploring the pros and cons of using public participation GIS in urban planning practices. *Landsc Urban Plan* 186:45–55. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.02.019>
- Kotulla T, Denstadli JM, Oust A, Beusker E (2019) What does it take to make the compact city liveable for wider groups? Identifying key neighbourhood and dwelling features. *Sustainability* 11:3480. <https://doi.org/10.3390/su11123480>
- Kyttä M, Broberg A, Tzoulas T, Snabb K (2013) Towards contextually sensitive urban densification: Location-based softGIS knowledge revealing perceived residential environmental quality. *Landsc Urban Plan* 113:30–46. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.01.008>
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2016) Rahmenplan Einzelhandel 2016, Düsseldorf. https://www.duesseldorf.de/fileadmin/Amt61/Planung/03_Bilder_und_Plaene/Rahmenplan_Einzelhandel_2018/RP_EZH_2016_Webversion.pdf. Zugegriffen: 30. August 2022
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2022a) Bevölkerung in Düsseldorf. https://www.duesseldorf.de/fileadmin/Amt12/statistik/stadtforschung/download/05_bevoelkerung/SD_2021_Kap_5.pdf. Zugegriffen: 6. Apr. 2022
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2022b) Düsseldorf Maps WFS-Dienst. <https://maps.duesseldorf.de/>. Zugegriffen: 3. Mai 2022
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2022c) Statistik der Wohnquartiere. <https://www.duesseldorf.de/statistik-und-wahlen/statistik-und-stadtforschung/analysen/wohnungsmarktbeobachtung/wohnquartiere.html>. Zugegriffen: 3. Mai 2022
- Lansing JB, Marans RW (1969) Evaluation of neighborhood quality. *J Am Inst Plann* 35:195–199. <https://doi.org/10.1080/01944366908977953>
- Lau J, Hashim A (2010) Liveability dimensions and attributes: Their relative importance in the eyes of neighbourhood residents. *J Constr Dev Ctries* 15(1):67–91
- Lee S-W, Ellis CD, Kweon B-S, Hong S-K (2008) Relationship between landscape structure and neighborhood satisfaction in urbanized areas. *Landsc Urban Plan* 85:60–70. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.09.013>
- Lewicka M (2010) What makes neighborhood different from home and city? Effects of place scale on place attachment. *J Environ Psychol* 30:35–51. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.05.004>
- Liu RX, Kuang J, Gong Q, Hou XL (2003) Principal component regression analysis with spss. *Comput Methods Programs Biomed* 71:141–147. [https://doi.org/10.1016/S0169-2607\(02\)00058-5](https://doi.org/10.1016/S0169-2607(02)00058-5)
- Madureira H, Nunes F, Oliveira JV, Cormier L, Madureira T (2015) Urban residents' beliefs concerning green space benefits in four cities in France and Portugal. *Urban For Urban Green* 14:56–64. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.11.008>
- Mavoia S, Eagleson S, Badland HM, Gunn L, Boulange C, Stewart J, Giles-Corti B (2018) Identifying appropriate land-use mix measures for use in a national walkability index. *JTLU*. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2018.1132>
- Mayer A-T, Schwehr P, Bürgin M (2011) Nachhaltige Quartiersentwicklung im Fokus flexibler Strukturen. Publikationsreihe CCTP, Bd. 4. Hochschule Luzern, Luzern
- McCall MK (2003) Seeking good governance in participatory-GIS: a review of processes and governance dimensions in applying GIS to participatory spatial planning. *Habitat Int* 27:549–573. [https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(03\)00005-5](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(03)00005-5)
- Mclain R, Poe M, Biedenweg K, Cerveney L, Besser D, Blahna D (2013) Making sense of human ecology mapping: an overview of approaches to integrating socio-spatial data into environmental planning. *Hum Ecol* 41(5):651–665
- Mrosek HF (2012) Städtebauliche Projektentwicklung durch private Immobilienunternehmen. TU Dortmund, Dortmund (Dissertation)
- Nagel R, Rukschcio B (2020) Baukultur Bericht 2020/21. Öffentliche Räume. Baukulturbericht, Berlin. https://www.bundesstiftung-baukultur.de/fileadmin/files/medien/8349/downloads/bsbk_bkb-20-21.pdf. Zugegriffen: 1. Juni 2022
- Obermeyer NJ (1998) The evolution of public participation GIS. *Cartogr Geogr Inf Syst* 25:65–66. <https://doi.org/10.1559/152304098782594599>
- Pánek J, Benediktsson K (2017) Emotional mapping and its participatory potential: Opinions about cycling conditions in Reykjavík, Iceland. *Cities* 61:65–73. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.11.005>
- Preda M, Vijulie I, Lequeux-Dincă A-I, Jurchescu M, Mareci A, Preda A (2022) How do the new residential areas in Bucharest satisfy population demands, and where do they fall short? *Land* 11:855. <https://doi.org/10.3390/land11060855>
- Reicher C (2017) Städtebauliches Entwerfen, 5. Aufl. Springer Vieweg, Wiesbaden

- Rössel J, Hoelscher M (2012) Lebensstile und Wohnstandortwahl. *Köln Z Soziol* 64:303–327. <https://doi.org/10.1007/s11577-012-0166-5>
- Saadallah DM (2020) Utilizing participatory mapping and PPGIS to examine the activities of local communities. *Alex Eng J* 59:263–274. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.12.038>
- Scheiner J, Holz-Rau C (2013) Changes in travel mode use after residential relocation: a contribution to mobility biographies. *Transportation* 40:431–458. <https://doi.org/10.1007/s11116-012-9417-6>
- Schmitz A (2021) Spielraum für Nachhaltigkeitskriterien. In: Götzen R (Hrsg) *Quartiersentwicklung*. DOM publishers, Berlin, S 57–63
- Schnur O (2013) Quartiersforschung Revisited: Konzepte und Perspektiven eines stadtgeografischen Forschungsfeldes. In: Deffner V, Meisel U (Hrsg) *StadtQuartiere: Sozialwissenschaftliche, ökonomische und städtebaulich-architektonische Perspektiven*, 1. Aufl. Klartext, Essen, S 17–40
- Schnur O (2014) Quartiersforschung im Überblick. In: Schnur O (Hrsg) *Quartiersforschung: Zwischen Theorie und Praxis*. VS, Wiesbaden, S 9–58
- Sherrouse BC, Semmens DJ, Clement JM (2014) An application of Social Values for Ecosystem Services (SolVES) to three national forests in Colorado and Wyoming. *Ecol Indic* 36:68–79. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.07.008>
- Singleton AD, Spielman SE, Folch DC (2018) *Urban analytics. Spatial analytics and GIS series*. SAGE, Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC, Melbourne
- Song Y, Merlin L, Rodriguez D (2013) Comparing measures of urban land use mix. *Comput Environ Urban Syst* 42:1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.08.001>
- Spars G, Guhl P (2021) Wohngebietsentwicklung heute – was lernen wir aus den letzten 30 Jahren? *Z Immobilienökonomie*. <https://doi.org/10.1365/s41056-021-00052-w>
- Stronegger WJ, Titze S, Oja P (2010) Perceived characteristics of the neighborhood and its association with physical activity behavior and self-rated health. *Health Place* 16:736–743. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2010.03.005>
- Syms P, Clarke A (2011) Good Design in the Redevelopment of Brownfield Sites. In: Tiesdell S, Adams D (Hrsg) *Urban design in the real estate development process*. Wiley-Blackwell, Chichester, S 137–158
- Teck-Hong T (2012) Housing satisfaction in medium- and high-cost housing: The case of Greater Kuala Lumpur, Malaysia. *Habitat Int* 36:108–116. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2011.06.003>
- Tome A, Santos B, Carvalheira C (2019) GIS-based transport accessibility analysis to community facilities in mid-sized cities. *Mater Sci Eng* 471:62034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/6/062034>
- Ukoha OM, Beamish JO (1997) Assessment of residents' satisfaction with public housing in Abuja, Nigeria. *Habitat Int* 21:445–460. [https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(97\)00017-9](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(97)00017-9)
- Walton D, Murray SJ, Thomas JA (2008) Relationships between population density and the perceived quality of neighbourhood. *Soc Indic Res* 89:405–420. <https://doi.org/10.1007/s11205-008-9240-9>
- Weden MM, Carpiano RM, Robert SA (2008) Subjective and objective neighborhood characteristics and adult health. *Soc Sci Med* 66:1256–1270. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2007.11.041>
- Wieland A (2014) *Projektentwicklung nutzungsgemischter Quartiere. Analyse zur Generierung von Erfolgsfaktoren*. Universität Kassel, Kassel (Dissertation)
- Willinger S (2012) Stadtquartiere mit Eigenschaften oder: Was ist das, ein gutes Stadtquartier? In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg) *Lebensraum Stadtquartier – Leben im Hier und Jetzt*. Franz Steiner, Stuttgart, S I–VIII
- Wilson MW (2020) GIS: a method and practice. In: Ward K (Hrsg) *Researching the city: a guide for students*. SAGE, Los Angeles, S 125–144
- Yigitcanlar T, Sipe N, Evans R, Pitot M (2007) A GIS-based land use and public transport accessibility indexing model. *Aust Plan* 44:30–37. <https://doi.org/10.1080/07293682.2007.9982586>
- Zehner RB (1971) Neighborhood and community satisfaction in new towns and less planned suburbs. *J Am Inst Plann* 37:379–385. <https://doi.org/10.1080/01944367108977387>

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Artikel 3: Eckdaten und Autorenbeiträge

Referenz	Naumann, L. L., Lischke, H., und Nadler, M. (2023). Empirical effects of the designation of milieu protection areas on the residential property market in Berlin. <i>Journal of Property Research</i> , 40(3):224–251. doi: 10.1080/09599916.2023.2175712
Beiträge	L.N.: Literaturlauswertung, methodisches Design, Beschaffung und Aufbereitung notwendiger (Geo-)Daten, Kartierung und Analyse, Visualisierung der Ergebnisse, vollständige Erarbeitung des Manuskripts; M.N.: Substanzielle Hinweise zum Manuskript, Konzeptualisierung; H.L.: Beschaffung der Daten, Konzeptualisierung, Literaturrecherche.
Historie	Eingereicht: 23 Februar 2022 Akzeptiert: 25 Januar 2023 Veröffentlicht: 22 Februar 2023

Unterschriften:

Lion Lukas Naumann

Datum

Holger Lischke

Datum

Michael Nadler

Datum



Empirical effects of the designation of milieu protection areas on the residential property market in Berlin

Lion Lukas Naumann ^a, Holger Lischke^b and Michael Nadler^a

^aFaculty VI - Planning Building Environment, Institute of Architecture, Dortmund, Germany; ^bDepartment of Planning and Construction Economics/ Real Estate Management, Institute for Planning & Construction Economics/Real Estate, TU Berlin, Germany

ABSTRACT

Milieu protection areas (MPAs) are a frequently used urban policy regulation method in large German cities such as Berlin or Munich. MPAs protect residents from displacement by restricting property rights in designated zones through limitations on modernisation and the conversion of rental apartments into condominiums. Policymakers expect this to have a price-dampening effect and slow gentrification while also anticipating corresponding effects on property markets. This study investigates the long-term empirical effects of these restrictions on the Berlin residential property market and examines how milieu protection affected the purchase prices and transactions of condominiums within Berlin's MPAs and their surroundings. We relate transaction data from 1991 to 2019 with other neighbourhood characteristics, regress prices, and the number of transactions using geographic information systems and regression difference-in-differences models in different spatial sub-markets both inside and outside of the MPAs. Results indicate that milieu protection reduces transaction activity in property markets and regulation has been ineffective in curbing price increases. Meanwhile, limitations on the conversion of former rental flats have led to lower price increases compared to the surrounding areas. This study contributes to the understanding of regulation as a potential determinant of supply and price effects in the property market.

ARTICLE HISTORY

Received 23 February 2022
Accepted 25 January 2023

KEYWORDS

Residential property market; housing policy; Berlin; urban policy evaluation; gentrification

Introduction

Many European cities have experienced significant population growth in recent years, leading to an increase in rents and purchase prices and thus to concerns about the displacement of residents. In many cities, public law instruments are used to regulate housing stock to protect the population from displacement (e. g., Levy et al., 2007; Lloyd, 2016).

In Germany, regulations to protect socially vulnerable residents have been in place for many years. A 'Building Land Mobilization Act' ('Baulandmobilisierungsgesetz') has recently tightened these regulations significantly in tense housing markets, where the conversion of rental apartments into condominiums is restricted and municipalities are

CONTACT Lion Lukas Naumann  lukas.naumann@tu-dortmund.de

© 2023 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

granted the right to buy first when the owner wants to sell their property. Large parts of this law are inspired by an existing regulation in the German building code BauGB (1960), in which these properties are referred to as ‘social preservation areas’ or more commonly ‘milieu protection areas (MPAs)’.

Individual neighbourhoods can be designated as MPAs to protect residents from displacement to counteract gentrification tendencies. The state hopes to limit rent increases and property prices for the local residential population in order to decelerate displacement (Mitschang, 2017, pp. 51–52). Milieu protection allows authorities to limit the modernisation of apartments through installing elevators and terraces, or merging two housing units (Eckardt, 2021, p. 30; Walser, 2018, p. 192). It applies to all condominiums (including rented condominiums) or other owner-occupied units. This has a long-term negative impact on the condition of properties within MPAs and is intended to deter investors. Since 2015, Berlin has required permits for the conversion of existing rental apartments into condominiums or other owner-occupied units in MPAs. The aim is to protect lower-income populations from displacement during conversions, and possibly, the subsequent sale of properties. Moreover, the municipality (in the case of Berlin, the district) is granted the right to buy properties first within MPAs, if it is for sale. This is often accompanied by a so-called avoidance agreement: If the investor or buyer does not want the municipality to use the right of buying first, they commit themselves to further restrictions, such as refraining from energetic renovation measures, or additions such as balconies or elevators.

In urban discourse, the effectiveness of MPAs against gentrification is controversial (Eckardt, 2021, p. 30; Walser, 2018, p. 193). Regulations on milieu protection were incorporated into German building laws as early as 1977. In the mid-1990s, however, they were first systematically implemented in the districts of Berlin (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin [SensW], 2021).

A rather unusual aspect is their spatial designation: Municipalities define parcel-specific areas in which MPA regulations apply. MPAs are comparable to zoning decisions in the US, where zoning districts set specific regulations for several purposes. This results in blocks of houses within MPAs facing homes outside MPAs just opposite them on the same street. This makes MPAs an interesting research subject because it allows comparable areas with and without regulation to be assessed. Before designation, an assessment is usually made at the request of the municipality regarding two issues: whether the conservation objectives apply to the area and whether the conditions for designation are met. The assessment focuses on the criteria for upgrading potential and demand as well as displacement risk.

A requirement for the designation of an MPA is the construction of lower-quality housing with potential for upgrades, which would displace vulnerable populations in the process. To measure this, household surveys are conducted within the areas. These surveys are methodologically questionable because households indirectly evaluate their own displacement risk and are therefore biased. MPAs are observed via annual monitoring, in which changes in housing conversions and rents are analysed descriptively. In theory, the MPA can be revoked and ended after five years; in practice, they mostly remain in place for much longer. The oldest existing MPAs at the time of this study, Luisenstadt and Graefestraße, have been in place since 1995.

While the local government of Berlin monitors rental prices, there is currently little empirical evidence of its impact on property markets. This monitoring only notes that a price increase observed in all building age segments has increased the number of conversions from rental apartments to condominiums in recent years. They conclude that the MPAs are effective, as conversions to condominiums have recently declined again (Nelle et al., 2021, pp. 64–65, 111). However, interventions in property markets often have undesirable side effects that are not anticipated by policymakers. Thus, there has been no empirical impact analysis on the property market for milieu protection in Germany or any comparable regulations internationally. Thus, a related question arises for property markets: Does regulation in MPAs affect transaction activity and prices in the property market?

Most contributions generally observe price increases and lower supply elasticity as an effect of government regulations (Gyourko & Molloy, 2015, p. 1316). However, modernisation constraints also reduce attractiveness and thus have opposite effects. Our contribution adds to the understanding of the effects of government regulatory interventions on the property market. This will allow evidence-based recommendations to accompany the introduction of similar interventions in equally tense housing markets, for example, the discussed transfer of milieu protection regulation to the United States of America by Walser (2018).

The focus of our study is twofold: (1) how do condominium markets in MPAs compare to surrounding areas and (2) what is the quantifiable impact of milieu protection regulations on condominium prices and the number of transactions. To isolate and separate MPAs from other characteristics, we use geographic information systems (GIS) and regression difference-in-differences (DID) models in various spatial submarkets both inside and outside the MPAs. The regulations in the MPAs cover all residential properties. We focus on condominiums because they accounted for over 81% of apartment transactions over the period under review and are more directly linked to the rental housing market in Germany, as they are frequently used as rental properties after purchase.¹

Literature review

The description of the phenomenon of gentrification varies, but it usually describes the transformation of a low-income neighbourhood to one that is no longer considered low-income (Watt, 2009). This transformation often creates displacement pressures where low-income residents are forced out of their homes and neighbourhoods. This can happen either directly through the demolition of flats, evictions by landlords, and rent increases, or indirectly through the loss of neighbourhood resources (see, Atkinson, 2000; Watt, 2009 for a further discussion).

Regulations [like MPAs] seek to counter these displacement pressures by limiting the quantity of new housing or increasing the costs associated with development, which reduces the potential supply of housing (Leguizamon & Christafore, 2021, p. 995). A body of research has examined the effects of regulation on the price and quantity of housing. The vast majority of these studies suggest that the average price of housing increases as supply is constrained (refer to Gyourko & Molloy, 2015, pp. 1316–1322, for an overview of numerous studies). Land-use regulations can increase the attractiveness of

an area, thus increasing the demand for housing in such areas while further limiting the supply (Quigley & Rosenthal, 2005, p. 69). The price of a high level of regulation is thus lower housing affordability for residents (Leguizamón & Christafore, 2021, p. 1011). In this context, Kahn et al. (2010) examined the impact of land use regulations on house prices, housing supply and gentrification patterns in the Californian coastal boundary zones (CBZ). They compared areas with land-use regulations with nearby areas without such regulations and found that they led to higher house prices (adjusted for quality) but a greater supply of housing. The regulations increased the attractiveness to such an extent that the demand effects had more than compensated for the supply-dampening effects. According to the authors, the introduction of CBZs also had a positive impact on gentrification in the affected areas. This result is relevant for the study of the possible impacts of MPAs, as both focus on spatial regulatory boundaries in the same local community. However, demand-side development differs in one important respect: while attractiveness is increasing in CBZs, regulations of MPAs aim to lower it (e.g. by preventing redevelopment). Leguizamón and Christafore (2021) identify that regulations do not have to increase the attractiveness of a particular place uniformly across the neighbourhood concerned. While attractiveness may be increased in areas with already high-income households, the costs of renovating or converting lower-income neighbourhoods may also be driven up, limiting the potential for these areas to experience gentrification. Leguizamón and Christafore (2021) measured this in an experiment that analysed the relationship of house prices with the probability of a neighbourhood's gentrification. In contrast to previous conclusions, higher levels of regulation were associated with almost 10% higher increases in overall house prices – the likelihood of gentrification occurring in a lower income area was nevertheless three to four percentage points lower than in less regulated counterparts.

However, not all regulations have the same effect, as regulations come in many forms. Jackson (2016) shows in a study of California cities that each land use regulation reduces permits for housing by an average of more than 6%. Zoning and general controls are the strongest barriers to development. The author further argues that not all regulatory actions harm the housing supply, stating that regulations that are classified as population controls (e.g. population growth limits) do not significantly impact development activity in the housing market (Jackson, 2016, p. 54). In many research studies, price premiums have been even higher, with an observed effect ranging from 10% (Mayer & Somerville, 2000) to 22% (Malpezzi, 1996). Particularly in urban areas where land prices represent a large share of the total costs, higher regulation is associated with higher prices (Kok et al., 2014, p. 146).

Research also indicates that the elasticity of the housing supply in the property market decreases with increasing regulation. Increases in housing and labour demand lead to greater increases in house prices and less construction activity in areas with stricter limits on the housing supply (Hilber & Vermeulen, 2016; Saks, 2008). While this is confirmed to theoretical models (Helsley & Strange, 1995), empirical studies show inconsistent indications. Davidoff (2013) could not find empirical support for the assumption that supply constraints affect housing price volatility in an empirical study of the U.S. housing cycle of the 2000s. In an analysis of English municipalities by Hilber and Vermeulen (2016), regulatory restrictions had a significant positive effect on the elasticity of the housing price-to-income ratio, which significantly increased housing price volatility,

particularly in urban areas. Milieu protection regulations are, in essence, property growth controls because they limit, in effect, the number of marketable properties. They result in the marginal cost of housing being infinite beyond a certain point because the total number of housing transactions is limited (Gyourko & Molloy, 2015, p. 1316). Somerville et al. (2020) find that, for similar regulations, acquisition restrictions have a small effect on housing prices in China, but they cause a substantial 40% decline in housing market activity in the short run, which tapers off over time.

While much of the literature indicates that regulatory interventions generally cause higher house prices and lower supply, restricting renovation activity may mitigate further price appreciation. As renovations improve residential properties by optimising their profitability, home prices rise. In particular, renovations in more modest neighbourhoods (such as MPAs) can lead to an increase in property values throughout the district (Charles, 2013, p. 1520). The location factor, precisely, appears to play a decisive role in adding value through the refurbishment of real estate (Dye & McMillen, 2007). Restrictions on renovations in the meantime hinder the improvement of the standard of housing in the area, thus, milieu protection is seen as an effective means of combating 'luxury gentrification' by some gentrification researchers (Riemann, 2016; Vogelpohl & Buchholz, 2017). However, higher housing prices do not necessarily result in higher neighbourhood gentrification. For example, if regulations restrict the ability of developers and households to renovate the existing housing stock and build new housing, this reduces the likelihood that a relatively low-income neighbourhood will experience gentrification because of the limited ability to increase its attractiveness (Leguizamón & Christafore, 2021, p. 1011). The conversion of rental apartments into condominiums may also be accompanied by the direct displacement of former residents. In their work on displacement causes in Berlin, Beran et al. (2019) found several negative effects of terminations on displacement due to owner-occupancy or housing modernisation.

In German literature on gentrification, there is considerable interest in evaluating the effectiveness of MPAs in securing affordable housing, although empirical research is lacking. Becker (1994) considers milieu protection as a powerful instrument for protecting affordable housing and thus emphasises its property as an instrument for preventing gentrification. Vogelpohl (2013) also classifies MPAs as a means of curbing rising rents, tied to three conditions: (1) The early enactment of such areas, (2) the strict interpretation of the permit requirements, and (3) the area-wide use within a city. Riemann (2016) supports this view from a legal perspective but also notes in this context that these conditions often express themselves as the actual limits.

Geßner (2008) concludes that long-term milieu protection in the sense of protecting the existing resident population is only possible in areas that have previously undergone extensive upgrading². However, such a combination would hardly prevent gentrification since it essentially supports displacement processes. Although new residents were protected effectively, the population composition existing before the start of development was acutely threatened by displacement. Such an approach would also therefore contradict the fundamental objectives of milieu protection (Mitschang, 2017).

Empirical studies have also been published on the effects of urban development interventions and regulations such as urban renewal areas or heritage conservation areas on prices, which positively affect property values (Ahlfeldt et al., 2017; Nettet & Oust, 2019; Oba & Noonan, 2017; Zahirovic-Herbert & Chatterjee, 2012).

Based on the empirical literature, we assume that regulation by the MPA has a threefold effect on the supply of residential properties in the market. First, the supply of condominiums within MPAs diminishes because converting rental apartments or non-residential units into condominiums is prohibited. Many renovation projects (e.g. a new bathroom or balcony) are subject to permit restrictions, which further limits the marketability of some apartments. Furthermore, owners who sell their apartments may fear that the state will use its right to buy first and force the owners to comply with certain obligations (e.g. limiting renovations). However, the increase in demand (analogous to the aforementioned study results of Kahn et al. (2010)) due to attractiveness gains could compensate for this effect. In the case of housing prices, the empirical literature further finds that regulations cause prices to rise (not to be confused with a higher displacement rate). Moreover, a special feature in the MPAs is the prohibition of some measures to increase attractiveness (e.g. renovation); however, the extent to which these regulations influence the price formation, as well as individual components of the properties, remains unknown.

Data sources and study area

The study area is in Berlin and the instrument's importance for Berlin can already be seen in the area covered: While approximately 4% of the city area is designated as an MPA, approximately 787.000 of the 3.8 mil. residents lived in MPAs in 2020. In Friedrichshain-Kreuzberg, a popular district in Berlin, 40% of the area is designated as an MPA. Because tenant ratios are particularly high in MPAs (92% in 2019 compared to 82% in the rest of the study area), there is (theoretically) higher risk of displacement due to sharp rent increases in recent years, especially if the proprietor takes advantage of rent growth potentials.

We analyse data from the Expert Committees for Property Values ('Gutachterausschuss für Grundstückswerte Berlin'), which provides a dataset for the MPAs with all condominium transactions since 1991. In this collection of prices, all contracts for the sale of real estate property of a municipality are recorded. The entry in the purchase price collection is made when the buyer and seller have already agreed on a contract. This is of great advantage, as the actual prices of the transactions are reflected, unlike the real estate listings on real estate portals. The committee also captures relevant characteristics of the properties. At the time of data collection in 2019, 59 MPAs existed in Berlin. Our control group of the surrounding areas includes all transactions in the 37 local districts (the next-smallest unit of analysis after city districts) that are located within a 500 m radius of the MPAs.

The dataset includes 229,369 data records on condominium transactions in the study area from 1991 to 2019. Among these, 26,675 transactions are within MPAs at the time of transaction (see, [Figure 1](#) for borders of the MPAs). All transactions have a time stamp, which we compare with the respective MPA's enactment time that is also available. If a transaction is considered to be both spatially within an MPA and temporally completed after the enactment of the regulation, it is counted as a transaction in the MPA. The transactions mostly involve private individuals; among buyers, 95% were private individuals, both in MPAs and outside. Among the sellers, approximately 40% are private individuals and 50% are companies; public-sector actors play only a minor role. The

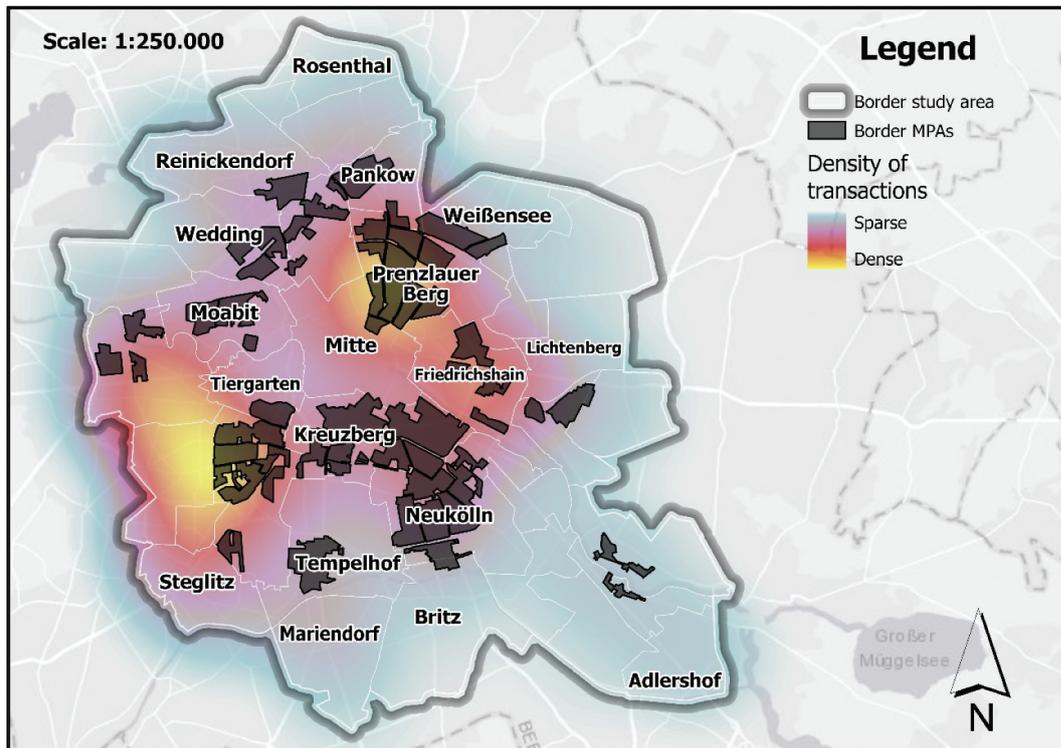


Figure 1. Study area: Milieu protection areas in Berlin 2020 and heat map of available transaction data 1991–2019.

original price data contains 96 different attributes. The position accuracy corresponds to the block level, which in the vast majority, contain up to 1,000 residents with an average size of five hectares. The block allocation contains the greatest possible geographical accuracy while the anonymity of the transactions remains preserved. The allocation of the transactions to the MPAs is thus possible without any problems due to the block-wise boundaries of these.

The transactions do not contain information on every characteristic of the property. For this reason, the data set had to be cleaned up accordingly. The number of cases examined is therefore reduced to 221,703 transactions. Only condominium transactions with block allocation, area details, and the contract type ‘purchase and offer/acceptance’ (e.g. no foreclosure) were considered. There are also implausible transactions in the present data set that deviate significantly from the usual transactions for reasons that cannot be verified (presumably personal circumstances or similar) and are therefore treated as outliers. In our dataset, transactions with purchase prices below €1,200/sqm and above €7,000/sqm (greater than or less than two times the standard deviation) are excluded. This further applies to buildings built before 1870, condominiums with living areas below 30 sqm and above 150 sqm, and special building types (e.g. vacation homes). In the corrected data set, the average purchase price outside of the MPAs was €161,667.71 (€2,125.16 per sqm); in the MPAs, this price was slightly higher at €213,758.24 (€2,876.57 per sqm). The average size of the condominiums was 72.99 sqm, in MPAs it was 73.24 sqm. Complete descriptive statistics on the transactions are described in [Table A2](#) of the

appendices, and the variables used to estimate the regression DID model are described in detail in Table A1 of the appendices.

Important attributes that are available in full include: purchase agreement date, seller and buyer group (e.g. private individual, company, state), floor space, purchase price, or statistical block number. We localise the transactions using a GIS to enrich additional location variables that are important for the regression DID model (Gröbel & Thomschke, 2018; Herath & Maier, 2013) and to explore implicit spatial relationships. The polycentric structure of Berlin poses a challenge for the price-relevant centrality and neighbourhood characteristic measurements. Location effects are therefore also simulated by measuring the travel time by public transport to the main station and the nearest university. In addition to the inclusion of the local district, a kernel-smoothed density of bars, pubs, nightclubs, and hotels existing in 2019 is mapped for the centrality measure. The search radius of 848.7 m used in the density calculation corresponds to the weighted standard distance around the geographical centre of the area.

Materials and methods

The objective is to isolate the effect of regulations in MPAs in condominium transactions. To achieve this objective, we use a modified regression DiD model for (a) the number of transactions to measure transaction activity and (b) purchase prices. One advantage of using a regression DID model is that it is easy to add and control for additional covariates in this framework (Angrist & Pischke, 2009, p. 176).

The dataset contains records indicating whether the transaction took place in an area that was an MPA at the exact date of the transaction. This allows us to measure spatial and temporal characteristics that arise due to the MPAs being established at different points in time, rather than all at once. Thus, transactions in the same area can belong to the treatment group if they happen after the establishment of an MPA, or the control group if the transaction happened before the establishment of an MPA. The third possible case, transactions of properties that were previously within MPAs but are not anymore, is not reflected in our data since, to the best of our knowledge, there is no comprehensive record showing the revocation dates of MPAs. This strategy follows similar approaches that use spatial and temporal factors to accurately determine the treatment and control groups (Linden & Rockoff, 2008; Pope, 2008; Turnbull et al., 2019). The model, therefore, takes the form

$$Y = \alpha + \beta_j X + \beta_{MPA} MPA + \gamma_j (X_j \cdot MPA) \quad (1)$$

where Y is the vector of either logarithmised transaction prices or number of transactions for properties; α is a constant; β_j is a vector of coefficients for characteristics j ; X is a matrix of property characteristics (e.g. floor space, elevator, balcony, and so on), as well as temporal (transaction year) and spatial characteristics (local district, proximity to amenities) j for transactions i ; β_{MPA} is the coefficient for variable MPA ; MPA is a vector that, for each transaction i , takes the value 1 if the transaction occurred in an area and at a time where and when an MPA regulation was in effect, and 0 otherwise; γ_j is a vector of coefficients for the interaction between property characteristics and MPA ; and $X_j \cdot MPA$ is the interaction between property characteristics and MPA . It should be noted that the

model for the analysis of the number of transactions does not include characteristics of the condominiums themselves as the calculations are performed on the aggregated block level, not on the level of individual properties.

Statistically significant interaction effects would indicate that the respective transaction characteristics are valued differently for condominiums located in MPAs compared to those outside of MPAs. These differences can then be compared with policy objectives to assess the efficacy of MPAs. The models are further tested for the assumptions of linear regressions, such as heteroskedasticity, autocorrelation, and multicollinearity to assess the reliability of the results.

Results on the residential property markets in Berlin

Transaction analysis results

To better understand differences in the number of condominium transactions over time, we first consider trends in the number of MPAs in our interpretation. Among current MPAs, Luisenstadt and Graefestraße in the District Friedrichshain-Kreuzberg were the first two designated areas in 1995. Subsequently, the number of areas only grew slightly to 12 by 2014. In the following years until 2019, the number of MPAs grew rapidly by 46 new areas to a total of 59 MPAs at the time of the study. In 2015, the Berlin state government applied a conversion regulation in all MPAs.

The overall number of transactions in the study area has been quite volatile since 1991 since this period is associated with the real estate boost and crisis of the late 1990s, followed by a long period of relative stagnation (see, [Figure 2](#)). Since about 2010, recovery has regained momentum, peaking in 2015 after a slight downturn and then a sharp downward turn. Finally, transactions end up at a total of approximately 6,500 which equals the level from the year 2000.

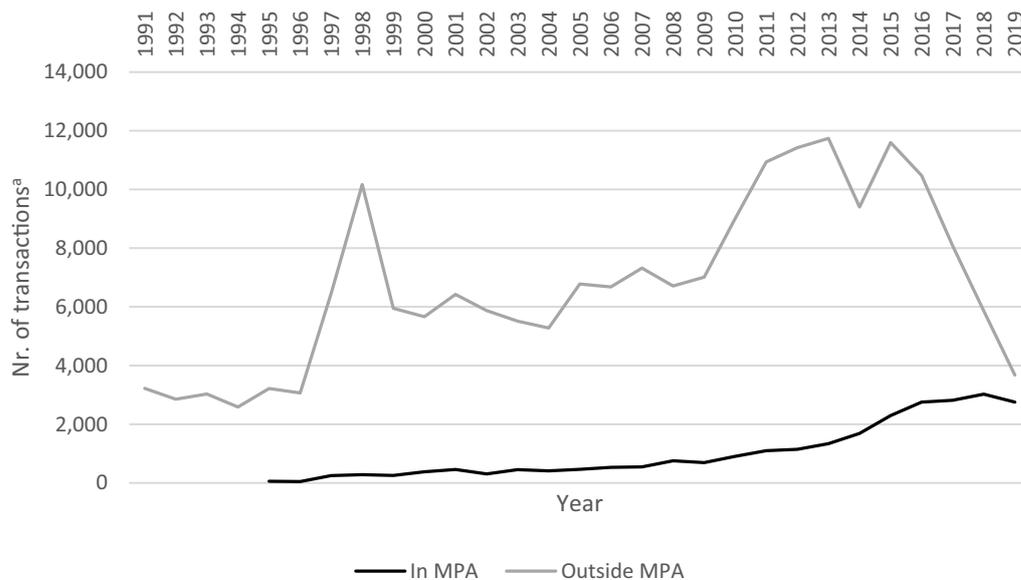


Figure 2. Number of transactions inside and outside of the MPAs 1991–2019 in the study area.

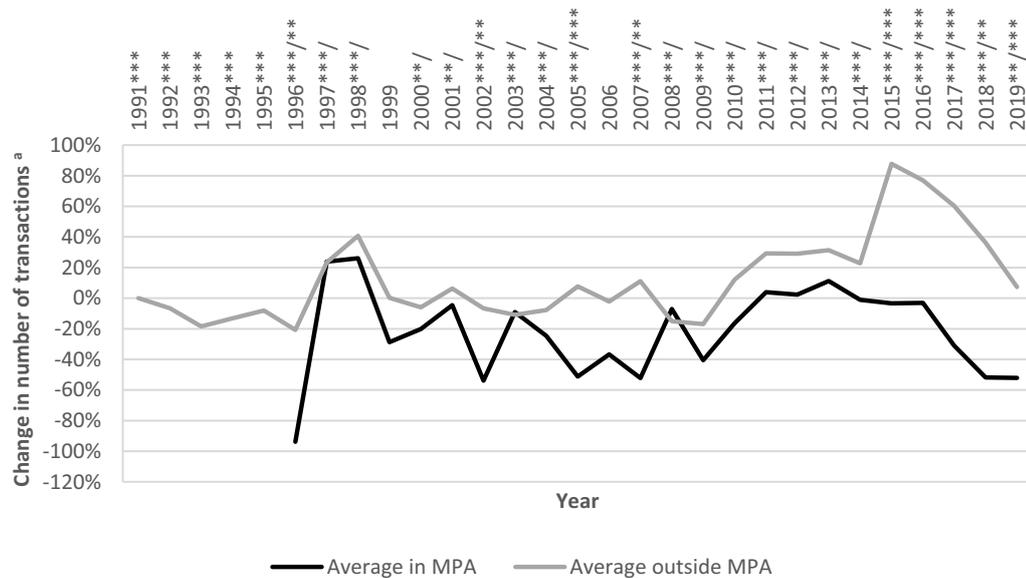


Figure 3. Change in number of transactions at block level compared to baseline in 1991 derived from the regression model. ^a logarithmic, controlled for location; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$. The first asterisk before the slash shows the significance of the year (main effect), the second asterisk after the slash shows the significance of the MPA effect.

The number of transactions in the MPAs has risen steadily over the years. While the share of total transactions was below 10% until 2012, it steadily increased from approximately 10% in 2013 to 43% in 2019. This is largely due to the increased designation of MPAs. Remarkably, the number of transactions has been growing steadily since 2015, although transactions in the non-MPAs and overall declined significantly.

Our regression analysis on annual transactions shows significant differences between the MPAs and the rest of the areas for eight out of 28 years (See, [Figure 3](#) or [Table 1](#) or 2 for numerical data). We recognise that the number of transactions in MPAs is frequently lower. Especially significant declines in the MPAs in 1996 (right after the first MPAs were established in 1995) and especially after 2015 (after the extension of the conversion regulation to all MPAs and the designation of eight new MPAs in 2014) imply the effects of MPA regulation on the number of transactions. The development in 2015 is remarkable, as the number of transactions in the MPAs is still falling slightly, while there is already a strong increase in the rest of the study area.

In both declines, the number in the following years approximates the dynamics of the non-MP areas, although there is generally a sharp decline in the number of transactions across the study area from 2015 onwards. Transactions in MPAs have been significantly far below normal levels since 2015, which is certainly due to increased regulation. Transactions in the more peripheral districts such as Friedrichsfelde or Ober- and Niederschöneweide have declined even further, but popular local districts such as Friedrichshain, Kreuzberg, and Prenzlauer Berg show no further significant differences in terms of their transaction activity. In only two of the eight districts with significantly different transaction rates were these lower in the MPAs than in the rest of the district. In six MPAs, however, they were higher. After 2015, however, these effects are mostly



Table 1. (Continued).

	Transactions			Prices		
	Main Effect Exp. (B)	Interaction Effect Exp. (B)	Total MPA (Main + Interaction) Exp. (B)	Main Effect Exp. (B)	Interaction Effect Exp. (B)	Total MPA (Main + Interaction) Exp. (B)
Year 1997	0.234***	0.152	0.386	0.004	0.168***	0.172
Year 1998	0.408***	0.001	0.409	0.010*	0.130**	0.140*
Year 1999	0.002	-0.142	-0.140	-0.070***	0.025	-0.045
Year 2000	-0.060**	0.005	-0.054	-0.091***	0.126**	0.036**
Year 2001	0.064**	0.039	0.102	-0.117***	0.191***	0.074***
Year 2002	-0.067***	-0.324**	-0.391**	-0.156***	0.012	-0.143
Year 2003	-0.109***	0.166	0.057	-0.175***	0.039	-0.136
Year 2004	-0.077***	-0.021	-0.098	-0.229***	0.022	-0.206
Year 2005	0.077***	-0.441***	-0.364***	-0.243***	0.112**	-0.131**
Year 2006	-0.022	-0.197	-0.219	-0.197***	0.083*	-0.114*
Year 2007	0.111***	-0.485***	-0.374***	-0.129***	0.153***	0.025***
Year 2008	-0.150***	0.227	0.077	-0.126***	0.248***	0.122***
Year 2009	-0.170***	-0.088	-0.258	-0.140***	0.223***	0.084***
Year 2010	0.121***	-0.136	-0.016	-0.112***	0.242***	0.130***
Year 2011	0.292***	-0.105	0.187	-0.015*	0.265***	0.250*
Year 2012	0.291***	-0.120	0.171	0.087***	0.285***	0.372***
Year 2013	0.314***	-0.055	0.259	0.198***	0.266***	0.464***
Year 2014	0.228***	-0.092	0.137	0.283***	0.275***	0.558***
Year 2015	0.877***	-0.763***	0.114***	0.355***	0.303***	0.659***
Year 2016	0.770***	-0.653***	0.117**	0.466***	0.320***	0.786***
Year 2017	0.603***	-0.766***	-0.163***	0.590***	0.319***	0.909***
Year 2018	0.362***	-0.733**	-0.371**	0.677***	0.328***	1.004***
Year 2019	0.073**	-0.446***	-0.373**	0.772***	0.327***	1.099***
MPA	-0.148	0.54		-0.369***	0.00	
R-Square	0.149			0.814		
Adjusted R-Square	0.148			0.814		
n (Observations)	221.702			221.328		

The table shows the variables of the regression DID model in which MPAs were included as interaction variables in a joint estimation. The total coefficient in MPA is the product of the main effect and the interaction effect MPA. Due to space constraints, the regressors of the individual local districts in the DID pricing model are listed in Table 2 in the appendices. Travel times are via public transport. Standard errors are heteroscedasticity robust and assessed for collinearity. *** p < 0.01, ** p < 0.05, * p < 0.10. The explained variance in the transaction-model is relatively small at 0.139 (R²), this does not affect the interpretation of the differences between the main effect and the interaction effect. The interaction model increases the explanation of variation by approximately 10%.

^a This is an interaction variable which is summed up with the main effect and was already added to the main effect.

Table 2. Selected Regression-DID estimates of MPA effect on prices and number of transactions, 1991–2019.

Explanatory variable	Dependent variable:	Dependent variable:
	ln (No. of transactions)	ln (Price)
	(1)	(2)
MPA (dummy)	–0.148	–0.369***
Floor space (ln)	–	–0.025***
Conversion into condominium	–0.090***	0.037***
Central heating	–	0.189***
Balcony	–	0.016***
Year of construction before 1945	–	0.054***
Year 2015	–0.763***	0.303***
Year 2016	–0.653***	0.320***
Year 2017	–0.766***	0.319***
Year 2018	–0.733**	0.328***
Year 2019	–0.446***	0.327***
Property characteristics	No	Yes
Local districts fixed effects	Yes	Yes
Year fixed effects	Yes	Yes
Observations	221.702	221.328
R-squared	0.149	0.814

Note: MPA = Milieu Protection Area, *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$

outweighed as the negative interaction effects of MPAs from 2015 to 2019 are mainly larger than the positive effects of individual MPAs.

The transaction activity of former rental flats (converted to condominiums) is moderately higher, but not within MPAs. After 2015, the transaction rates for this property type become significantly lower but remain stable in the MPAs. Many rental flats were presumably converted shortly before regulation and sold in the following years (former flats converted into condominiums do not have to be sold immediately in Germany). Overall, we find that the designation of MPAs ultimately negatively impacts transaction activity. But this does not apply equally to all districts and transaction rates decline a little less in more popular districts. We also observe more former rental housing being sold in MPAs after 2015, which is a sign that landlords converted their flats into condominiums in anticipation of MPA regulation.

Price analysis results

A general increase can also be observed in the price trend, accelerating from around 2010. Descriptive statistics show a comparable development for MPAs and their surrounding areas, although the development in MPAs is rather volatile (see, [Figure 4](#)). Since 2006, prices here (apart from 2011) have been higher than in the surrounding areas, albeit slightly. Similar to transactions, prices stopped growing in MPAs in 2015 and 2016, after which prices in the rest of the areas caught up. However, since 2018, the gap has been widening again as prices in MPAs pick up more strongly.

[Figure 5](#) shows the analysis of the regression DID model conducted on the purchase prices. These initially rose slightly, only to fall in the mid-1990s to –25% of their 1991

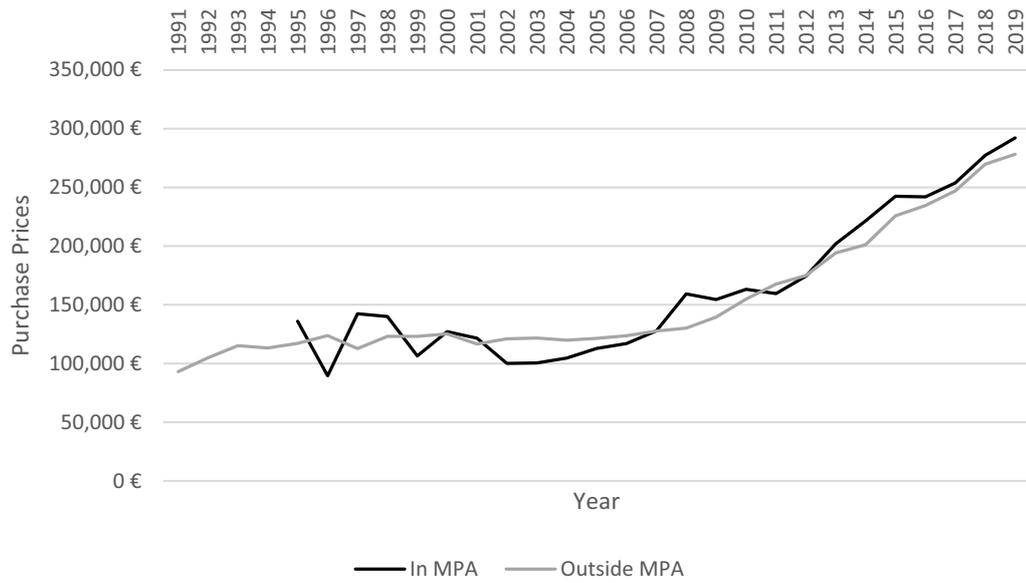


Figure 4. Average price inside and outside of the MPAs 1991–2019 in the study area.

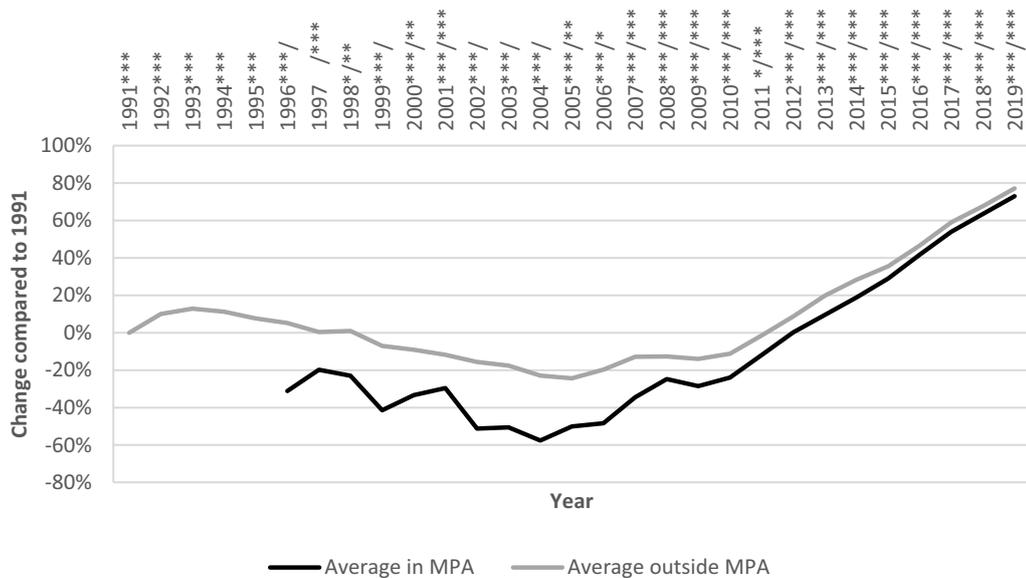


Figure 5. Change in condominium prices compared to baseline in 1991 derived from the hedonic model. ^a logarithmic, derived from the regression DID model in Table 1; *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$, The first asterisk before the slash shows the significance of the year (main effect), the second asterisk after the slash shows the significance of the MPA effect.

level in 2005. The model also shows that an upward trend has been evident again since 2006, accelerating further since 2010.

Many of the price differences previously noted between the MPAs and the other areas are likely to be related to housing characteristics and only partly to the locations within an MPA. Transactions in the MPAs are generally associated with slightly lower prices

when characteristics are considered. A difference of up to 35% can be observed up to 2006. The difference subsequently levels out until it finally amounts to only 4% in 2019. On the contrary, a decline in transaction activity observed in 2015 had no apparent impact on prices. We did not see any slowdown in price increases due to regulations within MPAs when the Berlin property market became attractive again around 2011. MPAs tend to be established in areas with socially weaker populations, which explains the difference observed between MPAs and the other areas throughout the overall period. If the designation of MPAs were effective in containing prices, this difference would have to increase, or at least not continue to converge. As far as price differentials are concerned, regulation has not led to significant disparities.

To explore the question of whether transactions differ structurally across areas, we looked at pricing for some characteristics and noted differences in transaction characteristics between MPAs and non-MPAs. Considerably fewer apartments with occupancy rights for social housing were sold in the MPAs (4% vs. 15%). They are more often equipped with central heating; 98% of condominiums do have, compared to 93% outside of MPAs. Moreover, hardly any social housing has been sold, as shown by the comparatively low levels of public subsidies. The buildings are nearly 100 years old on average and 75% were built before 1945, which is indicative of the historic character of the pre-war neighbourhoods (Charles, 2013, p. 1519). In non-MPAs, the buildings were mostly built after 1945. Other major differences in structural characteristics of the apartments are not evident, which may contradict the premise of regulation. This could suggest that the claimed differences are not that great (which underpins the criticism of the MPAs designation process) or that only apartments with certain characteristics are sold within MPAs. Since there is limited information collected on structural characteristics, we cannot conclusively determine this.

We further derive the differences in the pricing of various characteristics in the MPAs and non-MPAs from the regressors of the DID model (see, Table 1). The discussion of the coefficients at this point is limited to the interpretation of the most central differences. Among the structural variables, there are many contributing factors to the purchase price. The size/floor space is the most important (1.07% additional living space), and price differences in the MPAs are small (-0.03%). The premium for historic buildings (built before 1945) is moderate overall (6.7%) but increases sharply to 12.1% in MPAs compared with the reference group. In MPAs, buyers pay a much higher premium for historic buildings than in other areas. Since the share of condominium transactions in historic buildings is relatively high in MPAs, this is a particularly important factor. Consequently, this effect is reversed in newer buildings. Transactions of condominiums in new buildings (not older than 5 years) are generally associated with price increases of 36.4 %, while this drops to 25.6 % in the MPAs. While the rules of milieu protection only apply to existing buildings, it may be the historic buildings that are popular in MPAs and therefore diminish the marginal effect of new construction.

When examining the price effects of former rental apartments that were converted to condominiums, which are particularly regulated in MPAs and often associated with luxury renovations and displacement, we find an overall price discount of 6.7%. In the MPAs, this effect weakens considerably, with a discount of only 3% compared to the reference group. However, when looking at transactions after 2015 (the year where regulations of conversions to condominiums were introduced comprehensively in

MPAs), a different finding emerges: Converted apartments are sold at a premium of 0.8%, while there is still a discount of 4.6% in MPAs. We found no evidence that former rental housing in the study area was specifically converted to higher-quality residential properties, but there is a clear indication that restricting conversion may well lower prices for transactions in former rental housing, partly reflecting the short-term increase in the supply of converted condominiums that resulted from the increased conversion seen shortly before regulation.

Considering the restrictions on modernisation in MPAs, we examine whether differences in pricing can be identified for structural housing characteristics. This shows a difference in the price premium for balconies becoming greater. Within MPAs, there is a premium of 4.3% compared to the reference group, whereas outside the MPAs, the premium only amounts to 2.6%. This also applies to elevators, where the premium rises from 10.2% to 12.1%. We interpret the price premiums due to regulation within the MPAs, which prevents the modernisation of the structural equipment of apartments. It is possible that due to the historic building structure of many MPAs, balconies and elevators are less common and therefore associated with higher prices. However, this may also reduce the potential for upgrading the apartments and thus reduce the risk of displacement.

If the condominium was (partially) financed by the social housing programme at the time of construction, a price discount of -9.8% is observed, reflecting a lower construction standard of these apartments. This type of housing is important for the supply of affordable housing and to provide existing tenants the opportunity to purchase their apartments. This discount is even bigger in MPAs (-14.7%). Thus, according to our evaluations, the former social housing is not being sold at comparatively soaring prices nor as luxury refurbishment, even within MPAs, and are comparatively rare among the transactions in the milieu protection areas.

Due to the spatial segmentation of transaction prices, fixed effects of all local districts are also included in the analysis (see, [Table A3](#) in appendices). The location in the model is interpreted in comparison to the Reinickendorf district since the lowest average prices were obtained here. A significant location effect can be identified for almost all local districts, with Tiergarten Süd and Prenzlauer Berg at the top with 39.6% and 36.7% respectively. A significant difference in MPAs can only be observed in Neukölln, Oberschöneide, and Wedding. Only Oberschöneide has a negative coefficient (-24.6%); and Neukölln and Wedding MPAs are associated with significantly higher purchase prices ($+28.7\%$ and $+13.8\%$).

Over the observation period since 1991, transactions in MPAs have tended to be associated with lower prices, as shown by the significant main effect of milieu protection. This reflects a 36.9% drop in transaction prices compared to the reference group. The significant interaction effects of MPAs with a year of transaction (see, [Figure 5](#)) gradually capture more and more of this effect from 2007 onwards (e.g. $+29.8\%$ compared to non-MPA in 2019. See, [Table 1](#)). The differences between individual MPAs (apart from exceptions such as Neukölln, Wedding, and Oberschöneide, where prices tended to be even higher) are not as great as the observed decline in the number of transactions. This suggests that prices in MPAs have caught up with other areas at a tremendous pace in recent years, especially in certain districts. This coincides with the time of a generally tight housing situation in Berlin in certain popular neighbourhoods. Milieu protection

does not seem highly effective in dampening prices for residential properties in this market environment.

Discussion

The debate about appropriate strategies for urban development has become a controversial issue, with tenant protection and property promotion often at odds with each other. During the housing crisis in many European metropolises, ownership-restrictive instruments are repeatedly proposed as a means of solving housing issues. In this paper, we examined the instrument of milieu protection and its effect on condominium transactions in Berlin, which restricts the property rights of owners to protect the local population from gentrification. The results can be used to raise awareness of the previously unknown cause-and-effect relationships and make decision-makers aware of them.

In our regression DID analysis, we found that MPA designation reduces the overall condominium transaction rates significantly. This may be attributed to a reduced supply of condominiums due to the difficulty of converting rental housing in MPAs and the lower modernisation rate. This impact was smaller in popular local districts, probably because the attractiveness of the real estate market was high enough to disregard MPA restrictions. This is shown by the lack of significant differences in the number of transactions between MPAs and non-MPAs in the local districts of Prenzlauer Berg, Friedrichshain, and Kreuzberg (see, [Table 3](#) in the appendices). This difference across the local districts indicates that regulations likely did not add to the attractiveness (whereby the demand effects, similarly to the results of Kahn et al. (2010), might have over-compensated for the supply-dampening effects) but were already established in areas with existing high housing demand. Negative supply effects observed in previous studies on regulations are thus generally also observed following the establishment of MPAs. However, these impacts can be compensated for in popular districts, but not in the other local districts. Furthermore, we discovered that especially former rental flats in MPAs have higher transaction rates, which may be due to owners' anticipation of these regulations. This jeopardises short-term effectiveness because it motivates the owner to convert, which makes it easier to resell but also potentially facilitates displacement. The deteriorated supply situation in the MPAs outside popular neighbourhoods is likely to hurt property formation. Households (both Berlin residents and immigrants) who need to resupply in the property market are disadvantaged. Even if the formation of home ownership is an often-affirmed political goal, the shortage of condominiums in the MPAs is part of the MPA conception.

To assess effectiveness, it is necessary to measure the impact of the supply shortage on transaction prices in the MPAs, which may also be reflected in rents in the long term. Our regression DID approach has shown that prices in MPAs have increased considerably faster than in surrounding areas in recent years, but the baseline level of transaction prices was much lower. While in the 1990s and 2000s, the differences were consistently over 20%, and this went down to a 10% price difference in 2014 and 2015, when Berlin greatly expanded the concept of milieu protection. Regulation failed to help significantly slow price growth in the property market at that time. In 2019, transactions in MPAs were only 4% lower than other areas. If regulation had led to a loss of attractiveness, the

difference would have increased. If the regulation aims to weaken the property market in MPAs, the areas have probably not been designated early enough and/ or comprehensively enough to increase the effectiveness of the instrument following the prerequisites of Vogelpohl (2013). We conclude that regulation is not able to dampen prices in an attractive housing market effectively. In weaker market phases, the differences were indeed visible, but regulation against gentrification is unlikely to be necessary at this point. Politically, intervention is probably also difficult to justify when no distortions are yet visible in the market.

Certain price differences arise from structural differences between MPAs and the rest of the areas. For many of these characteristics, including balconies or elevators, significant premiums must be paid in the MPAs. The premium for a condominium in historic buildings is particularly large, which hurts the affordability of condominiums due to the large stock of this building type in the MPAs. Because other structural characteristics are also more common in MPAs (e.g. slightly larger size and fewer social housing units), prices for condominiums are now higher in total. An explicit price premium due to regulations could not be found (contrary to previous empirical studies), perhaps because the effects on housing supply were not long-term. The small-scale regulation has not diminished the long-term demand for properties in Berlin's housing market. The milieu protection regulation should therefore not be regarded as a price-dampening instrument, but at most as a short-term intervention against undesirable developments in the housing market. Against this background, the appropriateness of the long duration of some MPAs may be reconsidered. At the time of the study, Berlin had designated every third area for more than five years. There also remains criticism that investments in the modernisation of the housing stock should not be hindered for other reasons such as climate protection or social standards.

On a positive note, we do not find in either the MPAs or the surrounding areas former rental properties being particularly associated with higher purchase prices. Overall, former rental housing showed price discounts of 6.7%, but from the time of stronger regulations in 2015, differences of only less than 1% were evident. We have not been able to find unmistakable evidence that specifically former rental apartments have been converted into higher-quality residential properties, as often opposed. The lack of price differences to the remaining condominiums since 2015 indicates that this housing type has also become more popular with investors. However, the regulations within the MPAs slowed down this price increase. As of 2015, there has been a 5.4% difference between the MPAs and remaining transactions, which can be considered an accomplishment of regulation. However, the results of the restriction on conversions should be viewed with some caution because our data does not contain a record of the time of the conversion. The (presumed) connection between the conversion of a rental flat with subsequent sale and displacement is still insufficiently empirically researched. In our transaction data, approximately 95% of the buyers were private and their rent increase behaviour is considered to be relatively low (Cischinsky et al., p. 137). This is still problematic in terms of displacement if a new proprietor wants to occupy the property personally. To address this, legislators would have to strengthen the tenants' rights in case of owner-occupation, which is also a strong encroachment on property rights.

Conclusions

This study shows that the cause-effect relationship of instruments on property markets can be complex but is indispensable for evidence-based policy. In particular cases, effective interventions in the housing market can correct imbalances. Notably, other non-focused aspects, such as the municipal right of buying first or restrictions on luxury redevelopment, are also crucial factors in the political evaluation of MPAs. Regarding transactions and property prices, a mixed conclusion can be drawn. Significant inhibited transaction activity can be observed within MPAs and former rental flats were increasingly sold within the MPAs. Notwithstanding, there is a regulation-induced price gap, which subsequently disappears as the housing market tightens; property prices have risen more strongly within the MPAs and are now almost at a comparable price level to non-MPAs. Rather, some structural characteristics such as historic buildings or slightly larger flat sizes make condominiums in the MPAs more expensive compared to the other areas.

We find that the MPA impact on transactions and prices in popular local districts tended to be minimal. The limitation of price effects is, in fact, likely to be necessary for these districts. We suspect that the impact on the property market was not strong enough to generate long-term effects, because the transaction trend was similar sometime after the tightening of regulations in the districts. Limiting conversions, however, also slowed down the price increase of former rental flats, which benefit tenant protection within MPAs. Yet, political assessments of regulation aimed at preventing ownership formation should consider that such ownership formation prevents residents from being further displaced in the long run. This does not mean that interventions in property are generally not appropriate but it means that they must be well timed. Regarding property rights, policymakers should carefully consider whether benefits such as the right of the first buy or regulating conversions truly outweigh the negative effects in the property market.

There are limits to this research approach in terms of content and methodology. It was not possible to consider other structural housing characteristics that might be needed to assess the standard of furnishings and fittings due to the existing data basis. This would provide a clearer picture of what type of former rental housing was converted or how differences in pricing come about. A useful extension of the approach is the investigation of rental prices, which are not collected at specific intervals in a systematic manner, making it more difficult to conduct studies over longer periods. However, in conjunction with data on the social structure of the apartments, a more differentiated picture of possible displacement processes can emerge. Our data set is based on the official collection of purchase prices, which only records data once the buyer and seller have reached an agreement. This, therefore, does not allow for a time-on-market analysis, as no specific data is available. However, such an approach would certainly make a further contribution to increasing the explanatory power of the model. Further, at the time of the study, only data on MPAs that were designated in 2020 were available. We therefore have no information on areas that have since dropped out of the milieu protection, which may distort our results.

Notes

1. The remaining transactions include undeveloped and developed land. In large cities such as Berlin, this includes fewer single-family homes but mostly the purchase of residential complexes or larger portfolios.
2. In Germany, this also applies to social housing, whose occupancy rights expire after up to 20 years without follow-up funding (a reason why the number of social housing units in major German cities is declining sharply).

Acknowledgments

We thank Expert Committees for Property Values ('Gutachterausschuss für Grundstückswerte Berlin') for providing the data on which this article is based.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

Funding

This work was not supported by a funding agency.

Notes on contributors

Lion Lukas Naumann, M. Sc. in Spatial Planning and Research Assistant at the Chair of Real Estate Development at TU Dortmund University. Since 2019 he has been working on his doctoral thesis, which deals with the integration of geospatial data analysis in real estate research and practice.

Holger Lischke, Department of Planning and Construction Economics/ Real Estate Management, Head of Asset Management at Nox Capital, 2018 – 2020 Postdoctoral Researcher at the Chair of Planning and Construction Economics/Real Estate of TU Berlin. His PhD thesis titled 'Impact of urban development programs on asking rents' was supervised by Prof. Kristin Wellner and Prof. Gabriel Ahlfeldt and published in 2020.

Michael Nadler, Diplom-Kaufmann (equivalent to MBA) at University Cologne and PhD in Investment & Finance (Business School) at HH University Duesseldorf; Assistant Professor for Real Estate Development & Finance at TU Kaiserslautern; Full Professor for Facility Management HS Albstadt-Sigmaringen; Full Professor for Sustainable Building Management HTWG Konstanz; and Full Professor for Real Estate Development at TU Dortmund University.

ORCID

Lion Lukas Naumann  <http://orcid.org/0000-0002-5888-4692>

References

- Ahlfeldt, G. M., Maennig, W., & Richter, F. J. (2017). Urban renewal after the Berlin Wall: A place-based policy evaluation. *Journal of Economic Geography*, 17(1), 129–156. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbw003>
- Angrist, J. D., & Pischke, J. - S. (2009). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton University Press.

- Atkinson, R. (2000). Measuring gentrification and displacement in Greater London. *Urban Studies*, 37(1), 149–165. <https://doi.org/10.1080/0042098002339>
- Becker, W. (1994). Lebensstilbezogene Wohnungspolitik — Milieuschutzsatzungen zur Sicherung preiswerten Wohnraumes [Lifestyle-oriented housing policy - milieu protection regulation to secure affordable housing]. *Sozialer Fortschritt*, 43(4), 96–100. <http://www.jstor.org/stable/24510647>
- Beran, F., Nuissl, H., & Krämer, S. (2019). *Verdrängung auf angespannten Wohnungsmärkten: Das Beispiel Berlin [Displacement in tense housing markets: The example of Berlin]*. Wüstenrot Stiftung.
- Charles, S. L. (2013). Understanding the determinants of single-family residential redevelopment in the inner-ring suburbs of Chicago. *Urban Studies*, 50(8), 1505–1522. <https://doi.org/10.1177/0042098012465908>
- Davidoff, T. (2013). Supply elasticity and the housing cycle of the 2000s. *Real Estate Economics*, 41(4), 793–813. <https://doi.org/10.1111/1540-6229.12019>
- Dye, R. F., & McMillen, D. P. (2007). Teardowns and land values in the Chicago metropolitan area. *Journal of Urban Economics*, 61(1), 45–63. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2006.06.003>
- Eckardt, F. (2021). Helpless? What to do against gentrification. In F. Eckardt (Ed.), *Gentrification: Research and policy on urban displacement processes* (pp. 27–37). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32406-3_6
- Gebßner, M. (2008). *Leistungsfähigkeit des städtebaulichen instruments milieuschutz für die stadtentwicklung in Berlin [Effectiveness of the urban development instrument milieu protection for urban development in Berlin]*. Technische Universität Berlin. <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-2029>
- Gröbel, S., & Thomschke, L. (2018). Hedonic pricing and the spatial structure of housing data – An application to Berlin. *Journal of Property Research*, 35(3), 185–208. <https://doi.org/10.1080/09599916.2018.1510428>
- Gyourko, J., Molloy, R., Gyourko, J., Molloy, R. (Eds.). (2015). Regulation and Housing Supply. *Handbook of Regional and Urban Economics*. (Vol. 5, pp. 1289–1337). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59531-7.00019-3>
- Helsley, R. W., & Strange, W. C. (1995). Strategic growth controls. *Regional Science and Urban Economics*, 25(4), 435–460. [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(95](https://doi.org/10.1016/0166-0462(95)
- Herath, S., & Maier, G. (2013). Local particularities or distance gradient. *Journal of European Real Estate Research*, 6(2), 163–185. <https://doi.org/10.1108/JERER-10-2011-0022>
- Hilber, C. A. L., & Vermeulen, W. (2016). The impact of supply constraints on house prices in England. *The Economic Journal*, 126(591), 358–405. <https://doi.org/10.1111/ecoj.12213>
- Jackson, K. (2016). Do land use regulations stifle residential development? Evidence from California cities. *Journal of Urban Economics*, 91, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2015.11.004>
- Kahn, M. E., Vaughn, R., & Zasloff, J. (2010). The housing market effects of discrete land use regulations: Evidence from the California coastal boundary zone. *Journal of Housing Economics*, 19(4), 269–279. <https://doi.org/10.1016/j.jhe.2010.09.001>
- Kok, N., Monkkonen, P., & Quigley, J. M. (2014). Land use regulations and the value of land and housing: An intra-metropolitan analysis. *Journal of Urban Economics*, 81, 136–148. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2014.03.004>
- Leguizamon, S., & Christafore, D. (2021). The influence of land use regulation on the probability that low-income neighbourhoods will gentrify. *Urban Studies*, 58(5), 993–1013. <https://doi.org/10.1177/0042098020940163>
- Levy, D. K., Comey, J., & Padilla, S. (2007). In the face of gentrification: Case studies of local efforts to mitigate displacement. *Journal of Affordable Housing & Community Development Law*, 16(3), 238–315. <http://www.jstor.org/stable/25781105>
- Linden, L., & Rockoff, J. E. (2008). Estimates of the impact of crime risk on property values from Megan’s Laws. *American Economic Review*, 98(3), 1103–1127. <https://doi.org/10.1257/aer.98.3.1103>

- Lloyd, J. M. (2016). Fighting Redlining and Gentrification in Washington, D.C. *Journal of Urban History*, 42(6), 1091–1109. <https://doi.org/10.1177/0096144214566975>
- Malpezzi, S. (1996). Housing Prices, Externalities, and Regulation in U.S. Metropolitan Areas. *Journal of Housing Research* 7(2), 209–241.
- Mayer, C. J., & Somerville, C. (2000). Land use regulation and new construction. *Regional Science and Urban Economics*, 30(6), 639–662. [https://doi.org/10.1016/S0166-0462\(00](https://doi.org/10.1016/S0166-0462(00)
- Mitschang, S. (2017). Satzungen nach § 172 BauGB [Regulations according to § 172 BauGB]. In S. Mitschang (Ed.), *Berliner Schriften zur Stadt- und Regionalplanung: Vol. 32. Erhaltung und sicherung von wohnraum: Fach- und rechtsfragen der planungs- und Genehmigungspraxis [Preservation and safeguarding of housing: Technical and legal issues in planning and approval practice]* (1st), pp. 51–118). Nomos Verlagsgesellschaft. https://repository.law.wisc.edu/api/law_files/serve/search?mediaID=85689?accessMethod=download
- Nelle, A., Vesper, J., & Diez, B. (2021). *Monitoring zur Anwendung der Umwandlungsverordnung 2020 [Monitoring the application of the Conversion Regulation 2020]*. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin (SensW). https://www.stadtentwicklung.berlin.de/staedtebau/foerderprogramme/stadterneuerung/soziale_erhaltungsgebiete/download/jahresbericht2020.pdf
- Nesset, I. Q., & Oust, A. (2019). The impact of historic preservation policies on housing values. *International Journal of Housing Policy*, 108(4), 1–21. <https://doi.org/10.1080/19491247.2019.1688633>
- Oba, T., & Noonan, D. S. (2017). The many dimensions of historic preservation value: National and local designation, internal and external policy effects. *Journal of Property Research*, 34(3), 211–232. <https://doi.org/10.1080/09599916.2017.1362027>
- Pope, J. C. (2008). Fear of crime and housing prices: Household reactions to sex offender registries. *Journal of Urban Economics*, 64(3), 601–614. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2008.07.001>
- Quigley, J. M., & Rosenthal, L. A. (2005). The Effects of Land-Use Regulation on the Price of Housing: What Do We Know? What Can We Learn?. *UC Berkeley: Berkeley Program on Housing and Urban Policy*. 8(1), 69–137. <https://escholarship.org/uc/item/90m9g90w>
- Riemann, C. S. (2016). *Baurechtliche instrumente gegen gentrifizierung [Building law instruments against gentrification]* (1st ed.). KSV Verwaltungspraxis. <https://doi.org/10.5771/9783845282077>
- Saks, R. E. (2008). Job creation and housing construction: Constraints on metropolitan area employment growth. *Journal of Urban Economics*, 64(1), 178–195. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2007.12.003>
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin [SensW]. (2021). *Soziale Erhaltungsgebiete [Social preservation areas]*. City of Berlin. https://www.stadtentwicklung.berlin.de/staedtebau/foerderprogramme/stadterneuerung/soziale_erhaltungsgebiete/index.shtml
- Somerville, T., Wang, L., & Yang, Y. (2020). Using purchase restrictions to cool housing markets: A within-market analysis. *Journal of Urban Economics*, 115, 103189. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2019.103189>
- Turnbull, G. K., Waller, B. D., Wentland, S. A., Witschey, W. R. T., & Zahirovic-Herbert, V. (2019). This old house: Historical restoration as a neighborhood amenity. *Land Economics*, 95(2), 193–210. <https://doi.org/10.3368/le.95.2.193>
- Vogelpohl, A. (2013). *Mit der sozialen erhaltungssatzung verdrängung verhindern? Zur gesetzlichen regulation von aufwertungsprozessen am beispiel Hamburg [Preventing displacement with social preservation statutes? On the legal regulation of upgrading processes based on the example of Hamburg]*. Hamburg University. http://www.geo.uni-hamburg.de/de/geographie/dokumente/personen/publikationen/vogelpohl/vogelpohl_soziale-erhaltungssatzung.pdf
- Vogelpohl, A., & Buchholz, T. (2017). Breaking with neoliberalization by restricting the housing market: Novel urban policies and the case of Hamburg. *International Journal of Urban and Regional Research*, 41(2), 266–281. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12490>
- Walser, M. (2018). Putting the brakes on rent increases: How the United States could implement German anti-gentrification laws without running afoul of the takings clause. *Wisconsin*

- International Law Journal*, 186(36), 187–213. <https://wilj.law.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/1270/2019/11/Walser-Final-2.pdf>.
- Watt, P. (2009). Housing stock transfers, regeneration and state-led gentrification in London. *Urban Policy and Research*, 27(3), 229–242. <https://doi.org/10.1080/08111140903154147>
- Zahirovic-Herbert, V., & Chatterjee, S. (2012). Historic preservation and residential property values: Evidence from quantile regression. *Urban Studies*, 49(2), 369–382. <https://doi.org/10.1177/0042098011404936>

Appendices

Table A1. Description of the variables used in the regression DID.

Variable	Explanation
Floor Space (ln)	Total floor area of the apartment.
Elevator	The condominium is equipped with an elevator with which the apartment can be reached.
Balcony	The condominium is equipped with a private balcony.
Loggia	The condominium is equipped with a private loggia.
Cellar in the property	The condominium is equipped with a cellar room or equivalent storage room on an independent ancillary space.
Central heating	The condominium has collective heating (otherwise only stove heating is installed).
Without bathtub	The condominium has a sanitary room, but it is not equipped with a bathtub.
Kitchen	The condominium already has a built-in kitchen.
Parking space	A private parking space is assigned to the condominium.
WC	The condominium has a separate sanitary room with toilet and hand basin.
Year of construction before 1945	The building of the condominium was built before 1945.
New Construction	The building of the condominium was built not earlier than 5 years before the transaction.
Conversion into condominium	The condominium was built as a rental apartment and was converted into a condominium prior to the transaction.
Conversion into condominium and transaction after 2015	See 'Conversion to condominium', moreover, the transaction took place after 2015.
Ground floor or basement	The condominium is located on the ground floor or basement.
Penthouse or maisonette	It is a maisonette or penthouse condominium.
Public funding for object	The condominium was financed with social housing funds (does not mean that it is currently still social housing).
Free of occupancy	The condominium is vacant/ currently having no tenant.
Travel time to station	Distance to the nearest train station by public transport in minutes.
Travel time to university	Distance to the nearest university by public transport in minutes.
Kernel Density clubs, bars, nightclubs per sqkm	Forms a centrality measurement by the density function of bars, cafes, clubs.
Year	The year in which the transaction took place.
MPA	The condominium was/ has been in a milieu protection area at the time of the transaction.
State is seller	The state or an organisation belonging to the state is the seller of the condominium.

Table A2. Descriptive statistics.

	Descriptive Statistics						Descriptive Statistics: Outside Milieu Protection						Descriptive Statistics: Within Milieu Protection					
	N	Min	Max	Mean	St. Dev.	Price	N	Min	Max	Mean	St. Dev.	Price	N	Min	Max	Mean	St. Dev.	
Price	221,703	14,875	1,870,000	167,709.85	137,076.72	137,076.72	195,987	14,875	1,870,000	161,667.71	133,576.85	133,576.85	25,716	15,000	1,085,000	213,758.24	153,659.51	
Per sqm	221,024	1,200	6,999	2,212.58	1,209.80	1,209.80	195,310	404	8,974	2,125.16	1,163.37	1,163.37	25,714	411	9,209	2,876.57	1,342.30	
Year	221,703	1991	2019	2008	7.55	7.55	195,987	1991	2019	2007.25	7.52	7.52	25,716	1995	2019	2012.94	5.68	
Living space	221,453	30	150	73.02	32.78	32.78	195,737	30	150	72.99	32.72	32.72	25,716	30	150	73.24	33.25	
Penthouse or maisonette	221,703	0	1	0.02	0.15	0.15	195,987	0	1	0.02	0.15	0.15	25,716	0	1	0.03	0.17	
Ground floor location	221,703	0	1	0.15	0.36	0.36	195,987	0	1	0.15	0.36	0.36	25,716	0	1	0.12	0.33	
Public funding for object	221,703	0	1	0.14	0.35	0.35	195,987	0	1	0.15	0.36	0.36	25,716	0	1	0.04	0.20	
Central heating	221,703	0	1	0.94	0.24	0.24	195,987	0	1	0.93	0.25	0.25	25,716	0	1	0.98	0.13	
Kitchen or kitchenette	221,703	0	1	0.82	0.39	0.39	195,987	0	1	0.83	0.38	0.38	25,716	0	1	0.80	0.4	
Free of occupancy	221,703	0	1	0.64	0.48	0.48	195,987	0	1	0.64	0.48	0.48	25,716	0	1	0.63	0.48	
State is seller	221,703	0	1	0.57	0.49	0.49	195,987	0	1	0.02	0.50	0.50	25,716	0	1	0.00	0.01	
Balcony	221,703	0	1	0.48	0.50	0.50	195,987	0	1	0.48	0.50	0.50	25,716	0	1	0.45	0.50	
Elevator	221,703	0	1	0.41	0.49	0.49	195,987	0	1	0.42	0.49	0.49	25,716	0	1	0.33	0.47	
Own cellar space	221,703	0	1	0.72	0.45	0.45	195,987	0	1	0.73	0.44	0.44	25,716	0	1	0.65	0.48	
Parking space	221,703	0	1	0.05	0.22	0.22	195,987	0	1	0.06	0.23	0.23	25,716	0	1	0.03	0.17	
Building age	221,567	-2	148	78.95	41.75	41.75	195,851	-2	148	76.34	41.16	41.16	25,716	-2	148	98.90	40.76	
Conversion to condominium	221,703	0	1	0.59	0.49	0.49	195,987	0	1	0.59	0.49	0.49	25,716	0	1	0.58	0.49	

(Continued)

Table A2. (Continued).

	Descriptive Statistics						Descriptive Statistics: Outside Milieu Protection						Descriptive Statistics: Within Milieu Protection					
	N	Min	Max	Mean	St. Dev.		N	Min	Max	Mean	St. Dev.		N	Min	Max	Mean	St. Dev.	
In the MPA at the time of the transaction	221,703	0	1	0.12	0.32	In the milieu protection area at the time of the transaction	0	0	0	0.00	0.00	In the milieu protection area at the time of the transaction	25,716	1	1	1.00	0.00	
MPA decision year	25,716	1995	2019	2012	7.38	MPA decision year	0	0	0	0	0	MPA decision year	25,716	1995	2019	2012	7.38	
Travel time to university (public transport)	221,703	1	38	14.88	6.75	Travel time to university (public transport)	195,987	1	38	14.65	6.94	Travel time to university (public transport)	25,716	3	33	16.61	4.89	
Travel time to station (public transport)	221,703	5	55	25.12	7.25	Travel time to station (public transport)	195,987	5	55	25.27	7.63	Travel time to station (public transport)	25,716	9	46	23.99	3.64	

^afor several reasons, such as multicollinearity, small contribution, not all of those listed in the descriptive statistics have been processed in the DID model.

Table A3. Regressors of the individual local districts in the hedonic price model.

	Transactions						Prices					
	Main EffectExp. (B)		Interaction Effect		Total MPA (Main + Interaction)		Main EffectExp. (B)		Interaction EffectExp. (B)		Total MPA (Main + Interaction)	
	Exp. (B)	Sig.	Exp. (B)	Sig.	Exp. (B)	Sig.	Exp. (B)	Sig.	Exp. (B)	Sig.	Exp. (B)	Sig.
Local district Adlershof	0.188***	0.00					0.327***	0.00				
Local district Alt Hohenschönhausen	0.173***	0.00					0.142***	0.00				
Local district Alt Treptow	0.414***	0.00	-0.175	0.47	0.240		0.13***	0.00	0.1	0.22	0.23	
Local district Baumschulenweg	-0.336***	0.00					0.103***	0.00				
Local district Britz	-0.369***	0.00	0.962***	0.00	0.593***		0.11***	0.00	-0.009	0.85	0.1	
Local district Charlottenburg	-0.098***	0.00	-0.319	0.18	-0.416		0.239***	0.00	0.043	0.53	0.283	
Local district Charlottenburg Nord	0.351***	0.00					0.113***	0.00				
Local district Fennpfuhl	-0.156**	0.03					0.005	0.69				
Local district Friedenau	-0.580***	0.00					0.251***	0.00				
Local district Friedrichsfelde	0.837***	0.00	-0.905***	0.00	-0.067***		0.125***	0.00	-0.143	0.1	-0.018	
Local district Friedrichshain	0.624***	0.00	-0.101	0.60	0.523		0.265***	0.00	-0.043	0.62	0.222	
Local district Gesundbrunnen	0.081***	0.00	0.976***	0.00	1.056***		-0.016**	0.04	0.083	0.18	0.067	
Local district Hansaviertel	0.333***	0.00					0.168***	0.00				
Local district Johannisthal	-0.177***	0.00					0.092***	0.00				
Local district Kreuzberg	0.257***	0.00	-0.075	0.69	0.182		0.162***	0.00	0.084	0.1	0.245	
Local district Lichtenberg	0.181***	0.00					0.027***	0.00				
Local district Mariendorf	-0.199***	0.00					0.151***	0.00				
Local district Mitte	0.603***	0.00	-0.669**	0.04	-0.065**		0.325***	0.00	0.069	0.40	0.395	
Local district Moabit	-0.118***	0.00	0.246	0.21	0.128		0.06***	0.00	0.032	0.49	0.093	
Local district Neukölln	-0.015	0.38	0.504**	0.01	0.489		-0.043***	0.00	0.287***	0.00	0.244***	
Local district Niederschöneweide	0.516***	0.00	0.815***	0.00	1.332***		0.233***	0.00	0.004	0.99	0.237	
Local district Niederschönhausen	-0.432***	0.00					0.196***	0.00				

(Continued)

Table A3. (Continued).

Local district Oberschöneweide	0.636***	0.00	-0.358	0.12	0.278	0.301***	0.00	-0.245***	0.00	0.057***
Local district Pankow	0.224***	0.00	0.360*	0.06	0.584*	0.236***	0.00	0.045	0.47	0.28
Local district Plänterwald	0.205***	0.00				0.084***	0.00			
Local district Prenzlauer Berg	0.632***	0.00	-0.050	0.79	0.582	0.367***	0.00	-0.046	0.32	0.321
Local district Rummelsburg	0.380***	0.00	0.220	0.29	0.600	0.143***	0.00	0	0.93	0.143
Local district Schöneberg	-0.063***	0.00	0.172	0.37	0.109	0.195***	0.00	0.058	0.28	0.253
Local district Steglitz	-0.556***	0.00				0.206***	0.00			
Local district Tempelhof	-0.129***	0.00	-0.098	0.64	-0.227	0.062***	0.00	0.027	0.68	0.09
Local district Tiergarten Süd	0.078***	0.01	0.620**	0.01	0.697**	0.396***	0.00	-0.144*	0.07	0.252*
Local district Wedding	0.114***	0.00	1.116***	0.00	1.230***	-0.027***	0.00	0.138**	0.01	0.111**
Local district Weissensee	0.086***	0.00	0.178	0.39	0.263	0.21***	0.00	-0.063	0.31	0.147
Local district Wilmerdorf	0.038**	0.01				0.251***	0.00			

