



Landeignungsprüfung in prosperierenden Großstädten. Ein GIS-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem für Unternehmensimmobilienentwicklungen in der Stadt Düsseldorf

Michael Nadler¹ · Florian Spieß² · Georg Müller³

Eingegangen: 31. August 2017 / Angenommen: 25. Juni 2018 / Online publiziert: 18. Juli 2018
© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2018

Zusammenfassung

Die hohe Attraktivität von Großstädten führt nicht nur in Deutschland zu einer Verdrängung von Unternehmensimmobilien in stark prosperierenden Räumen. Sie geht volkswirtschaftlich zulasten der Kommunen, da mit der Ansiedlung von Unternehmensimmobilien oftmals erhebliche externe (Nutzen-)Effekte einhergehen. Die Vermeidung dieser Verdrängungsproblematik dient im folgenden Beitrag als Ausgangspunkt für die Entwicklung einer innovativen Methodik zur systematischen Landeignungsprüfung. Unter Ausnutzung der aktuellen Geodaten-Initiativen in Deutschland gelingt es hiermit erstmals, die vorhandenen Geodatenbestände in einem Geographischen Informationssystem auf der Basis des *Compromise Programming* zu einem multidimensionalen Entscheidungsunterstützungssystem für die Immobilien- und Stadtentwicklung in Deutschland zusammenzuführen. Angewandt auf die Großstadt Düsseldorf lässt sich der Mehrwert dieser neuen Methodik empirisch verifizieren: Durch die systematische Analyse und Bewertung des gesamten Stadtgebiets mittels multidimensionaler und GIS-basierter Landeignungsprüfung lassen sich nicht nur neue und wesentlich mehr Flächenpotenziale für private Investoren und Projektentwickler von Unternehmensimmobilien identifizieren. Darüber hinaus können auch für Stadtplaner und Kommunalpolitiker räumliche Schwerpunkte durch ein solches GIS-Modell transparent gemacht werden, welche als Schutzzonen für industrielle Flächennutzungen künftig die Verdrängung wichtiger Immobilientypen aus dem Stadtgebiet verhindern. Die Methodik leistet daher einen wichtigen Beitrag zu einer empirisch fundierten Gewerbeplanung, indem der interdisziplinäre Austausch zwischen den privaten und öffentlichen Akteuren der Immobilien- und Stadtentwicklung unterstützt wird.

Schlüsselwörter Multidimensionale Entscheidungen · Geographische Informationssysteme · Land- und Immobilienmanagement · Standortanalyse · Wachstumsstädte · Stadtentwicklung

✉ Prof. Dr. Michael Nadler
michael.nadler@tu-dortmund.de

Florian Spieß
spiess@spacedatists.de

Georg Müller
georg.mueller@catella.de

¹ Lehrstuhl Immobilienentwicklung, Technische Universität Dortmund, August-Schmidt-Straße 6, 44227 Dortmund, Deutschland

² Space Datists GmbH, Technologiezentrum der Technischen Universität Dortmund, Emil-Figge-Straße 76–80, 44227 Dortmund, Deutschland

³ Catella Project Management GmbH, Kaistraße 18, 40221 Düsseldorf, Deutschland

Land suitability analysis for corporate real estate developments in growing metropolises as the city of Düsseldorf

Abstract

Not only in Germany the attractiveness of large cities leads to a crowding out of corporate real estate in prosperous areas. This affects local communities since the settlement of corporate real estate often entails considerable external (utility) effects. Avoiding this crowding out serves as the origin for developing an innovative methodology for systematic land suitability assessment. Using the current German geodata-initiatives, we can merge for the first time existing geospatial data sets and geographic information systems on the basis of compromise programming into a multidimensional decision-support system for real estate and urban development in Germany. Applied to the city of Düsseldorf, we empirically verify the added value of this new methodology. Not only identifies the multidimensional and GIS-based land suitability assessment new and additional parcels for private investors and developers of corporate real estate. Moreover, the GIS-model visualizes spatial clusters of available industrial land, which might as proactive landscape protection areas prevent the future crowding out of corporate real estate. Thus, the methodology makes an important contribution to an empirically-based commercial planning system by supporting the interdisciplinary exchange between private and public actors in real estate and urban development.

Keywords Multi-criteria decision-making · Geographic information systems · Land and real estate management · Location analysis · Growing metropolitan areas · Urban development

1 Einführung in die Problematik der Unternehmensstandortsuche in stark prosperierenden Städten

Seit 2007 wachsen die meisten deutschen Großstädte wieder. Speziell die sieben größten deutschen Städte (Berlin, Hamburg, Düsseldorf, Köln, Frankfurt am Main, Stuttgart und München) zeichnen sich durch ein enormes und kontinuierliches Bevölkerungswachstum aus. Die Attraktivität der Großstädte und damit einhergehende Konzentrationsprozesse führen unweigerlich zu Konkurrenzen zwischen renditeträchtigen und weniger renditeträchtigen Nutzungen. Ein Beispiel für diese Entwicklung ist die siebtgrößte deutsche Stadt Düsseldorf, deren kontinuierliches Bevölkerungswachstum Spitzenwerte im generellen Anteil der Siedlungs- an der Stadtfläche erreicht hat. Speziell der stark boomende Wohnungsmarkt, aber auch der ebenfalls hochrentierliche Einzelhandels- und Büroimmobiliensektor, bewirken im bereits stark verdichteten Stadtgebiet unter weiterhin prosperierenden Rahmenbedingungen steigende Preise am Boden- und Flächenmarkt. Vergleichsweise niedrigpreisigen Immobiliennutzungen droht zunehmend eine Verdrängung aus dem Stadtgebiet. Bekannt ist dieses Problem am Wohnungsmarkt im Bereich des niedrigpreisigen Wohnungsbaus, welcher in Düsseldorf – wie auch in den anderen genannten Städten – zu einer Verknappung bezahlbaren Wohnraums und einer Verdrängung einkommensschwacher Wohnbevölkerung führt.

Weniger im Fokus der Medien steht die Verknappung der ebenfalls niedrigpreisigen Flächenentwicklung für Unternehmensimmobilien, obwohl deutschlandweite Unternehmensbefragungen (DIHK 2014: 9; BulwienGesa 2017: 57;

Difu 2017: 12; Henger/Voigtländer 2017: 3) deutlich auf die Problematik bzw. Herausforderungen in Ballungsräumen in Verbindung mit der Dauer der Planungsverfahren hinweisen. Denn Gewerbeflächenerosionen und damit einhergehende Verdrängungen mittelständischer Gewerbebetriebe und Industrien aus Großstädten haben volkswirtschaftliche Probleme zur Folge, die sich langfristig auch in einer wirtschaftlich gesunden Stadt wie Düsseldorf negativ bemerkbar machen können. Zwar zeichnen sich Unternehmensimmobilien aus der Sicht privater Investoren und Entwickler durch eine mittlerweile niedrige, den Risiken nicht mehr entsprechende (interne) Rentabilität aus. Gleichzeitig sind hiermit indes recht hohe externe (Nutzen-)Effekte auf kommunaler Ebene realisierbar. Die Schaffung der zugehörigen (neuen) Arbeitsplätze¹ verbunden mit den erhöhten (Gewerbe-)Steuereinnahmen erzeugen hohe externe Rentabilitäten, wie eine aktuelle Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft speziell für deutsche Großstädte belegt (Henger/Voigtländer 2017). Damit kann es nicht nur aus der Sicht der Wirtschaftsförderung, sondern im Sinne der gesamten Stadtspitze gerechtfertigt sein, die privaten Standortmanager und Investoren bei der Suche und Identifizierung geeigneter Flächen im Stadtgebiet zur Innenentwicklung un-

¹ Mit einem Anteil von rund 12 % an der Gesamtbeschäftigung gehört das produzierende Gewerbe zu den arbeitsplatzintensiven Branchen in Düsseldorf, der Anteil an der Bruttowertschöpfung liegt sogar bei circa 14 %. Wegen seiner starken Ausstrahlung auf den Tertiärsektor induziert der sekundäre Sektor über seinen unmittelbaren Anteil hinaus etwa ein Drittel der regionalen Wertschöpfung (vgl. Landeshauptstadt Düsseldorf 2013: 145).

ter Wachstumsdruck nachhaltig zu unterstützen.² Wie aber könnte eine entsprechende Unterstützung aussehen?

Im vorliegenden Beitrag wird hierzu eine systematische Landeignungsprüfung vorgeschlagen und am Beispiel der Stadt Düsseldorf als Entscheidungsunterstützungssystem umgesetzt. Dazu wird an die aktuelle Initiative zwischen dem Bund und den Ländern zum gemeinsamen Aufbau und Betrieb der Geodateninfrastruktur Deutschland (Nationale Geoinformations-Strategie, NGIS), die in Fortführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE) etabliert wurde, angeknüpft. Im Rahmen dieser Strategien hat auch Nordrhein-Westfalen im Jahr 2017 mit der OPEN.NRW-Strategie die Voraussetzungen zur kostenfreien Bereitstellung von Geodaten für private Unternehmen geschaffen (vgl. Bill 2014). Aktuelle Digitalisierungsstudien zeigen, dass der Nutzen wie auch die Anwendung geeigneter (geographischer) Informationstechnologien bislang in Sektoren wie der Immobilienwirtschaft noch nicht klar ist (vgl. z. B. ZIA/EY 2016: 34 ff.). Insofern soll der Beitrag auch einen Impuls für die Realisierung technologieorientierter Dienstleistungen geben, die einen hohen Kundennutzen nicht nur für Stadtplaner und Wirtschaftsförderer, sondern auch für private Immobilienentwickler und Investoren versprechen.

In Kapitel 2 werden aus dem Stand der internationalen Forschung relevante multidimensionale Methoden zur Landeignungsprüfung abgeleitet und im Hinblick auf ihre immobilienpezifische Anwendung kritisch bewertet. Auf dieser Basis werden dann im Kapitel 3 die notwendigen entscheidungstheoretischen Grundlagen sowie die unternehmens- beziehungsweise immobilienpezifisch abgeleiteten Standortziele mit einer überlegenen multidimensionalen Bewertungsmethode in einem Geographischen Informationssystem zu einem Entscheidungsunterstützungssystem verbunden. Dieses soll Entscheidungsträger im Bereich der Planung und Entwicklung von Unternehmensimmobilien in die Lage versetzen, bestehende Flächenpotenziale umfassend, effizient und systematisch zu identifizieren. Das identifizierte Flächenpotenzial wird im Kapitel 4 zunächst vorgestellt und anschließend die Qualität der Modellergebnisse diskutiert. Der Mehrwert eines GIS-basierten multidimensionalen Entscheidungsunterstützungssystems könnte dabei in der Aufdeckung, Sensibilisierung, aber auch in der künftigen Verminderung bestehender Verdrängungseffekte auf schwach rentierliche Flächennutzungen, z. B. durch Schaffung von Schutzzonen, deren räumlicher

Schwerpunkt sich aus eben jenem GIS-Modell ableitet, gesehen werden. Im finalen Kapitel 5 wird hierauf ein Forschungsausblick vorgestellt.

2 Stand der Forschung zum Einsatz Geographischer Informationssysteme im multidimensionalen Management von Infrastruktur- und Immobilienentwicklungen

Zur stadtweiten Suche nach geeigneten Standorten für großflächige Flächenentwicklungen, wie sie typischerweise für Industrie- und Gewerbeimmobilien benötigt werden, wurden in den letzten zehn Jahren in der Forschung verstärkt Geographische Informationssysteme (GIS) eingesetzt. Als GIS wird hierbei ein System aus Hard- und Software bezeichnet, das Geo-Basis- und Geo-Fachdaten sammeln, speichern, analysieren und visualisieren kann. Während zu den Basisdaten vor allem die interessenneutralen Daten des Amtlichen Liegenschaftskatasters wie auch des Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ALKIS/ ATKIS) und die digitalen Geländemodelle (DGM) zählen, werden Fachdaten von den jeweiligen Fachdisziplinen, etwa den Umweltämtern, erhoben (z. B. Lärmschutzkarten oder Versorgungsleitungen).³ Die Besonderheit eines GIS liegt in der Möglichkeit, auch eine Vielzahl möglicher Entscheidungsalternativen parallel zu analysieren, um so eine deutliche Effizienzsteigerung im Entscheidungsprozess zu realisieren.⁴

Die Analyse der Literatur zeigt allerdings für die verschiedenen Typen von investiven Stadtentwicklungsprojek-

² Folgerichtig wird im aktuellen Stadtentwicklungskonzept „Düsseldorf 2025+“ die „detaillierte Überprüfung der Baureife und Eignungsbestimmung des kurz- und mittelfristig verfügbaren gewerblich-industriellen Flächenpotenzials zur Sicherung einer dauerhaften Versorgung der Betriebe mit Grundstücken“ als wichtigstes Beschäftigungsziel der Stadt festgeschrieben (Landeshauptstadt Düsseldorf 2013: 146).

³ Geographisches Datenmaterial wird im Raster- oder im Vektorformat präsentiert. Im Rasterformat werden die Daten in einer zweidimensionalen Matrix mit gleichgroßen, quadratischen Zellen (Pixel) visualisiert. Informationen können dabei nur in der Größe dargestellt und analysiert werden, die für die Rasterzellen ausgewählt wird. Je kleiner die Zellen bestimmt werden, desto detaillierter ist die Analyse der räumlichen Gegebenheiten möglich. Ein Punkt wird im Rasterformat als eine einzelne Zelle markiert. Eine Linie wird durch die Verbindung von Zellen angezeigt und Flächen werden durch die Verknüpfung von Zellen mit den gleichen Eigenschaften dargestellt. Im Vektorformat dienen exakte Koordinaten zur Bestimmung der Lage im Raum. Ein Punkt wird hier durch eine Koordinate definiert, eine Linie durch die Verknüpfung von zwei oder mehreren Koordinaten. Bei mehr als zwei Verknüpfungen spricht man von Polylinien. Eine Fläche wird als Polygon bezeichnet und entsteht, wenn die letzte Linie einer Polylinie wieder zum Startpunkt der ersten Linie führt. Vektordaten haben den Vorteil, dass eine strikte Trennung von Geometrie- und Sachdaten erfolgt und einem spezifischen Objekt mehrere Attribute in einer zugehörigen Tabelle zugeordnet werden können. Bei Rasterdaten wird dagegen jeder Zelle genau ein Attribut zugeordnet. Einzelne Rasterdatensätze lassen sich dafür einfacher überlagern.

⁴ Vgl. Bill (2016) für einen umfassenden Einblick in die Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation raumbezogener Daten durch Geographische Informationssysteme.

ten, zu denen die Entwicklung von Flächen, Immobilien- und Infrastrukturobjekten zählen, Gemeinsamkeiten, aber auch erhebliche Unterschiede in der GIS-Analytik (vgl. z. B. Kabir/Sadiq/Tesfamariam 2014). So sind Entscheidungen in allen Stadtentwicklungstypen typischerweise durch divergierende – und mitunter konkurrierende – Ziele der Entscheidungsträger bzw. Stakeholder gekennzeichnet. Die multidimensionalen Zielsysteme dieser Entwicklungstypen sind insofern ein zentrales gemeinsames Merkmal, welche spezielle Entscheidungsanalysen und -bewertungen erforderlich machen. Dabei unterscheidet man zwischen Multi-Attribut-Entscheidungsmethoden (MADM) und Multi-Objekt-Entscheidungsmethoden (MODM).⁵ Trotz dieser Gemeinsamkeit offenbart die Analyse der Literatur erhebliche Unterschiede in der Verbreitung multidimensionaler GIS-Analysen in den Stadtentwicklungstypen.

Im Management und speziell in der Entwicklung von (technischen/sozialen) Infrastrukturen haben GIS-basierte multidimensionale Entscheidungsanalysen und -bewertungen frühzeitig und umfassend eine hohe Verbreitung erlangt. Die Analyse von rund 300 Arbeiten zwischen 1980 und 2012 zu angewandten multidimensionalen Methoden durch Kabir, Sadiq und Tesfamariam (2014) zeigt einen starken Bedeutungszuwachs seit 2004 vor allem in den Bereichen Ver- und Entsorgung sowie Verkehr. Dies steht in völligem Kontrast zur Nutzung dieses Ansatzes für das Management und die Entwicklung von Immobilien. So zeigen beispielsweise Mardani, Jusoh, Nor et al. (2015: 522), dass weniger als 5 % der 393 im Zeitraum 2000 bis 2014 veröffentlichten Aufsätze mit multidimensionalen Methoden aus dem Bereich des Bau- und Projektmanagement stammen. Die dort identifizierten Arbeiten konzentrieren sich auf das multidimensionale Management von (Einzel-)Projekten und zugehörigen Risiken weitestgehend ohne Einsatz Geographischer Informationssysteme (vgl. z. B. Jiang/Hu/Jin 2007). Ein Grund dürfte bei den unterschiedlichen Entscheidungsträgern zu sehen sein. Während die Infrastruktur weltweit und speziell in Deutschland überwiegend durch die öffentlichen Träger entwickelt und gemanagt wird, ist nahezu die komplette großflächige Immobilienentwicklung (mit wenigen Ausnahmen wie den Verfahren des besonderen Städtebaurechts) in privater Hand. Damit ergibt sich eine unterschiedliche Ausgangssituation bezüglich vorhandener und einzusetzender Geodaten.⁶ Wäh-

rend multidimensionale GIS-basierte Landeignungsprüfungen für Standortfragen von Infrastrukturen⁷ seit Jahrzehnten als Teil der Umweltanalyse bzw. Umweltverträglichkeitsprüfung durch öffentliche Entscheider eingesetzt werden, zeigen bestehende Studien deutlich die Skepsis im privaten Immobiliensektor bezüglich Big-Data-Methoden und speziell die Zurückhaltung in der GIS-Nutzung.⁸ Das mag darauf zurückzuführen sein, dass aktuelle, kleinräumige Geodaten lange Zeit nicht oder nicht kostenfrei für Unternehmen verfügbar waren.⁹

Hinsichtlich der methodischen Ausrichtung zur Durchführung der Bewertung zeigt die bestehende Literaturanalyse, dass eine stadtweite Suche nach geeigneten Flächen eine unbestimmte Menge an Alternativen hat und damit zur zweiten Methodengruppe, der Multi-Objekt-Entscheidungsmethoden, zählt (Zimmermann/Gutsche 1991: 25; Malczewski/Rinner 2015: 45).¹⁰ Für diese Art der Land-

Jahr 2017 mit der OPEN.NRW-Strategie umgesetzt, wobei bis heute viele Kommunen (unter anderem auch die Stadt Düsseldorf) keine oder nur sehr wenige Geodaten auf der Website <https://open.nrw> bereitgestellt haben.

⁷ Die Analyse von Malczewski (2006) zeigt eindrucksvoll, dass diese mit annähernd 30 % aller 319 dort ausgewerteter Forschungsarbeiten das vorrangige Anwendungsgebiet ist.

⁸ Dies zeigen beispielsweise die Ergebnisse des *Process Management Real Estate Monitor* zum Thema „Big Data“ der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (2017). Auch Segerer (2011) verdeutlicht die Skepsis des deutschen Immobiliensektors bezüglich der Nutzung von GIS zur multidimensionalen Analyse und Bewertung von Immobilienstandorten. Fryrear, Prill und Worzala (2001: 158) kommen für Unternehmensimmobilien zu dem Ergebnis, dass mehr als 60 % der Entscheidungsträger GIS nicht nutzen und auch den Einsatz nicht planen. Neben den Daten- und Softwarekosten war damals vor allem die Qualifikation des Personals ein entscheidender Problembereich. Allerdings wurde von Nadler und von Malottki (2006) bereits vor mehr als zehn Jahren das erhebliche Wertschöpfungspotenzial von GIS für den Immobiliensektor nachgewiesen, welches aktuell z. B. auch von Trumpp/Jung (2014) und ZIA/EY (2016: 34 ff.) bestätigt wurde. Trotzdem zeigt die aktuelle Übersicht der deutschen „Proptech“-Unternehmen (vgl. www.proptech.de; 04.05.2018) nur wenige GIS-Spezialisten wie „geospin“ oder „senozon“.

⁹ Eine Ausnahme bilden hier die überörtlichen GIS-Analysen von großflächigen Einzelhandelsimmobilien. Zur Analyse der Auswirkungen (im Sinne möglicher Umverteilungen von Kaufkraft- und Einkommensströmen) nach der Entwicklung z. B. von Einkaufs-, Fachmarkt- und Fabrikverkaufszentren werden auf der Basis von Gravitationsmodellen die erwarteten Markt- und Einzugsgebiete über GIS-basierte Erreichbarkeiten der Kunden bestimmt (vgl. erstmalig Huff 1963; Öñüt/Efendigil/Kara 2010; Segerer 2011; Zolfani/Aghdaie/Derakhti et al. 2013; Wieland 2015). Auch diese Form von Verträglichkeitsprüfungen wird von öffentlichen Entscheidungsträgern der Stadtplanung eingefordert, wobei diese in der Regel nur für bereits feststehende (Immobilien-)Standorte realisiert werden.

¹⁰ Beim multi-objektiven Ansatz handelt es sich im Gegensatz zum multi-attributiven Ansatz um einen Designprozess, der die Suche nach der Lösung eines Problems umfasst. Dazu müssen zunächst die Alternativen entwickelt werden. Zulässig sind dabei diejenigen Alternativen, die definierte und explizit genannte Bedingungen erfüllen. Den ermittelten Alternativen kann anhand quantifizierbarer Zielfunktionen für jedes Ziel ein bestimmter Wert zugeordnet werden. Da alle vor-

⁵ Zu den MADM zählen die *Weighted Linear Combination* (WLC bzw. Nutzwertanalyse), der *Analytical Hierarchy/Network Process* (AHP/ANP) und die *Outranking*-Methoden (ELECTRE, PROMETHEE). Zu den MODM gehören insbesondere das *Goal Programming* (GP) und das *Compromise Programming* (CP).

⁶ Die kostenfreie, flächendeckende Bereitstellung von Geodateninfrastrukturen in Deutschland erfolgte auf Bundesebene erst in den letzten fünf Jahren im Rahmen der Nationalen Geoinformations-Strategie (NGIS). In Nordrhein-Westfalen wurde diese Strategie sogar erst im

eignungsprüfung werden in der Literatur vorrangig die Methoden des *Goal Programming*¹¹ und des *Compromise Programming* empfohlen (Malczewski 2006: 710; Malczewski/Rinner 2015: 105). Alternative Methoden sind für die Landeignungsprüfung entweder nicht umsetzbar oder nicht vereinbar mit den theoretischen Anwendungsprämissen. Ursprünglich wurde dabei speziell die Methode des *Compromise Programming* (CP) für eine normative Zielmodellierung entwickelt. Seit geraumer Zeit findet sie indes auch in der empirischen Anwendung zur Prognose geeigneter Landflächen Verbreitung, was erstmalig von Pereira und Duckstein (1993) für eine auf einem Rasterdatensatz beruhende umfassende Standortanalyse aufgezeigt wurde. Werden dabei mögliche Zielgewichtungen über den AHP-/ANP-Ansatz nach Saaty (1980) erfasst, so können mit dem *Compromise Programming* zudem bekannte Nutzungstheoretische Probleme¹² umgangen, aber auch die Datenunsicherheit erfasst werden.¹³ Trotz dieses erheblichen Chancenpotenzials finden sich für den Immobilien (-entwicklungs-)sektor bislang in der internationalen Forschung hierzu keine einschlägigen Arbeiten. Zwar zeigten Dueker/Delacy (1990) bereits vor fast 30 Jahren den theoretischen Mehrwert von GIS für die Landnutzungsplanung und Immobilienentwicklungen auf, jedoch finden sich erst einige Jahre später die ersten konzeptionellen Forschungsarbeiten (Abart-Herisz 1999; Dumfarth/Schönegger 2001; Eldrandaly/Eldin/Sui 2003), die zumindest das Design für eine derartige GIS-basierte Landeignungsprüfung speziell

gegebenen Zielfunktionen gleichzeitig zu optimieren sind, werden diese Verfahren auch Vektoroptimierungsmodelle genannt (Zimmermann/Gutsche 1991: 25). Dies liegt der weiteren Bearbeitung zugrunde.

¹¹ Im Rahmen der Zielprogrammierung („goal programming“) erfolgt die Aufstellung eines linearen Planungsproblems (Zielfunktion und multidimensionale Nebenbedingungen). Die Auswahl der optimalen Alternative erfolgt in der Regel mittels des Simplex-Algorithmus, wobei sich diese typischerweise in den „Rändern“ des Lösungsraums findet. Erforderlich ist bei dieser Methodik die Linearitätsannahme für die Bestandteile des Planungsproblems. Ähnlich wie in der *Weighted Linear Combination*-Methode wird in der Literatur (vgl. z. B. Pereira/Duckstein 1993) diese Linearitätsannahme (konstante Steigerungsraten für den Nutzen) ebenso wie die Additivitätsannahme (völlige Unabhängigkeit der Kriterien) als kritisch angesehen.

¹² Pereira/Duckstein (1993) wie auch Zeleny (1982) weisen darauf hin, dass die Anwendung der CP-Methodik nicht die oben angegebenen Prämissen der Linearität und Additivität erfordert. Gerade dies ist bei vielen Standortfaktoren nicht gegeben, weshalb man zurecht alternative Methoden aus theoretischer Sicht in Frage stellen kann.

¹³ Durch methodische Variationen lassen sich innerhalb des *Compromise Programming* bereits Sensitivitätsanalysen realisieren, welche neben Szenarien und Simulationen als typische Entscheidungsmodelle unter Unsicherheit, genauer unter Risiko, angesehen werden. Liegen darüber konkrete Verteilungsfunktionen für die Bewertungskriterien vor, lassen sich über MonteCarlo-Simulationen Analysen und Bewertungen für eine CP-gestützte Entscheidung unter Risiko ableiten. Soweit diese nicht vorliegen, bieten sich unscharfe („fuzzy“) Datenannahmen für die Zielkriterien an.

für Industrieimmobilien diskutieren.¹⁴ In der Folge zeigt der Literaturüberblick von Malczewski (2006) zunächst nur vier Arbeiten, die bestehende Immobilienstandorte multidimensional mittels GIS-Einsatzes bewerten.¹⁵ Während bis dahin die Entwicklung neuer Unternehmensimmobilien noch keine Rolle spielte, änderte sich das Bild in den letzten fünf Jahren, wie Tabelle 1 deutlich zeigt.

Während sich ein Teil der Forschungsarbeiten bedingt durch die Methodenwahl auf eine begrenzte Anzahl an Alternativen (in Form weniger Industriezonen) und damit letztlich auf eine Standortauswahl konzentriert,¹⁶ finden sich zuletzt auch Arbeiten, die die industrielle Standortsuche in Stadtteilen und jüngst auch in ganzen Stadtgebieten mittels GIS anwenden (vgl. Ma/Zhou 2018). Dies kann als eine Folge der Schaffung entsprechender Softwarelösungen, wie z. B. ArcGIS der Firma Esri, angesehen werden. Jedoch fallen bei der Anwendung methodische Besonderheiten auf: Zum einen werden relativ wenige Standortfaktoren als Ziele erfasst, welche zudem weder empirisch noch immobilien(typen)spezifisch abgeleitet werden. Dies erscheint auch im Hinblick auf die bestehenden Nutzungskonkurrenzen am Immobilienmarkt prosperierender Großstädte (vgl. Kapitel 1) nicht sinnvoll. Zum anderen wurde zwar mitunter in der Zielgewichtung ein paarweiser Vergleich (entsprechend des AHP-/ANP-Ansatzes) erfasst,¹⁷ jedoch arbeiten alle Autoren mit einem linearen Ansatz.¹⁸ Keine der

¹⁴ Ähnliche Konzeptvorschläge liefern z. B. auch Lee/Chan (2008) für die Entwicklung von Stadterneuerungsflächen oder Kundakci/Adali/Isik (2014) und Yang/Luo/Law (2014) für die Entwicklung neuer Hotelflächen. Eine erste umgesetzte GIS-basierte Landeignungsprüfung für Immobilienentwicklungen findet sich bei Meng/Malczewski/Borouhaki (2011) für Wohnimmobilien.

¹⁵ Während im ersten Literaturüberblick (Malczewski 2004) der Immobiliensektor keine Anwendungsbeispiele aufwies, wurden im zweiten Literaturüberblick (Malczewski 2006) neben der konzeptionellen Arbeit von Jun (2000) eine Arbeit für bestehende Warenhäuser (Vlachopoulou/Silleos/Manthou 2001) sowie – im Wohnimmobiliensektor – zwei Arbeiten für bestehende Nachbarschaften identifiziert (Can 1992; Johnson 2001). Die Entwicklung neuer Immobilien spielte hier keine Rolle.

¹⁶ Diesen Ansatz nutzt die AHP/ANP- oder die Outranking-Methodik (ELECTRE, PROMETHEE) und wurde konzeptionell erstmals durch Joerin/Thériault/Musy (2001) und Rachdawong/Apawootichai (2003) für Industriezonen realisiert, wobei vereinfacht naheliegende Flächen mittels einer mathematischen Funktion zu wenigen Zonen zusammengefasst wurden. Die wesentliche Differenzierung zwischen einer solchen (einfachen) Standortauswahl und einer (komplexen) Standortsuche wurde erstmalig in den Folgejahren durch Malczewski (2004: 4f.) vorgestellt.

¹⁷ Es ist zu vermuten, dass gerade aufgrund der fehlenden empirischen Grundlage in den Forschungsarbeiten der Tabelle 1 öfters unscharfe („fuzzy“) Zielgewichtungen der Standortfaktoren erfasst wurden. Ferner zeigen die Quellen der Tabelle 1, dass die Veröffentlichungen nahezu ausschließlich in (geo-)technologieorientierten Zeitschriften durch Autoren der Geodäsie, Geographie und der Ingenieurwissenschaften realisiert wurden. Es finden sich mit nur einer Ausnahme (Shen/Wang/Tang 2014) keine immobilienfokussierten Publikationen und mit einer Ausnahme (Ramos/Fonseca 2016) keine raumplanerischen Publikatio-

Tabelle 1 Kriterien, Immobilienarten und Methodik von Landeignungsprüfungen

Quelle	Kriterien	Immobilienarten	Besonderheiten der Methodik
Sarapirome/Charungthanakij (2012)	7	Industriegrundstücke	
Rikalovic/Cosic/Lazarevic (2014)	-	Industriegrundstücke	nur Konzept; ArcGIS
Shen/Wang/Tang (2014)	13	Stadterneuerungszonen	ArcGIS
Fataei/Farhadi/Mohammadian (2015)	7	Industriegrundstücke	
Boutkhoul/Hanine/Agouti et al. (2015)	6	Industriezonen	Zielgewichte mit fuzzy AHP; OLAP
Zhang/Su/Wu et al. (2015)	20	Industriegrundstücke	Zielgewichte mit fuzzy AHP; ArcGIS
Rikalovic/Cosic/Labati et al. (2015)	17	Industriegrundstücke	fuzzy Zielgewichte (WLC); ArcGIS
Arabsheibani/Kanani Sadat/Abedini (2016)	11	Industriezonen	Zielgewichte mit fuzzy ANP
Ramos/Fonseca (2016)	34	Industriezonen	Kein eigenes GIS, sondern google maps
Taibi/Atmani (2016)	8	Industriezonen	Zielgewichte mit PROMOTHEE
Nguyen/Chou/Fang et al. (2017)	10	Industriezonen	Zielgewichte mit fuzzy AHP; ArcGIS
Taibi/Atmani (2017)	11	Industriegrundstücke	nur Konzept; Zielgewichte mit fuzzy AHP
Kamali/Alesheikh/Alavi Borazjani et al. (2017)	13	Industriegrundstücke	Zielgewichte mit AHP; Delphi-Survey
Muhsin/Ahamed/Noguchi (2017)	9	Industriegrundstücke	Zielgewichte mit AHP; ArcGIS
Ma/Zhou (2018)	2	Industriegrundstücke	Zielgewichte mit AHP; Optimum, ArcGIS

Arbeiten hat im gesamten Immobilienentwicklungssektor bislang den methodisch überlegenen Ansatz des *Compromise Programming* angewendet, welcher nicht nur auf die Prämissen der Linearität und Additivität von Zielkriterien verzichtet, sondern auch eine unbestimmte Menge an (Grundstücks-)Alternativen im Rahmen einer stadtweiten Landeignungsanalyse erlaubt. Dieser methodische Weg soll deshalb im Folgenden für den deutschen Immobilienentwicklungssektor in Verbindung mit den relevanten Zielkriterien aus der empirischen Standortforschung erstmalig realisiert werden.

3 Methodik der geodatenbasierten Landeignungsprüfung für Immobilienentwicklungen

3.1 Compromise Programming zur Bestimmung des idealen Standortes im Rahmen einer stadtweiten Suche nach Flächenpotenzialen

Das *Compromise Programming* (CP) wurde ursprünglich von Zeleny (1982: 314 ff.) entwickelt. Die Methode geht davon aus, dass Alternativen anhand ihrer Nähe zu einem definierten Idealzustand (dem „ideal point“) bewertet werden können. Dieser Idealzustand ist aufgrund konkurrierender Ziele bei multikriteriellen Bewertungen meist nie zu erreichen (Zeleny 1982: 67). Als „Kompromiss“ sucht man deshalb nach Lösungen, die der Idealvorstellung so nahe

wie möglich kommen.¹⁹ Dies erfolgt anhand einer Metrik-Norm L_p . Anhand des zu optimierenden Ziels O_j (von n Zielen) mit dem Idealwert z_j^* und dem Anti-Idealwert z_{*j} wird im Folgenden die zugrundeliegende Methodik erläutert: Wenn ein Vektor $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)^T$ bei der Auswahl des Gewichts w_j und der natürlichen Zahl $p \geq 1$ den folgenden Ideal- bzw. Referenzpunkt L_p minimiert, dann ist er eine Kompromisslösung:

$$L_p(A_i) = \left(\sum_{j=1}^n w_j^p \left| \frac{z_j^* - z_j}{z_j^* - z_{*j}} \right|^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (1)$$

In der obenstehenden Gleichung wird, um Zielgrößen mit unterschiedlichen Skalen und unterschiedlichen Wertespektren vergleichen zu können, zunächst im ersten Schritt eine Standardisierung der Bewertungskriterien²⁰ vorgenommen. Bei einer Vielzahl von Bewertungskriterien liegen diese üblicherweise in verschiedenen Skalenniveaus vor. Da-

¹⁹ Im Mittelpunkt dieser Betrachtung steht Zelenys „Axiom of Choice“: „Alternatives that are closer to the ideal are preferred to those that are farther away. To be as close as possible to the perceived ideal is the rationale of human choice“ (Zeleny 1982: 156). Diese Kompromisslösung bezeichnen Zimmermann/Gutsche (1991: 35) als „funktional-effiziente Lösung, die der Entscheidungsträger gegenüber allen anderen Lösungen bevorzugt“. Malczewski/Rinner (2015), Nye-ko (2012), Baja/Chapman/Dragovich (2007) und Thinh/Walz/Schanze et al. (2004) stellen das *Compromise Programming* im Kontext von Freiraum- und Agrarnutzungen ausführlich vor.

²⁰ Der Begriff Kriterium ist als Sammelbegriff zu verstehen und beinhaltet die Begriffe Attribut und Ziel. Ein Ziel repräsentiert dabei den wünschenswerten Zustand eines betrachteten Systems. Ein Ziel wird operationalisiert, wenn ihm ein oder mehrere Attribute zugeordnet werden, anhand deren Ausprägungen die Zielerreichung überprüft werden kann: „It is here, where the decision maker's needs and desires enter, that we can speak of objectives“ (Zeleny 1982: 15).

nen, was die begrenzte Fundierung der Standortfaktoren für diese Zielgruppen erklärt.

¹⁸ Hierbei kommt entweder eine *Weighted Linear Combination* (WLC) oder ein *Goal Programming* zur Anwendung.

Tabelle 2 Neun-Punkte-Skala für den paarweisen Vergleich

Skalenwert	Definition
1	-
2	(1/2)
3	(1/3)
4	(1/4)
5	(1/5)
6	(1/6)
7	(1/7)
8	(1/8)
9	(1/9)

Quelle: Eigene Darstellung nach Saaty (1980: 54)

mit diese miteinander verglichen werden können, bedarf es der Standardisierung auf das Intervall [0,1]. Ein gebräuchliches Verfahren zur Standardisierung („value scaling“) ist die Ableitung von Scores („values“) nach der Methode von Keeney (1992), welche sowohl Minimierungs- als auch Maximierungskriterien (x_{ij}) transformieren kann. Für zu maximierende Kriterien gilt die folgende Formel 2, für zu minimierende Kriterien gilt die folgende Formel 3:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (2)$$

$$z_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (3)$$

In der Regel ist nach der Standardisierung noch eine Kriteriengewichtung erforderlich (zweiter Schritt). Hierfür hat sich die aus dem AHP/ANP bekannte Paarvergleichsmethode von Saaty (1980) durchgesetzt.²¹ Die Kriteriengewichte werden hierbei aus der Multiplikation der standardisierten Gewichte w_j , die jeweils aus einem Vergleich zweier Kriterien mittels einer Bewertungsmatrix abgeleitet werden, und dem höchsten Eigenwert ($\lambda_{\max}$) abgeleitet. Dazu werden die jeweiligen Kriterien vom Entscheidungsträger zunächst paarweise mittels einer Neun-Punkte-Skala wie folgt verglichen (vgl. Tabelle 2).

Die Paarvergleiche der Kriterien A_{ij} (a_{ij}) werden sodann in eine Bewertungsmatrix übertragen und über die Spaltensummen normalisiert (a_{ij}^*). Über eine Mittelwertbildung, die in einer zweiten Bewertungsmatrix realisiert werden

kann, lassen sich dann die Gewichte w_i wie folgt bestimmen (Malczewski/Rinner 2015: 38 ff.):

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \quad (4)$$

Im dritten und letzten Schritt werden zunächst im Sinne einer Teststatistik (vgl. Saaty 1980: 49 ff.) die Eigenwerte der Gewichte (λ) ermittelt (vgl. Tabelle 3):

Hieraus kann einerseits der maximale Eigenwert ($\lambda_{\max}$) sowie der Konsistenzindex ($CI = \lambda_{\max} - n / (n-1)$) abgeleitet werden. Zur Überprüfung der Konsistenz der Gewichtung empfiehlt Saaty (1980: 51) die Ermittlung des Konsistenzverhältnisses („consistency ratio“ CR), welches den CI mit dem sogenannten Random-Index (RI) wie folgt vergleicht:

$$CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{RI (n - 1)} \quad (5)$$

Der Random-Index kann dabei auf der Basis einer gleich hohen Kriterienanzahl über eine zufällig generierte Paarvergleichsmatrix nach Saaty (1980: 21 und 62) wie folgt ermittelt werden (vgl. Tabelle 4):

Bei einem $CR < 0,1$ werden die paarweisen Vergleiche als konsistent angesehen. Dann können die standardisierten Kriteriengewichte aus dem paarweisen Vergleich unter Berücksichtigung des maximalen Eigenwertes ($\lambda_{\max}$) zur Bestimmung des Ideal- bzw. Referenzpunktes $L_p(w)$ verwendet werden. Neben den Kriteriengewichten sowie den standardisierten Bewertungskriterien kommt dabei der Aggregationsregel in Formel 1 eine wichtige Bedeutung zu. Sie wird hier über den Exponenten p erfasst, der dabei ein Distanzmaß darstellt. In der Praxis werden üblicherweise die drei Distanzmaße (p) zur Berechnung verwendet. Die City-Block-Norm ($p=1$) bedeutet eine totale Kompensation der Ziele. Die Euklidische Norm ($p=2$) steht für eine teilweise Kompensation und die Maximum-Norm ($p=10$) erlaubt keine Kompensation. Letzteres bedeutet, dass eine bestimmte Alternative oder Lösung ausscheidet, sobald ein Kriterium nicht erfüllt wird. Somit kann innerhalb des *Compromise Programming* mittels Variation von p ein kompen-

²¹ Zentrales Merkmal der AHP/ANP (*Analytical Hierarchy/Analytical Network Process*)-Methodik nach Saaty (1980) ist der nutzentheoretisch eindeutige paarweise Vergleich von Zielen oder Alternativen, wobei das AHP im Unterschied zum ANP eine Zielhierarchie erfordert. Saaty (1980) selbst empfiehlt, nicht mehr als sieben Kriterien gleichzeitig miteinander zu vergleichen. Deshalb eignet sich diese Methodik nicht für den Alternativenvergleich, wohl aber für die Gewichtung von begrenzt vielen (Standort-)Zielen. Bei GIS-basierten multidimensionalen Analysen und Bewertungen ist der paarweise Vergleich das am meisten genutzte Verfahren zur Bestimmung der Kriteriengewichte (Malczewski/Rinner 2015: 39; Malczewski 2006), was sich auch in der Tabelle 2 zeigt.

Tabelle 3 Berechnung Konsistenzvektor

Kriterium	Schritt 1 – Berechnung Aw_i	Schritt 2 – Berechnung λ_i
A_1	$Aw_1 = w_1 * 1 + w_2 * 7 + \dots + w_n * 1/9$	$\lambda_1 = Aw_1 / w_1$
A_2	$Aw_2 = w_1 * 1/7 + w_2 * 1 + \dots + w_n * 3$	$\lambda_2 = Aw_2 / w_2$
...		
A_n	$Aw_n = w_n * 9 + w_n * 1/3 + \dots + w_n * 1$	$\lambda_{\max} = Aw_n / w_n$

Tabelle 4 Random-Index-Werte

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

satorisches bis hin zu einem nichtkompensatorischen Vorgehen erfolgen, was eine Sensitivitätsanalyse darstellt.

3.2 Relevante Ziele für den idealen (Mikro-)Standort von Unternehmensimmobilien in Deutschland

Im Unterschied zur bestehenden Forschung sollen im Folgenden die relevanten Ziele für einen perfekten Standort („ideal point“) anhand der bestehenden Präferenzen am deutschen Immobilienmarkt abgeleitet werden. Immobilienmärkte können dabei hinsichtlich der wesentlichen Daseinsfunktionen systematisiert werden in Wohn- und Gewerbeimmobilien, wobei man letztgenannten Markt nach den Nutzungstypen mit ähnlichen Standortanforderungen in Handel-, Hotel-, Büro-, Industrie- und Spezialimmobilien differenziert. Hinsichtlich der Transaktionsvolumen vereinigen Handels- und Büroimmobilien rund 64 % aller An- und Verkäufe am Investmentmarkt für Gewerbeimmobilien, während Industrie- und Unternehmensimmobilien „nur“ 12 % Marktanteil aufweisen (BulwienGesa 2017: 86f.). Gleichzeitig machen Industrie- und Gewerbeflächen mit mindestens 20 % des gesamten deutschen Immobilienbestandes einen Flächenanteil aus, der deutlich über demjenigen der deutschen Handels- und Büroimmobilien liegt.²² An diesen Werten wird bereits deutlich, dass in Deutschland ein Großteil der Immobilien von deutschen Industrieunternehmen und Betrieben des verarbeitenden Gewerbes nicht am Immobilienmarkt gehandelt werden, sondern im Eigenbesitz verbleiben (Just/Pfnür/Braun 2016: 16). Um hier ein genaueres Verständnis zu erlangen, bietet sich eine tiefere Systematisierung des Marktsegmentes an.

Nach der Initiative Unternehmensimmobilien (2017: 8) sind „Unternehmensimmobilien [...] gemischt genutzte Gewerbeobjekte mit typischerweise mittelständischer Mieterstruktur. Die Mischung umfasst dabei Büro-, Lager-,

Fertigungs-, Forschungs-, Service- und/oder Großhandelsflächen sowie Freiflächen“. Sie zeichnen sich durch die Merkmale der Drittverwendungsfähigkeit, Nutzungsreversibilität und eine grundsätzliche Eignung für Mehr-Parteien-Strukturen aus und machen mit 951 Mio. m² (Initiative Unternehmensimmobilien 2017: 33) etwa ein Drittel des gesamten Gewerbeimmobilienbestandes (ohne Hotels) in Deutschland aus. Dabei lassen sich in diesem Sektor vier Typen unterscheiden: Den größten Flächenanteil haben hierbei die Produktionsimmobilien. Neben einem moderaten Büroflächenanteil zeichnen sich diese Immobilien überwiegend durch einzelne Hallenobjekte aus, die für die Fertigung, aber etwa auch für Forschung und Service einsetzbar sind. Die Eigentumsquoten im Teilssektor der Produktionsimmobilien liegen durchschnittlich bei 85 % (Just/Pfnür/Braun 2016: 16; Pfnür 2014: 31 ff.), was die hohe Relevanz der Boden- und Kaufpreise für diese Nachfrager verdeutlicht.²³ Die vorwiegend einfachen, aber großflächigen Lagermöglichkeiten (meist deutlich über 10.000 m² Nutzfläche) sind das wesentliche Kriterium der zweitwichtigsten Unternehmensimmobilien, den Logistikimmobilien. Der in ganz Deutschland zu beobachtende Logistikboom ist eine Folge der zunehmenden Verknüpfung des Internets mit den Prozessen und Diensten der produzierenden Wirtschaft, was die Produktion näher an die Absatzmärkte und somit an die Siedlungsflächen heranrücken lässt (JLL 2017: 13; Langhagen-Rohrbach 2012; BulwienGesa 2017).²⁴ Im Unterschied zu den Produktions-

²² Der Gebäude- und Flächenbestand gewerblicher Immobilien (im Sinne von Nichtwohngebäuden) ist bislang nur über GIS-basierte Hochrechnungen abschätzbar. Danach machen Fabriken und Werkstätten rund 20 % der Nutzflächen aus. Der Anteil steigt auf über 50 %, wenn auch Handels- und Lagergebäude erfasst werden (BMVBS 2011: 106).

²³ Institutionelle Investoren sind bislang in diesem Teilssektor aufgrund fehlender Kenntnisse kaum vertreten, haben aber deutliches Anlageinteresse in aktuellen Befragungen (Just/Pfnür/Braun 2016: 18; Initiative Unternehmensimmobilien 2017: 16f.) gezeigt. Pfnür (2014: 31 ff.) unterstreicht die hohe künftige Bedeutung dieser Immobilien für institutionelle Investoren durch einen Vergleich mit weiter entwickelten internationalen Immobiliensektoren.

²⁴ Das Heranrücken an die Absatzmärkte ist auch für die Produktionsimmobilien zu erkennen, wenn es sich um schadstoffarme Leichtindustrie handelt. Da diese zumeist wissensintensiv fertigt, sind zentralere Standorte in der Nähe der Arbeitskräfte bei neueren Objekten wünschenswert. Ein Heranrücken an Siedlungsbereiche ist möglich, da die Umweltschädlichkeit der Fertigung in der Leichtindustrie als gering einzuschätzen ist. Zudem könnten Anpassungen der Baunutzungsver-

immobilien zeichnen sich Logistikimmobilien durch relativ niedrige Eigentumsquoten und damit hohe Vermietungs- und Investorenrelevanz aus, was in den letzten Jahren zu stark steigenden Transaktions- und Entwicklungsvoluma führte.²⁵ Während diese beiden Typen bereits 93 % aller entsprechenden Flächen in Deutschland ausmachen (Initiative Unternehmensimmobilien 2017: 33), werden zu den Unternehmensimmobilien noch die Gewerbeparks und Transformationsimmobilien gezählt. Gewerbeparks sprechen bewusst mit einem Büroflächenanteil von 20 % bis 50 % und einem zentralen Immobilienmanagement auch Dienstleistungsunternehmen an. Transformationsimmobilien sind durch ein Redevelopment (vgl. 2016) ehemaliger Industrieflächen mit Nachverdichtungspotenzial geprägt, welches häufig neben Dienstleistern auch die Kreativwirtschaft, Gastronomie und selbst Wohnnutzungen umfasst.

Während mit Transformationsimmobilien demzufolge recht hohe Miet- und Kaufpreise (ähnlich wie im gesamten Wohn- und Bürosektor der deutschen Großstädte) erzielt werden können, gilt dies nicht für die Hallenflächen der Produktions- und Logistikimmobilien. Deren Miete lag bis Ende 2015 nur bei durchschnittlich 4 Euro/m² (Initiative Unternehmensimmobilien 2017: 30), was zusammen mit den kürzeren Gebäudenutzungsdauern im Vergleich zu anderen Immobilienarten deutlich niedrige Kaufpreise²⁶ zur Folge hatte. Hatte in der Vergangenheit das Zusammenwirken beider Faktoren noch ausreichend hohe Flächenrentabilitäten (zum Ausgleich für die höheren Nachnutzungsrisiken) zur Folge, so führte die starke und anhaltende Flächennachfrage speziell in deutschen Großstädten²⁷ zu einer veränderten Situation. Denn die

deutlich gestiegenen Mieten (6 Euro/m², vgl. Initiative Unternehmensimmobilien 2017: 30; JLL 2017: 10; CBRE 2017: 4) konnten die stark gestiegenen Kaufpreise für Bestandsobjekte und geeignete Grundstücke nicht auffangen, sodass zwischenzeitlich auch die Rentabilitäten deutlich gefallen sind.²⁸

Mithin bewirkt die starke Flächenkonkurrenz nicht nur einen Verdrängungseffekt der Unternehmensimmobilien auf dem Investitionsmarkt, sondern auch auf dem Flächenmarkt: Logistikunternehmen sehen sich zunehmend mit höheren Mietpreisen und Produktionsunternehmen sehen sich im Neubau eigengenutzter Flächen zunehmend mit höheren Bodenpreisen konfrontiert. Verstärkt wird die Problematik durch eine Flächennachfrage der verarbeitenden Betriebe, die bei etwa 67 % der bestehenden Transaktionen am Unternehmensimmobilienmarkt bei über 2.500 m² individueller Nutzfläche liegt (Initiative Unternehmensimmobilien 2017: 25; ähnlich BulwienGesa 2017: 48 f.). Angesichts der geringen Geschossigkeiten²⁹ und begrenzten Grundstücksdichten (Grundflächenzahl (GRZ) im Gewerbe- und Industriegebiet bei 0,8) erfordert dies regelmäßige Grundstücksflächen von über 3.000 m², welche nicht nur im Düsseldorfer Stadtgebiet kaum noch existent sind (Landeshauptstadt Düsseldorf 2016; Karl 2017). Gleichzeitig führt der boomende Internethandel europaweit zu einem starken Anstieg des Paketzustellungsaufkommens, was einen dramatischen Anstieg des Flächenbedarfs für innerstädtische Logistik zur Folge hat (vgl. Cushman & Wakefield 2017). Demzufolge zeigen empirische Untersuchungen für die Nutzergruppen von Produktions- wie auch Logistikimmobilien, dass sie nicht auf die Ansiedlung in Metropolen und

ordnung, wie die jüngst vollzogene Einführung der „urbanen Gebiete“, zu einer Verstärkung dieses Trends führen. In der Literatur wird dieser Typus auch als „produktionsnahe Immobilien“ bezeichnet, wofür ein Marktpotenzial von 600 Mrd. Euro alleine in Deutschland abgeleitet wurde (Just/Pfnür/Braun 2016: 9).

²⁵ So liegen beispielsweise die Eigennutzeranteile aller neu entwickelten Logistikimmobilien in Deutschland zwischen 2012 und 2016 nur noch bei 17 %, während gleichzeitig das Investmentvolumen mit 3.818 Mio. Euro in 2017, angefangen mit dem Interesse internationaler Immobilieninvestoren, einen neuen Höchststand erreicht hat (BulwienGesa 2017: 38 ff.; 86 ff.). Während CBRE (2017: 2; ähnlich Langhagen-Rohrbach 2012: 224) den Eigennutzeranteil am deutschen Logistikimmobilienmarkt etwas höher einschätzt (36 %), zeigt BNPRE (2017: 12 f.) für Düsseldorf ebenfalls nur einen 19-%igen Eigennutzeranteil auf. Früher zeichneten sich neue Flächen oftmals durch eine Vorvermietung aus. Mittlerweile werden fast 20 % der Logistikflächen in den deutschen Großstädten spekulativ entwickelt (JLL 2017: 5).

²⁶ So lagen 2016 in Düsseldorf die Kaufpreise für Logistikimmobilien in der Spitze mit 225 Euro (JLL 2017: 7) bereits deutlich unter den durchschnittlichen Grundstückspreisen in den dortigen Gewerbegebieten (260 Euro gemäß IVD-Gewerbepreisspiegel bzw. 355 Euro gemäß Grundstücksmarktbericht Düsseldorf) und den Grundstückspreisen für Büro- und Handelsimmobilien (830-3.100 Euro gemäß Grundstücksmarktbericht Düsseldorf).

²⁷ In der Region Rhein-Ruhr betrug der Flächenumsatz bei Unternehmensimmobilien im ersten Halbjahr 2017 146.000 m² und damit mehr

als in allen anderen Regionen Deutschlands (Initiative Unternehmensimmobilien 2017: 23). Im Gegensatz zu allen anderen betrachteten Regionen konnten zudem mehr Flächen umgesetzt werden als im deutschlandweit herausragenden zweiten Halbjahr des Jahres 2015. Studien der BulwienGesa (2016) sowie der ProLogis (2017) belegen, dass Düsseldorf für Logistikimmobilien mittlerweile der begehrteste Standort in Deutschland ist.

²⁸ Während bei den Produktionsimmobilien immerhin noch 6-%-Renditen möglich sind, gilt dies nicht mehr für Logistikimmobilien, deren Werte mittlerweile nur noch bei 3,9-5,2 % liegen (CBRE 2017: 7; BNPRE 2017: 8 f.) und damit auf dem Niveau vieler Büroimmobilienmärkte angelangt sind. Hierbei ist zu beachten, dass die höheren Renditen für Produktionsimmobilien in der Vergangenheit ein Ausgleich für das höhere Risikopotenzial dieser Unternehmensimmobilientypen waren. Denn die geringeren Drittverwendungsmöglichkeiten und Mieterdiversifikation sowie die oftmals höhere und nutzerspezifische Anlageintensität dieser Immobilien führt oftmals zum Entstehen temporärer oder gar dauerhafter Industriebrachflächen, wenn der bestehende Mieter Standorte aufgibt. Indes sind auch in diesem Segment mittlerweile Renditekompressionen aufgrund hohem Anlegerinteresse zu beobachten (vgl. Initiative Unternehmensimmobilien 2017: 18 f.).

²⁹ Gerade im Bereich der überwiegend eingeschossigen Logistikimmobilien (vgl. von Schlippenbach/Dirscherl 2008: 29 ff.) wird in der City-Logistik über neue, mehrgeschossige Gebäudetypen nachgedacht (vgl. BulwienGesa 2017: 50 ff.).

Tabelle 5 Empirische Standortfaktoren von Unternehmensimmobilien

(Makro-)Standortfaktoren	überörtliche/regionale Immobilienentwicklungsebene
Bevölkerungsdichte, Arbeitskräfteangebot, Lebensqualität, Gewerbesteuer, Ver- und Entsorgungsgebühren, Energiekosten, Unternehmerfreundlichkeit der Verwaltung	Bankhofer (2001: 54 ff.); Berlemann/Tilgner (2006: 14 ff.); EY (2006: 5); Berlemann/Tilgner (2007: 21); Göbel/Hamm (2010: 199); Meier (2011a: 32 ff.); Meier (2011b: 51 ff.); IW (2012); Busch (2013: 208 ff.); DIHK (2014: 7 ff.); Difu (2017: 10 ff.); Logistikcluster NRW (2017: 29 ff.)
(Mikro-)Standortfaktoren	örtliche/kommunale Immobilienentwicklungsebene
Erreichbarkeit: Straßen- und Autobahnnetz/Verkehrsanbindung	Vielberth (1999: 125 f.); Bankhofer (2001: 54 ff.); Berlemann/Tilgner (2006: 22); Busch/Sikorski (2006: 73 f.); Ertle-Straub (2003: 230); EY (2006: 5); von Schlippenbach/Dirscherl (2008: 29 ff.); Göbel/Hamm (2010: 199); Busch (2013: 193 ff.); Langhagen-Rohrbach (2012: 219 ff.); Meier (2011a: 32 ff.); Meier (2011b: 51 ff.); Göbel (2012: 144 ff.); Veres-Homm/Kübler/Weber et al. (2015: 32); ProLogis (2016: 2 f.); Just/Pfnür/Braun (2016: 14); Difu (2017: 13); BulwienGesa (2017: 65); Logistikcluster NRW (2017: 12 ff.); SCI Verkehr (2017: 4)
Umfeld: Nähe Häfen/Gleise/Flughäfen/(Ballungs-)Zentrum/gewerbliches Umfeld (ggf. Brache) mit Abstand zu Wohnsiedlungsflächen	Vielberth (1999: 83, 125 ff.); Niklas (2015: 738 f.); Berlemann/Tilgner (2007: 21); von Schlippenbach/Dirscherl (2008: 29 ff.); Langhagen-Rohrbach (2012: 219 ff.); Busch (2013: 193 ff.); Vallée (2012: 9); Pfnür (2014: 24 ff.); Veres-Homm/Kübler/Weber et al. (2015: 32, 77 ff.); ProLogis (2016: 2 f.); Logistikcluster NRW (2017: 12 ff., 58 f.); Difu (2017: 17)
Nutzungspotenzial Grundstück: Größe, Zuschnitt, Topographie der Fläche/Grundstücks- und Mietpreise	Vielberth (1999: 43); Bankhofer (2001: 54 ff.); Berlemann/Tilgner (2006: 22); Busch/Sikorski (2006: 73 f.); EY (2006: 5); Meier (2011b: 51 ff.); (Busch 2013: 204 ff.); Vallée (2012: 9); Göbel (2012: 144 ff.); Ruckes (2013: 126 ff.); Just/Pfnür/Braun (2016: 14); Difu (2017: 12, 17, 21); Logistikcluster NRW (2017: 12 ff.); SCI Verkehr (2017: 4); BulwienGesa (2017: 71)

Großstädten verzichten können. Denn nur hier werden die geforderten Standortqualitäten vorgefunden.

Die Relevanz von Standortfaktoren für die vorgestellten Unternehmensimmobilientypen und ihre Nutzer lässt sich empirisch auf zwei Wegen bestimmen: Möglich ist zunächst die Beobachtung und Identifikation von Raummustern durch Analyse von tatsächlich erfolgten Unternehmensansiedlungen bestimmter Branchen. Darüber hinaus können durch Befragungen Primärdaten zur Relevanz von Standortfaktoren auf Unternehmensebene erhoben werden. Beide methodischen Wege sind in Deutschland zwar im Immobiliensektor wenig verbreitet, jedoch finden sich insbesondere auf Bundesebene diverse Beobachtungen und Befragungen bezüglich industrieller Standortfaktoren. Hierbei ist indes zu beachten, dass derartige Untersuchungen in der Regel vorrangig überörtliche und weniger kommunale Standortfaktoren abfragen, wie auch Tabelle 5 verdeutlicht.

Die deutschen Großstädte zeichnen sich typischerweise durch hohe Bevölkerungsdichten, Arbeitskräfteangebote, Lebensqualitäten sowie häufig auch unternehmerfreundliche Verwaltungen aus. Für die stadtweite Landeignungsprüfung sind indes als Ziel- bzw. Bewertungskriterien nur die lokalen Standortfaktoren, die typischerweise am Mikrostandort ansetzen, relevant. Die oben stehende Auswertung der Forschungsliteratur im Bereich der Produktions- und Logistikimmobilien zeigt, dass die Qualität der lokalen Straßen- und Autobahnnetze und damit die (über-)örtliche Verkehrsanbindung und Erreichbarkeit von herausragender Bedeutung für die Nutzer von Unternehmensimmobilien sind. Das Autobahnnetz sollte dabei möglichst störungsfrei (das heißt stau- und ampelfrei) und ohne Ortsdurchfah-

rung erreichbar sein. Weitere Verkehrsanbindungen (Schiene, Hafen, Flughafen) sind nur für bestimmte Unternehmen relevant, da sie letztlich von den Tätigkeitsbereichen und der Internationalität des Warenverkehrs abhängen. Eine ähnliche Aussage gilt für die Nähe zum Stadtzentrum, die beispielsweise für die Ballungsraum-Logistiker ebenso wie für Nutzer von Gewerbeparks (mit höherem Dienstleistungsanteil) sehr wichtig ist. Während hier eine gewisse Nähe zu Wohngebieten (im Sinne der neu geschaffenen „urbanen Gebiete“ nach Baunutzungsverordnung) sogar möglich erscheint, bevorzugt die große Mehrheit der anderen Nutzer von Unternehmensimmobilien aus Gründen des Lärmschutzes und des möglichen 24-Stunden-Betriebs ein gewerbliches Umfeld (gegebenenfalls mit Vornutzung) mit deutlichem Abstand zu Wohngebieten, aber in der Nähe zu bestimmten Serviceangeboten (z. B. Tankstellen, Waschanlagen und Imbisse). Weitere Anforderungen beziehen sich auf die (Nutzungs-)Eigenschaften des Grundstücks bzw. der Flächen. So spielen Topographie und Baugrund eine entscheidende Rolle bei den Herstellungskosten. Ein zu großes Gefälle bzw. Hangneigung treibt die Kosten in die Höhe, ebenso wie ein Baugrund aus Sumpf oder Fels. Die Größe und der Zuschnitt einer Fläche können ungeeignet sein, wenn die zur Verfügung stehende Fläche schlicht zu klein ist oder nicht genügend Tiefe für eine qualitativ hochwertige innere Erschließung besteht. Geeignete Grundstücke sollten für alle der angesprochenen Nutzergruppen eine Mindestgröße von etwa 2.500-3.000 m² aufweisen. Die oben genannten Studien zeigen zudem sehr deutlich, dass in den letzten Jahren die Kaufpreise mittlerweile bei nahezu allen Nutzern von Unternehmensimmobilien (85 %

der Befragten bei SCI Verkehr 2017: 4) eine herausragende Wichtigkeit einnehmen. Diese Zielgruppe für die Landeignungsprüfung ist mithin zwischenzeitlich sehr sensibilisiert bezüglich der Nutzungskonkurrenzen am Immobilienmarkt. Aufgrund der hohen Relevanz sollen alle vorgestellten Mikro-Standortfaktoren in der Landeignungsprüfung berücksichtigt werden.

3.3 Forschungsdesign im Untersuchungsraum „Stadtgebiet Düsseldorf“

Zur Umsetzung des vorgestellten Ansatzes zum *Compro-mise Programming* werden für den ausgewählten Untersuchungsraum, das Stadtgebiet Düsseldorf, zunächst die relevanten Eingangsparameter entsprechend des methodischen Prozessablaufs vorgestellt. Als Entscheidungsalternative fungiert hierbei das gesamte Stadtgebiet (217,4 km²), welches in gleichgroße Rasterzellen von 10 m x 10 m eingeteilt wird. Die resultierenden 2,174 Mio. Entscheidungsalternativen für die stadtweite Standortsuche stellen einen guten Kompromiss zwischen Rechnerleistung, Praktikabilität und Genauigkeit dar, wenn eine geeignete GIS-Software ausgewählt wird. Im vorliegenden Fall ist dies – analog zur Mehrheit der Literatur in Kapitel 2 – die Software ArcGIS der Firma ESRI. Als Ziele für die multidimensionale Landeignungsprüfung sollen alle wesentlichen (Mikro-)Standortfaktoren aus Kapitel 3.2 genutzt werden, weshalb vier Zielkategorien für das Stadtgebiet Düsseldorf unterschieden werden.

Die erste Kategorie umfasst alle Faktoren, welche die verkehrliche Anbindung (z. B. an die Autobahnen und Häfen) betreffen. Um hierbei nicht nur das Vorhandensein, sondern die Qualität der Erschließung unmittelbar in geeigneten Kriterien zu erfassen, werden neben der Straßenerschließung des einzelnen Flurstücks, dem Abstand zu Wohngebieten vor allem die Fahrtzeiten zu Autobahnen, Häfen oder Gleisanschlüssen zugrunde gelegt. Dazu wird die (Reise-)Kostenentfernung im Sinne der Zeitaufwendungen zum jeweiligen Ziel für jede einzelne Rasterzelle in Düsseldorfs Stadtgrenzen³⁰ bestimmt. Für die Berechnung der Fahrtzeiten müssen dann Annahmen über die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten getroffen werden, da diese nicht in den amtlichen Daten hinterlegt sind. Folgende Annahmen

werden getroffen: Bundesautobahnen maximal 130 km/h, Bundesstraßen maximal 100 km/h, Landesstraßen maximal 70 km/h, Kreisstraßen maximal 50 km/h, Gemeindestraßen maximal 50 km/h. Diese Geschwindigkeitsangaben werden in einem neu angelegten Feld in der Attributtabelle als Straßenart (shape) eingefügt. Anschließend erfolgt für die Angabe der Reisezeiten eine Umrechnung in die Einheit Sekunde pro Meter. Das Straßenshape wird im nächsten Schritt in ein Rasterform umgewandelt.³¹ Somit verfügt nun jede Rasterzelle im Untersuchungsraum über eine hinterlegte Information zur aufzuwendenden Reisezeit. Anhand dieses Rasterdatensatzes kann durch das Werkzeug „Kostenentfernung“ die Reisezeit zu definierten geometrischen Zielen von jedem Punkt im Raum aus berechnet werden. Für die Fahrtzeiten zu den Autobahnen werden die Netzknoten, also die Anschlussstellen, als Ziele festgelegt. Analog werden entsprechende Knotenpunkte unter anderem für Gleisanschlüsse, Häfen und Flughäfen bestimmt. Die berechneten Distanzen liegen nun in Streckenwerten und in Sekunden vor, woraus im letzten Arbeitsschritt dann gemäß der festgelegten Grenzwerte (vgl. Tabelle 6) eine Klassifizierung erfolgen kann.

In der zweiten Kategorie befinden sich die Anforderungen an die Umfeldnutzungen eines potenziellen Standorts (z. B. Abstandsflächen zu Wohnnutzungen), wobei hier zusammenhängende Industrie- und Gewerbeflächen bzw. Wohnbauflächen zunächst zusammengefügt werden und so dann jeweils die euklidischen Entfernungen bestimmt werden. In der dritten Kategorie werden die Flächeneigenschaften zusammengefasst. Hierzu zählen neben den Bodenrichtwerten auch übereinstimmende Vornutzungen. Idealerweise hat ein Standort also bereits eine gewerbliche oder industrielle Vergangenheit. Dies spart nicht nur Geld und Zeit, weil weniger Planungs- und Genehmigungsprozesse notwendig sind. Brachflächen weisen zudem meist eine gute und bereits vorhandene Erschließung auf und sind an integrierten Lagen zu finden. Gleichzeitig erweisen sich topographische Eigenschaften der Grundstücke, wie z. B. die Hangneigung und die Flurstücksform, welche über den sogenannten „Shape Index“³² gemessen wird, als wesentliche Qualitätskriterien für eine großflächige Nutzung durch Produktions- und Logistikunternehmen.

³⁰ Das Düsseldorfer Stadtgebiet ist nicht kreisrund und weist somit einige ‚Unregelmäßigkeiten‘ auf. Dadurch kann der kürzeste mögliche Weg ein Verlassen und Zurückkehren in das Stadtgebiet erfordern. Zu Analyse Zwecken wird folgerichtig eine 5 km breite Pufferzone um das Stadtgebiet angelegt. Innerhalb der Stadtgrenzen liegen die ATKIS-Basis-DLM-Daten für das Straßennetz von der Ebene der Gemeindestraßen bis hin zur Ebene der Bundesautobahnen vor. In der Pufferzone wird auf das frei verfügbare Straßennetz des Landesbetriebs Straßenbau Nordrhein-Westfalen zurückgegriffen (keine Gemeindestraßen enthalten, sonst deckungsgleich). Beide Datenbestände sind zusammenzuführen und werden im nachstehenden Modell verarbeitet.

³¹ Die „leeren Bereiche“ zwischen den als Raster dargestellten Straßen sind zu Fuß zu überwinden. Mithilfe des Werkzeugs „Raster berechnen“ wird diesen bisher inhaltslosen Bereichen (NoData) die Reisezeit 0,7 sek/m zugewiesen.

³² Der „Shape Index“ kennzeichnet die Abweichung einer (Grundstücks-)Fläche von ihrer optimalen sie umschließenden Kreisform. Je geringer dabei der Shape-Index einer Fläche ist, umso kompakter ist deren Form. Der bestmögliche Wert (für eine maximal kompakte Kreisform) liegt hierbei bei 1. Höhere Werte deuten auf eine zerklüftete und strukturreichere Grundstücksform hin, welche eine hohe Flächeneffizienz und Ausnutzung für Projektentwickler stark erschwert.

Tabelle 6 (Fortsetzung)

Kriterium	Einheit	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	Datenquelle
Wasserflächen													ATKIS-BASIS DLM (Geobasis NRW)
Landschaftsschutzgebiete													Layer LSG NRW (LANUV NRW)
Biotopflächen													Layer Biotop NRW (LANUV NRW)
FFH-Gebiete													Layer FFH NRW (LANUV NRW)
Naturschutzgebiete													Layer NSG NRW (LANUV NRW)
Verkehrsflächen													ATKIS-BASIS DLM (Geobasis NRW)
Gebäude													ALKIS Vereinfacht (Geobasis NRW)
Sport-/Freizeit-/ Erholungsflächen													ATKIS-BASIS DLM (Geobasis NRW)
Linieninfrastrukturen (Straße, Eisen- bahn)													ATKIS-BASIS DLM (Geobasis NRW)

Schließlich werden in einer vierten Kategorie sogenannte Ausschlussflächen aufgrund rechtlicher Bestimmungen (z. B. Wasser- oder Biotopflächen) und aufgrund bestehender Nutzungen (z. B. Verkehrs- und Siedlungsflächen) definiert.³³ Tabelle 6 gibt die Definition der insgesamt 24 Zielkriterien, hier also der Standortfaktoren, der vier Kategorien inklusive der relevanten Geo-Datenquellen sowie der Transformations- und Klassifikationsregeln zur Standardisierung der verschiedenen Faktoren wieder.

Nach der Festlegung der Klassifikations- und Grenzwerte erfolgt die Ermittlung der Kriterien- bzw. Indikatorgewichte mittels des paarweisen Vergleichs des AHP auf zwei hierarchischen Ebenen. Damit wird erreicht, dass maximal sieben Kriterien in einem Durchgang bewertet werden müssen. Auf der ersten Ebene wird die relative Bedeutung der drei Kategorien ermittelt. Anschließend werden auf der zweiten Ebene die Gewichtungen der Indikatoren ermittelt. Dabei werden die Indikatoren entsprechend der Hierarchiestruktur eingeteilt und in Bezug auf die nächsthöhere Ebene beurteilt, sodass insgesamt drei Durchgänge notwendig sind. Exemplarisch soll das Vorgehen in Abbildung 1 anhand der obersten Zielhierarchie, der drei Kategorien (ohne die Kategorie der Ausschlussflächen, welche direkt angewendet werden kann) sowie der Einzelkategorie Umfeld vorgestellt werden.

Über den paarweisen Vergleich der obersten Hierarchieebene kann zunächst das Kriteriengewicht für die Kategorie „Umfeld“ mit einem Wert von 0,2611 bestimmt und im Hinblick auf seine Konsistenz zu den beiden anderen Kategorien überprüft werden (linke Seite der Abbildung 1). Nach einem analogen Vorgehen für die zwei Kriterien der Kategorie „Umfeld“ (rechte Seite der Abbildung 1) kann deren Einzelgewicht von 0,75 und 0,25 abgeleitet werden. Anschließend kann durch die multiplikative Verknüpfung „von oben nach unten“ die Gesamtbedeutung eines einzelnen Indikators in Bezug auf das Ziel berechnet werden. Im Falle der Entfernung zu Wohnbauflächen resultiert mithin ein Kriteriengewicht von $0,2611 \times 0,2500 = 0,0653$.

Grundsätzlich bieten sich für einen derartigen paarweisen Vergleich zwei institutionelle Alternativen an, da sowohl Unerfahrenheit als auch Interessenkonflikte bei der Aufstellung der Kriteriengewichte zu vermeiden sind: Entweder wird ein neutraler Gutachter mit der Aufstellung des AHP-Vergleichs betraut oder aber es erfolgt eine Grup-

penentscheidung. Der letztgenannte Fall bedingt nach einem analogen Vorgehen durch jedes einzelne Gruppenmitglied einen weiteren methodischen Schritt in Form der Zusammenführung der verschiedenen Gewichtungen. Hierzu schlägt Saaty (1980: 66 ff.) die Delphi-Methode vor, da hiermit auch die Erfahrung, Intelligenz und Verantwortlichkeit der Gruppenmitglieder integriert werden kann. Kerncharakteristikum ist hierbei die Sammlung und Vorstellung der Ergebnisse in mehreren Runden, bis ein Konsens bei den Gruppenmitgliedern erreicht wird. Beide Verfahrensalternativen können einen Kompromiss zwischen den Gemeinwohlinteressen der Kommune und Gewinnstreben der Immobilieneigentümer bzw. -entwickler herbeiführen.³⁴ Die weiteren Kriteriengewichte in Verbindung mit dem Distanzmaß p des CP-Modells finden sich in Tabelle 7.

Auf dieser Basis können nun für das gesamte Stadtgebiet für n Standortziele der Tabelle 6 zunächst die Eignung in einem normierten Wertespektrum $[0,1]$ bestimmt werden. Den Gesamteignungswert erhält man, wenn man die ermittelten n Eignungswerte und die dazugehörigen relativen Kriteriengewichte (nach erfolgtem Konsistenztest) mit unterschiedlichen Distanzmaßen p in die Formel 1 einsetzt und so für jede Rasterzelle die Lp-Distanz berechnet. Der beste Wert ist entsprechend des Grundgedankens der Methode des *Compromise Programming* (= Minimierung der Distanzen) derjenige Wert mit dem geringsten Abstand zum Idealwert. Das Ergebnis kann dann als „Gesamt-Bedauern“ („total regret“) interpretiert werden, das im Vergleich zum perfekten Standort (dem „ideal point“) minimiert wird. Der Wert ist damit ein Komplementär zum Gesamtnutzen (V) der Alternative, das heißt, es gilt $Lp(A_i) = 1 - V(A_i)$ mit $V(A_i)$ als Nutzen der Alternative. Die Ergebnisse für das gesamte Stadtgebiet Düsseldorfs werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

4 Diskussion der Qualität des identifizierten räumlichen Immobilienentwicklungspotenzials für Unternehmensimmobilien in Düsseldorf

Dieses Kapitel dient zunächst der Ergebnisdarstellung und Interpretation der durchgeführten Analyse für das gesamte Untersuchungsgebiet, das Stadtgebiet Düsseldorf. Dabei soll zunächst die Bedeutung des Distanzmaßes p und damit die Kompensationsregel zwischen den Bewertungskriterien verdeutlicht werden.

³³ Damit werden von vornherein ökologische Schutzzonen und Flurstücke, die zur Sicherung des Stadtklimas und/oder aufgrund regionalplanerischer ökologischer Vorgaben nicht durch entsprechende gewerbliche Nutzungen bebaut werden dürfen, von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Auch auf diesem Wege soll insofern politischen Entscheidungsträgern, die über die künftige planerische Nutzung der verbleibenden Flurstücke in entsprechenden Verfahren entscheiden, eine Hilfestellung und somit eine Entscheidungsunterstützung durch den vorliegenden methodischen Ansatz gewährt werden.

³⁴ Vgl. zur Delphi-Methode im Kontext der Landeignungsprüfung Kamali/Alesheikh/Alavi Borazjani et al. (2017). Weitere Ansätze für die Zusammenfassung von Gruppenentscheidungen finden sich bei Malczewski/Rinner (2015: 225 ff.).

Abbildung 1 Paarweiser Vergleich der Bewertungskriterien zur Landeignungsprüfung (exemplarische Darstellung)

Input			
Anzahl Indikatoren			3
Anzahl Vergleiche			3
RI			0,58

Bewertungsmatrix A			
Indikatoren	Verkehr	Umfeld	Fläche
Verkehr	1	2	1
Umfeld	1/2	1	1
Fläche	1	1	1
Σ	2,500	4,000	3,000

Bewertungsmatrix B			
Indikatoren	Verkehr	Umfeld	Fläche
Verkehr	0,4000	0,5000	0,3333
Umfeld	0,2000	0,2500	0,3333
Fläche	0,4000	0,2500	0,3333
Σ	1,0000	1,0000	1,0000

Berechnung Konsistenzvektor			
Indikatoren	Awi		λ_i
Verkehr	1,2611		3,0676
Umfeld	0,7944		3,0426
Fläche	1,0000		3,0508
		λ_{max}	3,05

Berechnung Konsistenzindex			
CI			0,0268

Berechnung Konsistenzwert			
CR			0,0463 < 0,1 Konsistenz!

Input			
Anzahl Indikatoren			2
Anzahl Vergleiche			1
RI			0

Bewertungsmatrix A			
Indikatoren	EntfGI	EntfWB	
EntfGI	1	3	
EntfWB	1/3	1	
Σ	1,33	4,00	

Bewertungsmatrix B			
Indikatoren	EntfGI	EntfWB	
EntfGI	0,7500	0,7500	0,7500
EntfWB	0,2500	0,2500	0,2500
Σ	1,0000	1,0000	1,0000

Berechnung Konsistenzvektor			
Indikatoren	Awi		λ_i
EntfGI	1,5000		2,0000
EntfWB	0,5000		2,0000
λ_{max}			2,0000

Berechnung Konsistenzindex			
CI			0,0000

Berechnung Konsistenzwert			
CR			0,0000 < 0,1 Konsistenz!

EntfGI = Entfernung zu Gewerbe- und Industrieflächen
EntfWB=Entfernung zu Wohnbauflächen

Tabelle 7 Paarweiser Vergleich der Bewertungskriterien zur Landeignungsprüfung mit allen Distanzmaßen

Kriterium	p = 1	p = 2	p = 10
Verkehrliche Anbindung			
Fahrtzeit zum Autobahnanschluss	0,1723	0,0297	0,000000023025336
Fahrtzeit zur Bundesstraße	0,0841	0,0071	0,000000000017694
Gehzeit zur nächstgelegenen ÖPNV-Haltestelle	0,0691	0,0048	0,000000000002487
Fahrtzeit zum Flughafen	0,0407	0,0017	0,000000000000013
Fahrtzeit zum Hafen	0,0191	0,0004	0,000000000000000
Fahrtzeit zum Gleisanschluss	0,0258	0,0007	0,000000000000000
Umfeldnutzungen			
Entfernung zu Gewerbe- und Industrieflächen	0,1958	0,0384	0,000000082959507
Entfernung zu Wohnbauflächen	0,0653	0,0043	0,000000000001405
Flächeneigenschaften			
Hangneigung	0,0270	0,0007	0,000000000000000
Gewerbe- und Industriefläche	0,0489	0,0024	0,000000000000077
Bodenrichtwerte	0,1032	0,0107	0,000000000137569
Flurstückgröße ohne Bebauung	0,0756	0,0057	0,000000000006122
Flurstückform (Shape Index)	0,0430	0,0018	0,000000000000022
Flurstück durch Straße erschlossen (10 m Radius)	0,0300	0,0009	0,000000000000001

Abbildung 2 Landeignungsprüfung Düsseldorf: Flächen im Stadtgebiet für Unternehmensimmobilien

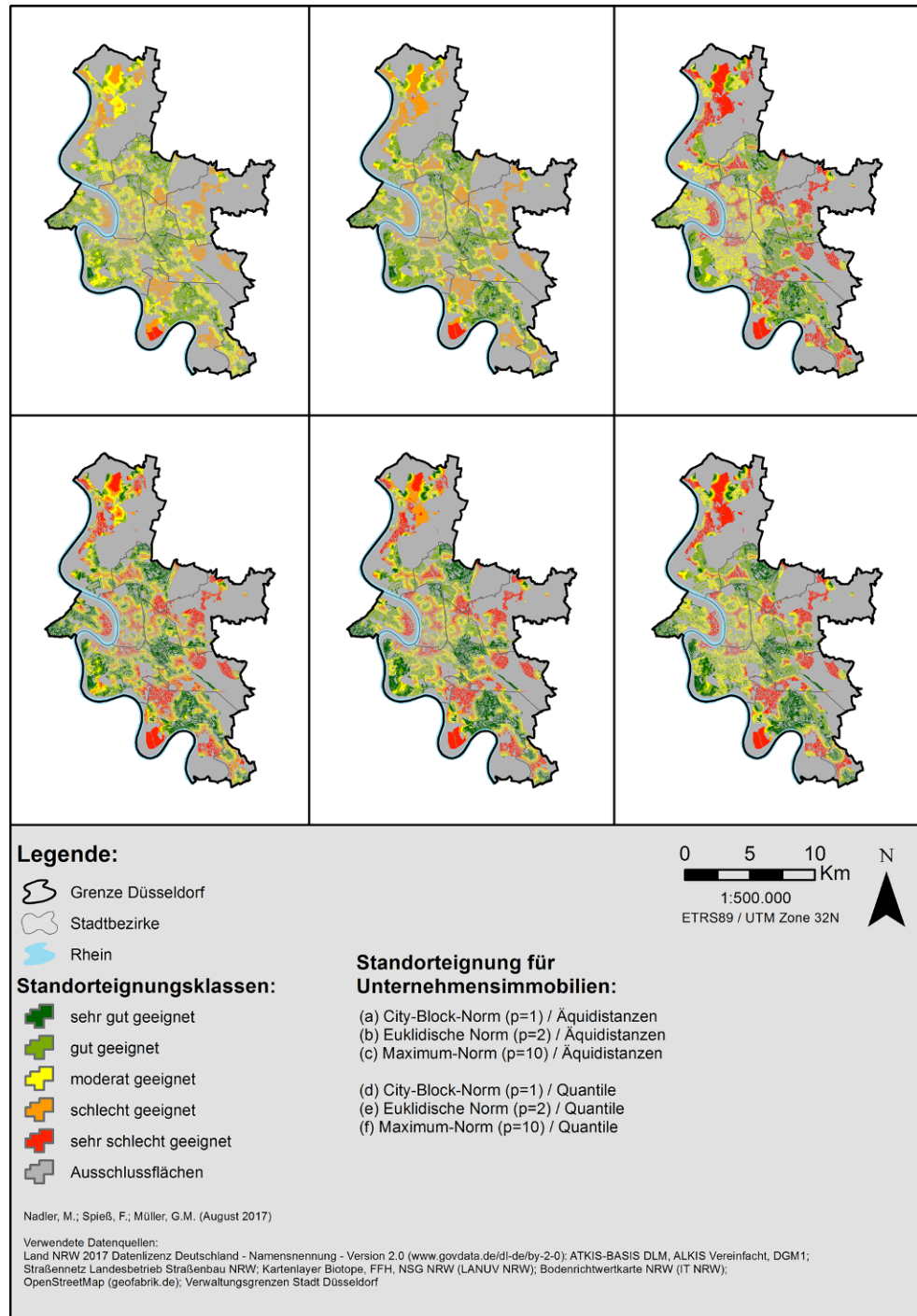


Abbildung 2 zeigt von rechts nach links die unterschiedlichen Kompensationsarten (totale Kompensation bei Distanzmaß $p=1$, teilweise Kompensation bei Distanzmaß $p=2$, keine Kompensation bei Distanzmaß $p=10$) bei einer Klassenbildung von sehr gut geeigneten Flächen (dunkelgrün) bis sehr schlecht geeigneten Flächen (dunkelrot). Im Detail werden fünf Standorteignungsklassen gebildet, wobei für die Gesamtdarstellung zeilenweise auch ein Ver-

gleich zwischen Äquidistanzen (obere Zeile) und Quantilen (untere Zeile) vorgenommen wird. Die Quantile stellen dabei Klassen mit einer annähernd gleichgroßen Anzahl an Rasterzellen dar, wohingegen die Darstellung in Äquidistanzen den resultierenden Wertebereich in gleichgroße Intervalle einteilt.

Nicht nur der visuelle Eindruck, sondern auch der quantitative Vergleich in Tabelle 8 zeigt, dass knapp 70 % der

Stadtfläche durch Ausschlusskriterien nicht für Unternehmensimmobilien geeignet sind (graue Flächen in Abbildung 2). Alle weiteren CP-Ergebnisse sind abhängig vom Distanzmaß, aber auch vom Klassifizierungsansatz (Äquidistanzen vs. Quantile). Tabelle 8 zeigt, dass sinnvollerweise Äquidistanzen für die weitere Analyse gewählt werden sollten, da nur hier für den Wertebereich gleichgroße Intervalle resultieren und diese zu einer klaren und eindeutigen Eignungsbewertung führen. Um die räumliche Wirkung der unterschiedlichen Distanzmaße vergleichen zu können, ist eine solche Darstellung notwendig, denn die resultierenden Wertebereiche werden bei der Darstellung mit $p=2$ und $p=10$ zunehmend enger. Die besten Eignungen (mit den geringsten Lp-Werten) liegen danach bei $p=1$ bei 0,1102, bei $p=2$ bei 0,0646 und schließlich bei $p=10$ bei 0,03573.

Der visuelle und quantitative Vergleich der räumlichen Verteilung der Standorteignung zeigt starke Kontraste zwischen der Darstellung mit den Distanzmaßen $p=1$ und $p=10$. Durch die totale Kompensation der Indikatoren zeigt erstere einen deutlich höheren Anteil an für Unternehmensimmobilien gut bis sehr gut geeigneten Flächen. Dies resultiert daraus, dass bei totaler Kompensation Flächen mit schlechten Bewertungen bei einigen Kriterien (z. B. hoher Bodenrichtwert) durch gute Bewertungen bei anderen Kriterien (z. B. geringe Fahrtzeit zum nächstgelegenen Autobahnanschluss) ausgeglichen werden können.³⁵ Demzufolge resultiert für die Eignungsflächen insgesamt eine deutlich bessere „Note“ (2,83) als bei einem nicht-kompensatorischen Modell (3,19), wenn man die Qualitätsstufen mit einem Notensystem (von 1 bis 5) gleichsetzt. Letztere Darstellung, als nichtkompensatorisches Modell, zeigt hingegen deutlich die Auswirkungen von besonders schlechten und besonders guten Bewertungen bei den entsprechenden Kriterien. So können Bereiche mit Schwachstellen im Sinne von schlechten Bewertungen besser identifiziert werden. Die auf partieller Kompensation beruhende Darstellung ($p=2$) stellt einen wichtigen Zwischenschritt dar, der in den folgenden Analysen weiterverfolgt werden soll.

Die weitergehende Auswertung der CP-Ergebnisse zeigt, dass zwar geeignete *Hotspots* auf der Basis der Rasterzellen ausgewiesen werden, jedoch die Flächen oftmals durch punktuelle oder linienhafte Ausschlussflächen (Bebauung, Straßen) betroffen sind. Demzufolge werden im weiteren Verlauf der Bearbeitung für den Fall $p=2$ die Rasterzel-

³⁵ Auffällig sind die hoch gewichteten Kriterien bei abnehmender Kompensation. So bildet sich das Kriterium Entfernung zu Gewerbe- und Industrienutzungen heraus. Dies ist zu erkennen an den kreis- bis ovalförmigen Bereichen im Norden des Stadtgebiets (Stadtbezirk 5) und im Osten des Stadtgebiets (Stadtbezirk 7). Auch jene Bereiche, die aufgrund des Kriteriums Fahrtzeit zum nächstgelegenen Autobahnanschluss gute Bewertungen erhalten haben, zeigen sich als relativ stabil. Besonders in dem Fall, dass keine Kompensation zugelassen wird, ist der Einfluss dieser zwei am höchsten gewichteten Kriterien erkennbar.

Tabelle 8 Landeignungsprüfung Düsseldorf: Flächen im Stadtgebiet mit unterschiedlichen Distanzmaßen

Bewertete Flächen:		Lp-Distanzen/CP-Eignungswerte			Bewertete Fläche absolut (ha)					Summe	Note		
		Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabw.	sehr gut	gut	moderat	schlecht			sehr schlecht	
Klassifizierung mit Äquidistanzen	City-Block-Norm ($p=1$)	0,110277	0,823918	0,439167	0,106982	187,59	2289,40	2817,53	1389,33	77,24	6761,09	2,83	
	Euklidische Norm ($p=2$)	0,064612	0,307609	0,179540	0,048130	462,87	2561,94	1709,35	1911,01	115,92	6761,09	2,80	
	Maximum-Norm ($p=10$)	0,035753	0,200719	0,124008	0,047952	502,06	1954,11	1882,57	629,63	1792,72	6761,09	3,19	
Klassifizierung mit Quantilen	City-Block-Norm ($p=1$)	0,110277	0,823918	0,439167	0,106982	1380,01	1334,97	1386,12	1323,90	1336,09	6761,09	2,99	
	Euklidische Norm ($p=2$)	0,064612	0,307609	0,179540	0,048130	1404,71	1330,59	1405,40	1288,18	1332,21	6761,09	2,97	
	Maximum-Norm ($p=10$)	0,035753	0,200719	0,124008	0,047952	1257,66	1870,83	1548,09	533,67	1550,84	6761,09	2,89	
Ausschlussfläche		-										14978,91	

Tabelle 9 Gesamtergebnisse zur Landeignungsprüfung Düsseldorf auf Flurstücksebene

	Eignungen Düsseldorf Gesamt					Summe	Eignungen Top-Flurstücke		
	Sehr gut	Gut	Moderat	Schlecht	Sehr schlecht		Top100	Top50	Top10
Anzahl Flurstücke	622,0000	739,0000	254,0000	405,0000	4,0000	2024,0000	100,0000	50,0000	10,0000
Durchschnittliche Größe (ha)	0,5300	0,5600	0,7800	0,7800	17,7100	0,6600	0,7700	0,8300	1,2000
Kleinstes Flurstück (ha)						0,1500	0,1500	0,1500	0,1500
Größtes Flurstück (ha)						41,5700	10,5500	10,5500	6,4900
Bewertete Fläche absolut (ha)	331,5500	421,1400	197,3600	316,2000	70,8400	1337,0900	77,1400	41,6000	12,3000
Bewertete Fläche % (Anteil gesamt)	1,5200	1,9300	0,9100	1,4600	0,3300	6,1500	0,3500	0,1900	0,0600
Minimum Eignungswert CP $p=2$	0,0980	0,1387	0,1794	0,2201	0,2608	0,0980	0,0980	0,0980	0,0980
Maximum Eignungswert für CP $p=2$	0,1387	0,1794	0,2201	0,2608	0,3016	0,3016	0,1133	0,1095	0,1033
Mittelwert für CP $p=2$	0,1231	0,1560	0,1981	0,2375	0,2889	0,1677	0,1086	0,1058	0,1006

len aus dem CP mit den ALKIS-Flurstücken überlagert. Auf diese Weise lassen sich auch die CP-Mittelwerte je Flurstück berechnen, wobei dann eine Mindestgröße der Flurstücke von 1.500 m² sowie ein maximaler Anteil der Ausschlussflächen je Flurstück von 5 % als weitere Selektionskriterien definiert werden. So kann zusätzlich zur grafischen Darstellung eine Gesamtauswertung geeigneter Flächen im Stadtgebiet erstellt werden, die in Tabelle 9 zusammengeführt wird.

Demzufolge weisen immerhin 1.361 (=622+739) Flurstücke und damit knapp 67 % aller nicht ausgeschlossenen Flurstücke (2024) eine gute oder sehr gute Eignung für Unternehmensimmobilien auf, was ein Beleg für die generell hohe Attraktivität des Standorts Düsseldorf für Immobilienentwickler und Investoren ist. Die entsprechenden mittleren Abweichungen vom Idealwert in diesen beiden Gruppen sind sehr niedrig und liegen nur bei 0,1231 bzw. 0,1560. Noch niedrigere Abweichungen vom Idealgrundstück finden sich naturgemäß in den parallel aufgestellten Gruppen der Top-100- (bzw. Top-50- und Top-10-)Flurstücke, deren Mittelwerte mit zirka 0,10 nur noch geringfügig vom angestrebten „ideal point“ entfernt liegen und demzufolge den maximalen Nutzen aufweisen. Im Sinne einer Marktanalyse für private Immobilieninvestoren und Projektentwickler muss allein das Potenzial der sehr gut geeigneten Flurstücke mit 332 ha noch immer als sehr hoch bezeichnet werden. Dies gilt umso mehr, als die Top-100-Flurstücke mit mehr als 77 ha ein mehrjähriges Entwicklungspotenzial selbst für eine schnell wachsende Großstadt wie Düsseldorf beinhalten.

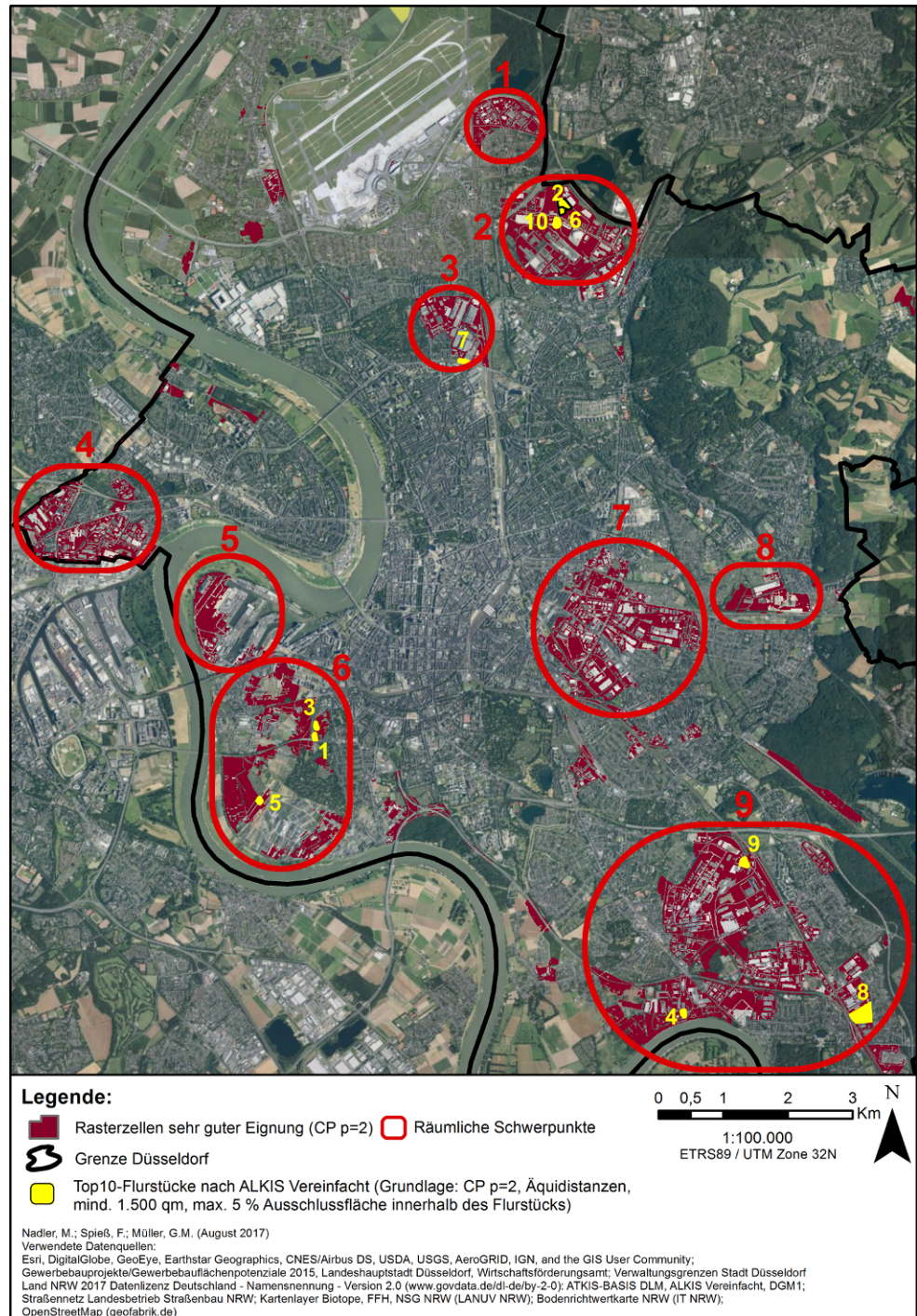
Vergleicht man diese GIS-Modellergebnisse mit den Flächenpotenzialen, die die Stadt Düsseldorf mittels traditio-

ner Flächenbegehung durch beauftragte Gutachter³⁶ für das integrierte, dynamisch formulierte Stadtentwicklungskonzept identifiziert hat, so zeigen sich erhebliche Qualitätsunterschiede. Denn die ursprünglich in 2009 identifizierten und in 2013 bestätigten Flächenpotenziale von etwa 83 bis 89 ha (Landeshauptstadt Düsseldorf 2009: 93 ff.; Landeshauptstadt Düsseldorf 2013: 143 ff.) liegen deutlich unter den oben angegebenen sehr gut und gut geeigneten Flurstücken (753 ha). Sie bilden mithin nur einen sehr geringen Anteil (11 %) der durch das GIS-Modell systematisch identifizierten gut geeigneten Flurstücke ab. Die zwischenzeitlich auch im Baulandkataster der Stadt Düsseldorf veröffentlichten 15 Flurstücke sind allesamt in der GIS-Modellkategorie der sehr gut und gut geeigneten Flurstücke (1.361 Flurstücke) enthalten, was erneut die hohe Qualität der Modellergebnisse zeigt.³⁷ Aber nicht nur im Hinblick

³⁶ Hierbei werden typischerweise nur die im Flächennutzungsplan dargestellten gewerblichen Bauflächen von den Gutachtern begangen. Die folgende Kartierung erfolgt dann typischerweise auf der Grundlage des Automatisierten Liegenschaftskatasters (ALK) sowie der Deutschen Grundkarte im Maßstab 1:5.000 (DGK 5). Dabei erfolgte keine Identifikation von einzelnen Rasterzellen oder Grundstücken, sondern nur eine relativ großräumige Gebietsabgrenzung (vgl. Landeshauptstadt Düsseldorf 2015), welche sich zudem stark an bestehenden Gewerbegebieten bzw. aktuellen Entwicklungsprojekten orientiert.

³⁷ Das Baulandkataster der Stadt Düsseldorf ist zwischenzeitlich unter <https://www.duesseldorf.de/stadtplanungsamt/stadtentwicklung/baulandkataster.html> (09.05.2018) öffentlich einsehbar. 13 der dort in der Gewerbeflächenreserve erfassten Flurstücke weisen im GIS-Modell eine sehr gute Landeignung und zwei der erfassten Flurstücke eine gute Landeignung für Unternehmensimmobilien auf. Diese 15 Flurstücke bilden bislang auch die Flächenbasis des Masterplans Industrie der Wirtschaftsförderung (vgl. Landeshauptstadt Düsseldorf 2016). 14 der 15 Flurstücke zählten auch zu dem 2015 zuletzt veröffentlichten Gewerbeflächenpotenzial (vgl. Landeshauptstadt Düsseldorf 2015);

Abbildung 3 Räumliche Entwicklungsschwerpunkte und Top-10-Flurstücke für Unternehmensimmobilien



auf die Quantitäten, sondern auch bezüglich der kleinräumigen Verteilung möglicher künftiger (Unternehmens-)Immobilienentwicklungen weist das GIS-Modell erhebliche Vorteile für die städtischen Akteure auf.

auf den weiteren fünf dort aufgeführten Flurstücke wurden zwischenzeitlich neue Immobiliennutzungen geplant und teilweise auch schon gebaut. Diese 15 Flurstücke werden ohne GIS-Analyse durch Wirtschaftsförderer per Flächenbegehung auf ihre Nutzbarkeit regelmäßig geprüft.

Soweit die sehr gut geeigneten Flächen im gesamten Stadtgebiet visuell verortet werden, so lassen sich für mögliche Unternehmensimmobilien neun räumliche Schwerpunkte im Sinne möglicher Raummuster bzw. Flächencluster festmachen. Abbildung 3 zeigt dabei neben den Flächenpotenzialen im ehemaligen Industriehafen (5/6), in Lierenfeld/Flingern (7) sowie den flughafennahen Flächen in Rath/Unterrath und Lichtenbroich (1-3) vor allem im äußersten Düsseldorfer Süden, genauer in den Stadttei-

len Reisholz/Holthausen/Benrath (9), das größte räumliche Potenzial zur künftigen Unternehmensentwicklung in Düsseldorf. Alle räumlichen Entwicklungsschwerpunkte sind zudem außerhalb des (hochpreisigen) Innenstadtbereichs. Interessanterweise zeigt Abbildung 3 indes auch, dass sogar einige der „Top“ geeigneten Flächen nicht in den räumlichen Schwerpunkten liegen und demzufolge bislang nicht in den städtischen Katastern und Flächenreserven erfasst sind.

Das GIS-basierte Entscheidungsunterstützungssystem identifiziert damit nicht nur systematisch mehr, sondern auch völlig neue, („Top“) geeignete Flächen, welche ansonsten womöglich überhaupt nicht in die Diskussion für die Entwicklung von Unternehmensimmobilien aufgenommen werden. Tabelle 10 zeigt zunächst die extrem hohe Landeignung dieser Flächen für Unternehmensimmobilien auf. Denn alle Flächen liegen nicht nur in unmittelbarer Nähe zu bestehenden Gewerbe- und Industrieflächen (Ziel 7) und weisen einen direkten Straßenanschluss in einem Suchradius von 10 m auf (Ziel 14), vielmehr zeichnen sich alle durch eine sehr gute Erreichbarkeit insbesondere zu Autobahnen, Bundesstraßen, Häfen und Gleisanschlüssen aus (Kriterien 1, 2, 5 und 6). Zwar stellen sich der Abstand zu bestehenden Wohnnutzungen (Kriterium 8) sowie die weiteren Flächeneigenschaften divergenter dar, jedoch haben alle Top-10-Flächen nur geringe Distanz zum idealen Standort.

Umso erstaunlicher ist, dass mit einer einzigen Ausnahme (Flurstück Nr. 4 gehört zum neu geplanten Industriehafen D.Port) alle weiteren Grundstücke mittlerweile in der Planung oder schon in der Bebauung für andere hochpreisige Immobiliennutzungen sind. Damit gewinnt ein weiteres Anwendungsfeld des GIS-Entscheidungsmodells an Bedeutung: Durch die räumliche Häufung (Cluster) und Schwerpunktbildung (vgl. Abbildung 3) könnten künftig „Schutzzonen“ für gewerbliche und industrielle Flächennutzungen transparent und sachgerecht begründet werden, was insbesondere für Stadtplaner, Wirtschaftsförderer und Kommunalpolitiker in der Diskussion über bestehende Nutzungskonkurrenzen einen echten Mehrwert erzeugt. Im gegebenen Beispiel könnten damit zumindest acht der zehn Top-Flächen vor einer Verdrängung geschützt werden (vgl. Abbildung 3). Demzufolge zeigen sich die eigentlichen Vorteile des GIS-Modells erst auf der Ebene der Flurstücke, da nicht nur ein Vielfaches an Flächenpotenzialen in Verbindung mit räumlichen Schwerpunkten ermittelt wird, sondern durch die systematische Analyse auch wirklich alle passenden Flurstücke in die Flächen- und Nutzungsdiskussionen städtischer Akteure einfließen können. Diese werden zudem detailgenau auf Grundstücksebene ausgegeben, was im Zusammenspiel mit weiteren Fachdaten, wie die Bebaubarkeit oder Eigentumsstrukturen, sehr schnell weitreichende Qualitätseinschätzungen für bestimmte Arten von Un-

ternehmensimmobilien erlaubt. Unterstellt man, dass auch eine prosperierende Großstadt wie Düsseldorf ein hohes Interesse an der Bindung von industriellen und gewerblichen Unternehmen hat, dann könnte ein derartiges GIS-Modell nicht nur frühzeitig, systematisch und umfassend mögliche Flächenreserven identifizieren, sondern die städtischen Akteure im Sinne einer „optimalen“ Flächennutzung proaktiv in ihren (Planungs-)Entscheidungen unterstützen (vgl. auch Ma/Zhou 2018).³⁸

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorstehende Analyse zeigt für einen stark prosperierenden Raum, wie für niedrig rentierliche Immobilienentwicklungen (hier Unternehmensimmobilien) eine stadtweite Standortsuche realisiert werden kann. Mittels eines systematischen multidimensionalen Analyse- und Bewertungsansatzes werden vorhandene Geodaten in einem entscheidungsorientierten geographischen Informationssystem transparent aufbereitet. Die hierfür benötigten Methoden entstammen der Entscheidungstheorie. Sie bieten – im Unterschied zu intuitiven Entscheidungen – bei der Bearbeitung komplexer Entscheidungsprobleme eine Basis für eine analytische Herangehensweise, durch die eine hohe Akzeptanz bei den Betroffenen einer städtebaulichen Planung erreicht werden kann. Der Austausch zwischen den sektoralen Planungsinstanzen (z. B. Wohnungsamt vs. Umweltamt vs. Wirtschaftsförderung) kann so zugunsten von Landentwicklungen gefördert werden, welche zwar keine hohen internen Immobilienrenditen versprechen, wohl aber erhebliche externe Nutzeneffekte auf kommunaler Ebene entfalten. Gerade dieser transparente und visuelle Austausch erscheint erforderlich, da ansonsten Unternehmensimmobilien dauerhaft durch hochrentierliche Nutzungen im Bereich Wohnen, Büro und Einzelhandel verdrängt werden. Erst die Freigabe umfangreicher Geodaten, wie sie Nordrhein-Westfalen seit Mitte 2017 umsetzt, erlaubt indes eine umfassende Landeignungsprüfung für ganze Stadtgebiete. Statt individueller kleinteiliger Analysen wird so erstmalig eine umfassende gleichzeitige Analyse eines Verdichtungsraumes möglich und über die entsprechenden Ausgaben transparent. Die Ergebnisse für Düsseldorf zeigen, dass grundsätzlich genügend für Unternehmensimmobilienentwicklungen geeignete Flächen vorhanden sind. Wichtig erscheint es jedoch, ein derartiges GIS-Modell nicht nur für die Analyse der Rahmenbe-

³⁸ Im Düsseldorfer Norden, in dem die räumlichen Schwerpunkte 1-3 liegen, ist zwischenzeitlich ein regelrechter Kampf um die Schaffung neuer Wohngebiete zu Lasten ökologischer Freiräume und niedrig gewerblicher Bodennutzungen entbrannt, der die bestehende Ratskooperation der drei Parteien (SPD, FDP und Grüne) zum Scheitern bringen kann (vgl. Brabeck/Ruhnau 2018).

Tabelle 10 Top-10-Potenzialflächen zur Landeignungsprüfung Disseldorf

Nr.	Lagebezeichnung nach ALKIS	Flur-/Flurstücksnummer nach ALKIS	Flurstücknummer nach ALKIS	Größe (ha)	CP-Wert	Vorplanung/ Im Verfahren für	Durchschnittliche Eignungswerte je Kriterium (0 = Sehr schlecht/1 = Sehr gut)													
							Verkehrliche Anbindung					Umfeldnutzungen					Flächeneigenschaften			
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			Vereinfaht			Nutzung:														
1	Südring	013/400	400	0,19	0,097988	Büro	0,900	1,000	0,922	0,806	0,900	1,000	1,000	0,000	0,794	1,000	0,900	0,089	0,856	1,000
2	Am Hülserhof	057/324	324	2,33	0,098252	Büro	0,900	0,788	0,824	0,994	0,724	0,971	1,000	0,479	0,835	1,000	0,400	0,195	0,764	1,000
3	Völklinger Straße	013/386	386	0,15	0,099102	Büro	0,900	0,994	0,750	0,813	0,913	1,000	1,000	0,000	0,825	0,688	0,900	0,081	0,650	0,813
4	Reisholzer Werftstraße	022/60	60	0,25	0,099389	Industrie	0,783	0,800	0,992	0,613	0,704	1,000	1,000	0,383	0,996	1,000	0,600	0,100	0,708	1,000
5	Viehfahrtsweg	005/96	96	0,23	0,099663	Wohnen	0,782	0,900	0,377	0,795	0,900	0,895	1,000	0,400	0,795	1,000	0,900	0,095	0,955	1,000
6	Am Hülserhof	057/326	326	1,12	0,101834	Büro	0,906	0,771	0,973	0,958	0,720	0,941	1,000	0,482	0,928	1,000	0,400	0,106	0,984	0,982
7	Rather Straße	003/523	523	0,16	0,101925	Büro	0,900	1,000	1,000	1,000	0,841	1,000	1,000	0,053	0,829	1,000	0,700	0,088	0,382	1,000
8	Paulsmühlensstraße, Telleringsstraße	022/772	772	6,49	0,102454	Wohnen	0,865	0,906	0,751	0,597	0,692	0,974	1,000	0,000	0,936	1,000	0,565	0,293	0,787	1,000
9	Oerschbachstraße	008/180	180	0,72	0,102476	Einzelhandel	0,900	0,778	0,673	0,700	0,800	1,000	1,000	0,201	0,718	1,000	0,600	0,115	0,942	1,000
10	Theodorstraße	031/44	44	0,64	0,103336	Büro	0,948	0,800	0,972	1,000	0,768	0,994	1,000	0,406	0,883	1,000	0,400	0,100	0,958	1,000

dingungen, sondern auch für die weiteren Prozessschritte im Management wichtiger Stadtentwicklungsprojekte (genauer für die Prognose und die Entscheidung bezüglich einer „optimalen“ Landentwicklung) zu nutzen. Insbesondere zur gezielten Flächenmobilisierung in Verbindung mit modernen Instrumenten zur Standortaktivierung, wie dem Flächenpool NRW, könnte ein derartiges GIS-Modell weiter genutzt werden. Dazu müssten weitere, kommunal bereits vorhandene Daten ergänzt werden.

So könnte ein derartiges Modell durch weitere Geofachdaten im Sinne der Bewertungskriterien empirisch verfeinert (z. B. aktuellere Daten der Luftbilder und/oder der UAV-Technologien³⁹) wie auch erweitert werden. Zusätzliche Ebenen (*layer*) für die Festsetzungen der Bauleitplanung oder auch für Geofachdaten wie etwa Lärmkartierungen oder Eigentumsverhältnisse der Flurstücke, lassen sich einbinden, um mögliche Entwicklungshemmnisse bereits in der Flächenidentifikation zu integrieren. Dies wäre ein Vorschlag zur Weiterentwicklung der Geodaten-Initiative des Landes Nordrhein-Westfalen. Gleichzeitig könnten auch Eigentümerstrukturen ergänzt werden, um im Sinne einer *Stakeholder*-Analyse die Interessenlagen insbesondere für die Flächenmobilisierung und Standortaktivierung direkt zu berücksichtigen. Dies könnte die Planungsverfahren in ihrer Effizienz und Transparenz verbessern, womit die angekündigte Digitalisierungsstrategie in Nordrhein-Westfalen tatsächlich einen unmittelbaren Mehrwert erbringt. Auch methodisch bedarf ein derartiges System der weiteren Forschungsdiskussion, in der beispielsweise unscharfe Datenbewertungen ebenso eine Rolle spielen wie Optimierungsmodelle zur Flächennutzung auf gesamtstädtischer Ebene. Langfristig könnten dann die Wirkungen („outcomes“) von Unternehmensansiedlungen empirisch evaluiert werden, indem auch digitale Baugenehmigungsdaten integriert werden. Dadurch könnte auch eine Kausalverbindung für eine Ex-post-Wirkungsanalyse geschaffen werden und eine transparente Diskussionsgrundlage für die relevanten privaten und öffentlichen Akteure der Stadt- und Immobilienentwicklung geschaffen und so der Informationsaustausch zwischen den Entscheidungsträgern und Bürgern bezüglich des Nutzens von Unternehmensimmobilien verbessert werden.

Die weiteren Nutzungsmöglichkeiten eines derartigen GIS-Modells erscheinen vielfältig, da die Ergebnisse einerseits direkt in bestehende formelle Planungsverfahren und -instrumente ‚in Echtzeit‘ integriert und so ressourceneffiziente nachhaltige Landnutzungen umgesetzt werden können, mit denen sich zugleich Flächennutzungskonkurrenzen bewältigen lassen. Gleichzeitig sind weitergehende Informationsangebote etwa in Form von Flächenpools im Rahmen der Wirtschaftsförderung und/oder des Stadtmarketings (für

³⁹ Unmanned Aerial Vehicle: unbemanntes Luftfahrzeug, Drohne.

Standortmanager und Projektentwickler) denkbar. Ebenso könnten folgende Ist-Entwicklungen den geplanten Soll-Entwicklungen auf Stadt- und Bezirksebene zu einem kontinuierlichen (Flächen-)Controlling-System samt Abweichungsanalysen zusammengeführt werden. Auf diese Weise könnten erhebliche Lerneffekte im Sinne eines „evidence-based/-informed planning“ auch für Gewerbeplanungen initiiert werden. Hierfür scheint es erforderlich zu sein, die Modellergebnisse aktiv mit den relevanten städtischen *Stakeholdern* (z. B. Planungsbehörden, Kommunalpolitik, Immobilienentwickler und -nutzer) im Rahmen informeller Verfahren, wie z. B. in Düsseldorf im Masterplan Industrie, zu diskutieren. Möglicherweise könnte die proaktive, transparente und zielorientierte Flächenidentifikation einen Beitrag zur Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren leisten, woraus aus Unternehmenssicht (DIHK 2014: 15) mehr inländische (Standort-)Investitionen resultieren könnten.

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 XI. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999*. Heidelberg, 1-10.
- Arabsheibani, R.; Kanani Sadat, Y.; Abedini, A. (2016): Land suitability assessment for locating industrial parks: a hybrid multi criteria decision-making approach using geographical information system. In: *Geographical Research* 54, 4, 446-460. doi: 10.1111/1745-5871.12176.
- Baja, S.; Chapman, D. M.; Dragovich, D. (2007): Spatial based compromise programming for multiple decision making in land use planning. In: *Environmental Modeling and Assessment* 12, 3, 171-184. doi: 10.1007/s10666-006-9059-1.
- Bankhofer, U. (2001): *Industrielles Standortmanagement: Aufgabenbereiche, Entwicklungstendenzen und problemorientierte Lösungsansätze*. Wiesbaden. = *Neue Betriebswirtschaftliche Forschung* 287.
- Berlemann, M.; Tilgner, J. (2006): Determinanten der Standortwahl von Unternehmen – ein Literaturüberblick. In: *ifo Dresden berichtet* 13, 6, 14-24.
- Berlemann, M.; Tilgner, J. (2007): Determinanten der innerdeutschen Standortwahl von Unternehmen – Ergebnisse einer empirischen Analyse. In: *ifo Dresden berichtet* 14, 3, 14-22.
- Bill, R. (2014): Geoinformation für jedermann – goldene Zeiten für die empirische Raumforschung. In: *Raumforschung und Raumordnung* 72, 3, 177-178.
- Bill, R. (2016): *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*. Berlin.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (2011): *Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland*. Berlin. = *BMVBS-Online-Publikation* 16/2011.
- BNPRE – BNP Paribas Real Estate (2017): *Logistikmarkt Deutschland Property Report 2017*. Frankfurt am Main.
- Boutkhourn, O.; Hanine, M.; Agouti, T.; Tikniouine, A. (2015): An improved hybrid multi-criteria/multidimensional model for strategic industrial location selection: Casablanca industrial zones as a case study. In: *SpringerPlus* 4, 628, 1-23. doi: 10.1186/s40064-015-1404-x.
- Brabeck, J.; Ruhnau, U.-J. (2018): Kampf um Wohnraum im Düsseldorfer Norden. In: *Rheinische Post* vom 27. Januar 2018, 1.
- BulwienGesa (2016): *Logistik- und Immobilien 2016*. München.
- BulwienGesa (2017): *Logistik- und Immobilien 2017: Citylogistik. Mit neuen Ideen in die Stadt*. München.
- Busch, R. (2013): *Logistikimmobilienstandorte in Deutschland – Raumstrukturen und räumliche Entwicklungstendenzen*. Wuppertal.
- Busch, R.; Sikorski, S. (2006): *Raumansprüche und Raumverträglichkeit von Logistikstandorten*. In: Clausen, U.; Reicher, C. (Hrsg.): *Logistik und Städtebau 2006: Raumverträglichkeit von Logistikstandorten*. Dortmund, 66-79.
- Can, A. (1992): Residential quality assessment: alternative approaches using GIS. In: *The Annals of Regional Science* 26, 1, 97-110. doi: 10.1007/BF01581483.
- CBRE (2017): *Deutschland Logistikimmobilienmarkt Q3/2017*. Frankfurt am Main.
- Cushman & Wakefield (2017): *Urban logistics report – the ultimate real estate challenge*. London.
- Difu – Deutsches Institut für Urbanistik (2017): *Kurzstudie zu kommunalen Standortfaktoren. Ergebnisse auf Grundlage der Daten des Difu-Projekts „Koordinierte Unternehmensbefragung“*. Berlin.
- DIHK – Deutscher Industrie- und Handelskammertag (2014): *Industriestandort Deutschland: Risse im Fundament. DIHK-Umfrage im Netzwerk Industrie 2014*. Berlin.
- 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. doi: 10.1080/01944369008975451.
- Dumfarth, E.; Schönegger, C. (2001): GIS und Entscheidungsunterstützende Systeme in der Analyse von Standortpotenzialen im Bundesland Salzburg. In: Schrenk, M. (Hrsg.): *Computergestützte Raumplanung. Beiträge zum 6. Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der und für die Raumplanung, Band 1*. Wien, 225-229.
- Eldrandaly, K.; Eldin, N.; Sui, D. (2003): A COM-based spatial decision support system for industrial site selection. In: *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* 7, 2, 72-92.
- Ertle-Straub, S. (2003): *Standortanalyse für Büroimmobilien*. Nordstedt.
- EY – Ernst & Young (2006): *Deutsche Großstädte: Zufriedenheit der Unternehmen mit ihrem Standort*. Berlin.
- Fataei, E.; Farhadi, M.; Mohammadian, A. (2015): Industrial site selection using MCDM method and GIS in Germi, Ardabil, Iran. In: *Journal of Industrial and Intelligent Information* 3, 4, 324-329. doi: 10.12720/jiii.3.4.324-329.
- Fryrear, R.; Prill, E.; Worzala, E. (2001): The use of geographic information systems by corporate real estate executives. In: *Journal of Real Estate Research* 22, 1-2, 153-164.
- gif – Gesellschaft für Immobilienforschung (2016): *Redevelopment – Leitfaden für den Umgang mit vorgeplanten Grundstücken und Gebäuden*. Wiesbaden.
- Göbel, A. (2012): *Verwaltung als Standortfaktor für Unternehmen. Eine interdisziplinäre und multiperspektivische Analyse der Standortzufriedenheit von Unternehmen mit kommunalen Verwaltungen und Wirtschaftsförderungen*. Osnabrück.
- Göbel, C.; Hamm, R. (2010): Zur Bedeutung regionaler Standortfaktoren: Empirische Analysen als Entscheidungshilfe der regionalen und kommunalen Wirtschaftspolitik. In: *List Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik* 36, 3, 187-215. doi: 10.1007/BF03373333.
- Henger, R.; Voigtländer, M. (2017): *Bauboom führt zu Engpässen bei Gewerbeflächen*. Köln. = *IW-Kurzberichte* 46.2017.
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (2017): *Process Management Real Estate Monitor 2017 – Big Data – Big Business?* Berlin.
- Huff, D. L. (1963): A probabilistic analysis of shopping center trade areas. In: *Land Economics* 39, 1, 81-90. doi: 10.2307/3144521.
- Initiative Unternehmensimmobilien (2017): *Marktbericht 1. Halbjahr 2017: Transparenz auf dem deutschen Markt der Unternehmensimmobilien*. Berlin.

- IW – Institut der deutschen Wirtschaft (2012): Die Messung der industriellen Standortqualität in Deutschland. Köln.
- Jiang, G.; Hu, Z.; Jin, J. (2007): Quantitative evaluation of real estate's risk based on AHP and simulation. In: *Systems Engineering – Theory and Practice* 27, 9, 77-81. doi: 10.1016/S1874-8651(08)60054-X.
- Joerin, F.; Thériault, M.; Musy, A. (2001): Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. In: *International Journal of Geographical Information Science* 15, 2, 153-174. doi: 10.1080/13658810051030487.
- Johnson, M. P. (2001): Decision Support for Family Relocation Decisions under the Section 8 Housing Assistance Program using Geographic Information Systems and the Analytic Hierarchy Process. In: *Journal of Housing Research* 12, 2, 277-306.
- JLL – JonesLangLasalle (2017): Logistikimmobilienreport Deutschland. Frankfurt am Main.
- Jun, C. (2000): Design of an intelligent geographic information system for multi-criteria site analysis. In: *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association* 12, 5-17.
- Just, T.; Pfnür, A.; Braun, C. (2016): Aurelis-Praxisstudie: Wie Corporates die Märkte und das Management für produktionsnahe Immobilien einschätzen. Darmstadt. = Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis 31.
- Kabir, G.; Sadiq, R.; Tesfamariam, S. (2014): A review of multi-criteria decision-making methods for infrastructure management. In: *Structure and Infrastructure Engineering* 10, 9, 1176-1210. doi: 10.1080/15732479.2013.795978.
- Kamali, M.; Alesheikh, S.; Alavi Borazjani, A.; Jahanshahi, A.; Khodaparast, Z.; Khalaj, M. (2017): Delphi-AHP and weighted index overlay-GIS approaches for industrial site selection case study: large extractive industrial units in Iran. In: *Journal of Settlements and Spatial Planning* 8, 2, 99-105.
- Karl, T. (2017): Es kommt zu wenig Fläche nach. In: *Immobilien-Zeitung* vom 24. August 2017, 19.
- Keeney, R. L. (1992): Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking. Cambridge.
- Kundakci, N.; Adali, E.; Isik, A. (2014): Tourist hotel location selection with analytic hierarchy process. In: *Journal of Life Economics* 2, 3, 47-58.
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2009): Stadtentwicklungskonzept Düsseldorf 2020+. Düsseldorf.
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2013): Stadtentwicklungskonzept Düsseldorf 2025+. Düsseldorf.
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2015): Gewerbebauprojekte Gewerbeflächenpotenziale: 2015. Düsseldorf.
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2016): Masterplan Industrie – Stadt und Industrieunternehmen im Dialog. Düsseldorf.
- Langhagen-Rohrbach, C. (2012): Moderne Logistik – Anforderungen an Standorte und Raumentwicklung. In: *Raumforschung und Raumordnung* 70, 3, 217-227. doi: 10.1007/s13147-012-0161-3.
- Lee, G. K. L.; Chan, E. H. W. (2008): The analytic hierarchy process (AHP) approach for assessment of urban renewal proposals. In: *Social Indicators Research* 89, 1, 155-168. doi: 10.1007/s11205-007-9228-x.
- Logistikcluster NRW (2017): Ansiedlungshandbuch Logistik.NRW. Leitfaden für Regionen und Kommunen. Dortmund.
- 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. doi: 10.1007/s11205-016-1476-1.
- Malczewski, J. (2004): GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. In: *Progress in Planning* 62, 1, 3-65. doi: 10.1016/j.progress.2003.09.002.
- Malczewski, J. (2006): GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. In: *International Journal of Geographical Information Science* 20, 7, 703-726. doi: 10.1080/13658810600661508.
- Malczewski, J.; Rinner, C. (2015): *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. New York. doi: 10.1007/978-3-540-74757-4.
- Mardani, A.; Jusoh, A.; Nor, K. M. D.; Khalifah, Z.; Zakwan, N.; Valipour, A. (2015): Multiple criteria decision-making techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014. In: *Economic Research – Ekonomika Istraživanja* 28, 1, 516-571. doi: 10.1080/1331677X.2015.1075139.
- Meier, J. (2011a): Standortfaktoren im Wandel? Erkenntnisse aus der Forschung zu Standortfaktoren und Standortwahl von Unternehmen. Berlin. = Difu-Impulse 1.
- Meier, J. (2011b): Von Autobahnauffahrten und Szenekneipen. Theorien und Forschung zu Standortwahl und Standortfaktoren. Eine Wissenschaft des Ungefähren im Mantel der Genauigkeit? Berlin.
- Meng, Y.; Malczewski, J.; Boroushaki, S. (2011): A GIS-based multi-criteria decision analysis approach for mapping accessibility patterns of housing development sites: a case study in Canmore, Alberta. In: *Journal of Geographic Information System* 3, 1, 50-61. doi: 10.4236/jgis.2011.31004.
- Muhsin, N.; Ahamed, T.; Noguchi, R. (2017): GIS-based multi-criteria analysis modeling used to locate suitable sites for industries in suburban areas in Bangladesh to ensure the sustainability of agricultural lands. In: *Asia-Pacific Journal Regional Science* (online first). doi: 10.1007/s41685-017-0046-0.
- Nadler, M.; von Malottki, C. (2006): Wertschöpfungspotentiale geographischer Informationssysteme in der Immobilienentwicklung. In: Schrenk, M. (Hrsg.): *Tagungsband CORP 2006: Sustainable solutions for the information society*. Wien, 629-638.
- Nguyen, X.; Chou, T.; Fang, Y.; Lin, F. (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.
- Niklas, A. (2015): Bewertung von Lager- und Logistikimmobilien. In: Bienert, S. (Hrsg.): *Bewertung von Spezialimmobilien: Risiken, Benchmarks und Methoden*. Wiesbaden, 731-752. doi: 10.1007/978-3-663-01570-3.
- Nyeko, M. (2012): GIS and multi-criteria decision analysis for land use resource planning. In: *Journal of Geographic Information System* 4, 4, 341-348. doi: 10.4236/jgis.2012.44039.
- Önüt, S.; Efendigil, T.; Kara, S. S. (2010): A combined fuzzy MCDM approach for selecting shopping center site: An example from Istanbul, Turkey. In: *Expert Systems with Applications* 37, 3, 1973-1980. doi: 10.1016/j.eswa.2009.06.080.
- Pereira, J. M. C.; Duckstein, L. (1993): A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. In: *International Journal of Geographical Information Systems* 7, 5, 407-424. doi: 10.1080/02693799308901971.
- Pfnür, A. (2014): Volkswirtschaftliche Bedeutung von Corporate Real Estate in Deutschland. Darmstadt.
- ProLogis (2016): Themes shaping new location selection in Europe. Amsterdam.
- ProLogis (2017): Europe's most desirable logistics locations. Amsterdam.
- Rachdawong, P.; Apawootichai, S. (2003): Development of criterion weights for preliminary site selection: a pilot project of Supanburi industrial estate. In: *Songklanakarin Journal of Scientific Technology* 25, 6, 773-781.
- Ramos, R.; Fonseca, F. (2016): A methodology to identify a network of industrial parks in the Ave valley, Portugal. In: *European Planning Studies* 24, 10, 1844-1862. doi: 10.1080/09654313.2016.1202201.
- Rikalovic, A.; Cosic, I.; Labati, R. D.; Piuri, V. (2015): A comprehensive method for industrial site selection: the macro-location analysis. In: *IEEE Systems Journal* 11, 4, 2971-2980. doi: 10.1109/JSYST.2015.2444471.

- Rikalovic, A.; Cosic, I.; Lazarevic, D. (2014): GIS based multi-criteria analysis for industrial site selection. In: *Procedia Engineering* 69, 1054-1063. doi: 10.1016/j.proeng.2014.03.090.
- Ruckes, A. (2013): Potenziale und Restriktionen für eine gewerbliche Folgenutzung von innerstädtischen Verfügungsflächen – am Beispiel von Logistikunternehmen in Berlin. Berlin.
- Saaty, T. L. (1980): *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. New York.
- Sarapirome, S.; Charunthanakij, S. (2012): GIS modeling for industrial-agricultural land use planning: a case study of Phra Nakhon Si Ayutthaya province, Thailand. In: *Journal of Scientific Technology* 19, 3, 225-235.
- SCI Verkehr (2017): *Logistikbarometer* September 2017. Köln.
- Seeger, M. (2011): *Geographische Informationssysteme in der Immobilienwirtschaft: Praxiseinsatz und Konzeptionsmöglichkeiten*. Regensburg. = *Beiträge zur Immobilienwirtschaft* 1.
- Shen, Q.; Wang, H.; Tang, B. (2014): A decision-making framework for sustainable land use in Hong Kong's urban renewal projects. In: *Smart and Sustainable Built Environment* 3, 1, 35-53. doi: 10.1108/SASBE-09-2013-0047.
- Taibi, A.; Atmani, B. (2016): Multicriteria decision aided system for ranking industrial zones (RPRO4SIGZI). In: Wyld, D. C.; Nagamalai, D. (Hrsg.): *Computer Science & Information Technology. The Fourth International Conference on Database and Data Mining (DBDM 2016)*. Dubai, 11-27.
- Taibi, A.; Atmani, B. (2017): Combining fuzzy AHP with GIS and decision rules for industrial site selection. In: *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence* 4, 6, 60-69. doi: 10.9781/ijimai.2017.06.001.
- Thinh, N. X.; Walz, U.; Schanze, J.; Ferencsik, I.; Göncz, A. (2004): GIS-based multiple criteria decision analysis and optimization for land suitability evaluation. In: Wittmann, J.; Wieland, R. (Hrsg.): *Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften*. Aachen, 208-223. = *ASIM-Mitteilungen* 88.
- Trumpp, A.; Jung, B. (2014): Geoinformationssysteme in der Immobilienwirtschaft. In: *Immobilien & Finanzierung* 65, 15, 22-24.
- Vallée, D. (2012): *Leitfaden Logistik*. Hannover. = *E-Paper der ARL* 16.
- Veres-Homm, U.; Kübler, A.; Weber, N.; Cäsar, E. (2015): *Logistikimmobilien: Markt und Standorte 2015*. Stuttgart.
- Vielberth, J. (1999): *Das große Handbuch Gewerbeparks*. Landsberg am Lech.
- Vlachopoulou, M.; Silleos, G.; Manthou, V. (2001): Geographic information systems in warehouse site selection decisions. In: *International Journal of Production Economics* 71, 1-3, 205-212. doi: 10.1016/S0925-5273(00)00119-5.
- von Schlippenbach, U.; Dirscherl, M. (2008): *Angebotsorientierte Flächenentwicklung*. Berlin.
- Wieland, T. (2015): *Nahversorgung im Kontext raumökonomischer Entwicklungen im Lebensmitteleinzelhandel. Konzeption und Durchführung einer GIS-gestützten Analyse der Strukturen des Lebensmitteleinzelhandels und der Nahversorgung in Freiburg im Breisgau*. Göttingen.
- Yang, Y.; Luo, H.; Law, R. (2014): Theoretical, empirical, and operational models in hotel location research. In: *International Journal of Hospitality Management* 36, 209-220. doi: 10.1016/j.ijhm.2013.09.004.
- Zeleny, M. (1982): *Multiple criteria decision making*. New York.
- Zhang, J.; Su, Y.; Wu, J.; Lian, H. (2015): GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 114, 202-211. doi: 10.1016/j.compag.2015.04.004.
- ZIA – Zentraler Immobilien-Ausschuss; EY – Ernst & Young Real Estate (2016): *Einsatz digitaler Technologien in der Immobilienwirtschaft*. Berlin.
- Zimmermann, H.-J.; Gutsche, L. (1991): *Multi-Criteria Analyse: Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzungen*. Berlin/Heidelberg.
- Zolfani, S. H.; Aghdaie, M. H.; Derakhti, A.; Zavadskas, E. K.; Varzandeh, M. H. M. (2013): Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating. In: *Expert Systems with Applications* 40, 17, 7111-7121. doi: 10.1016/j.eswa.2013.06.040.