

Schmitz, Julian; Fina, Stefan; Gerten, Christian

Article

Wie fußgängerfreundlich sind deutsche Großstädte? Neue Ergebnisse aus der Walkability-Forschung

Raumforschung und Raumordnung / Spatial Research and Planning

Provided in Cooperation with:

Leibniz-Forschungsnetzwerk "R – Räumliches Wissen für Gesellschaft und Umwelt | Spatial Knowledge for Society and Environment"

Suggested Citation: Schmitz, Julian; Fina, Stefan; Gerten, Christian (2023) : Wie fußgängerfreundlich sind deutsche Großstädte? Neue Ergebnisse aus der Walkability-Forschung, Raumforschung und Raumordnung / Spatial Research and Planning, ISSN 1869-4179, oekom verlag, München, Vol. 81, Iss. 4, pp. 327-341, <https://doi.org/10.14512/rur.1664>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/278058>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Wie fußgängerfreundlich sind deutsche Großstädte? Neue Ergebnisse aus der Walkability-Forschung

Julian Schmitz , Stefan Fina , Christian Gerten 

Received: 16 September 2022 ▪ Accepted: 14 February 2023 ▪ Published online: 21 March 2023

Zusammenfassung

Fußgängerfreundliche und bewegungsanimierende Stadtstrukturen (Walkability) bieten Menschen die Möglichkeit, ihre alltäglichen Wege zu Fuß statt mit dem Pkw zurückzulegen. Eine aktive körperliche Mobilität fördert die Gesundheit und gilt als Voraussetzung für vitale nachbarschaftliche Sozialstrukturen. Der Einsatz datenbasierter Walkability-Bewertungswerkzeuge ermöglicht der Stadt- und Verkehrsplanung in einer einfachen Vorabanalyse, Defiziträume für die Fußgängerfreundlichkeit im Stadtraum zu identifizieren und darauf aufbauend weiterführende Maßnahmen zu planen. Auf dieser Grundlage können Zielsetzungen zur Stärkung des Zufußgehens mit messbaren Kennziffern etabliert und für ein dauerhaft angelegtes Monitoring genutzt werden. Anhand eines neu entwickelten und frei verfügbaren GIS-Bewertungswerkzeugs wird in diesem Beitrag die Walkability der 16 bevölkerungsreichsten deutschen Städte kleinräumig analysiert und kartiert. Die niedrigste Walkability weist Dortmund auf, Frankfurt am Main ist am besten bewertet. Der Beitrag diskutiert die Methode und Ergebnisse. Er liefert anhand kurzer Exkurse in die städtebauliche Geschichte sowie in die Fußwegeinfrastruktur

in Dortmund und Frankfurt am Main erste Erklärungen für die Messunterschiede.

Schlüsselwörter: Walkability ▪ Open Source ▪ Zufußgehen ▪ Public Health ▪ GIS

How Walkable are German Cities? New Results from the Field of Walkability Research

Abstract

Pedestrian-friendly urban structures motivate people to use active modes of mobility and walk instead of using their car. Active mobility is associated with health-promoting benefits and assumed to support neighbourhood-based social interaction. In this context, walkability assessment tools help urban and transport planning to identify deficiencies for the walkability of urban neighbourhoods and use the results to work towards improvements. The results contribute towards the establishment of indicators to measure development and planning targets with respect to the walkability of urban neighbourhoods and continuous monitoring over time. Based on a newly developed and free available GIS-measurement tool this paper assesses the walkability of the 16 most populated Germany cities at a small scale. The lowest average walkability can be found in the city of Dortmund, while Frankfurt am Main shows the highest values. The paper discusses the methodology and the results for the 16 cities and uses short portrayals of the town planning history and pedestrian infrastructure in Dortmund and Frankfurt am Main to explain possible reasons for the differences in the measurement results.

Keywords: Walkability ▪ Open Source ▪ Pedestrians ▪ Public Health ▪ GIS

✉ **Julian Schmitz**, ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung, Brüderweg 22-24, 44135 Dortmund, Deutschland julian.schmitz@ils-forschung.de

Prof. Dr. Stefan Fina, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Augsburg, An der Hochschule 1, 86161 Augsburg, Deutschland stefan.fina@hs-augsburg.de

Christian Gerten, ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung, Brüderweg 22-24, 44135 Dortmund, Deutschland christian.gerten@ils-forschung.de



© 2023 by the author(s); licensee oekom. This Open Access article is published under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence (CC BY).

1 Einleitung

In Deutschland legt jede Person durchschnittlich 39 Kilometer pro Tag zurück und benötigt hierfür 80 Minuten – in Metropolen sogar über 90 Minuten.¹ 75 Prozent dieser Strecken werden mit dem Pkw (motorisierter Individualverkehr) zurückgelegt (Nobis/Kuhnimhof 2018: 4). Im Sinne einer nachhaltigen Verkehrswende ist es notwendig, sowohl die Verkehrsleistung zu reduzieren als auch die Art der Fortbewegung zu verändern. Da aber „Mobilität und Erreichbarkeit [...] zentrale Voraussetzungen für Teilhabe, wirtschaftlichen Austausch, Beschäftigung und Wohlstand in unserer Gesellschaft“² sind, bevorzugt die aktuelle deutsche Verkehrspolitik eine Verkehrsreduktion, die gleichzeitig keine negativen Folgen auf Mobilität im Sinne von Bewegungsfreiheit und der Erreichbarkeit von Zielen nach sich zieht (Holz-Rau/Wachter/Feiertag et al. 2022: 20). Die Förderung des Umweltverbundes – insbesondere bestehend aus öffentlichem Personennahverkehr (ÖPNV), Fahrrad und Zufußgehen – ist der zentrale Baustein der Verkehrsverlagerung. Die Verkehrsleistung kann durch eine Durchmischung der Stadtfunktionen wie Wohnen, Versorgen und Erholen reduziert werden, indem im Sinne der Stadt und Region der kurzen Wege die Funktionen räumlich näher zusammenrücken. Ein Zusammenrücken verkürzt zudem die Wegezeiten aller Fortbewegungsmittel und begünstigt, dass potenziell vermehrt Wege zu Fuß zurückgelegt werden (Agora Verkehrswende 2017: 26–30).

In diesem Beitrag wird eine Methode vorgestellt, die die Bewertung bewegungsfreundlicher Stadtstrukturen mit freien und offenen Daten und der Programmierung einer Erweiterung für das freie Geoinformationssystem QGIS ermöglicht. Die Autoren präsentieren kleinräumige Ergebnisse für die Begebarkeit und fußläufige Zugänglichkeit von Einrichtungen für 16 deutsche Metropolen (vgl. zur Abgrenzung BMVI 2018). Die GIS-basierten Analysemethoden ermöglichen eine weitestgehend automatisierte und flächendeckende Erfassung objektiver Kriterien der Fußgängerfreundlichkeit. Im Rahmen von *Mixed-Methods*-Ansätzen können sich somit aufwendigere Ortsbegehungen zur Entwicklung von Maßnahmen auf ausgewählte Defiziträume konzentrieren, die in der GIS-basierten Analyse ermittelt wurden.

Im Zentrum steht somit die Forschungsfrage, wie sich die infrastrukturellen Gegebenheiten zum Zufußgehen auf die

Walkability in den 16 deutschen Großstädten messen und auf möglichst kleinräumiger Ebene darstellen lassen. Die *Walkability*-Forschung liefert die konzeptionellen Ansätze, auf deren Grundlage die Messmethode entwickelt wird. Im ersten Schritt wird auf der Basis bestehender Ansätze zur Förderung und zur Messung von *Walkability* ein neuartiger, quartiersbezogener *Walkability*-Index vorgestellt (ILS-Walkability-Index). Forschung und Planungspraxis erhalten ein offenes, frei zugängliches und modifizierbares GIS-Tool, mit dem sich *Walkability* schnell und einfach anhand der infrastrukturellen Gegebenheiten berechnen lässt. Im zweiten Schritt wird mithilfe des Tools die *Walkability* basierend auf den infrastrukturellen Gegebenheiten für die 16 deutschen Metropolen ermittelt. Die Ergebniskarten geben eine Übersicht, in welchen Wohnquartieren es Verbesserungspotenziale zur Steigerung der *Walkability* gibt und welche Wohnquartiere für Fußgängerinnen und Fußgänger freundlich gestaltet sind. Ein Städteranking zeigt, wie freundlich die Städte für Fußgängerinnen und Fußgänger im Vergleich zueinander gestaltet sind. Anschließend werden im dritten Schritt die beiden Städte Dortmund und Frankfurt am Main mit der im Durchschnitt höchsten und der niedrigsten *Walkability* kurz porträtiert. Aufbauend auf historischen und stadtstrukturellen Eigenschaften werden Erklärungen gesucht, wie sich die Stadtentwicklungskonzepte beider Städte auf die *Walkability* auswirken.

2 Hintergrund

Städtebauliche Leitbilder, wie die „Stadt der kurzen Wege“ oder das „System der zentralen Orte“, argumentieren seit jeher mit den Vorteilen einer räumlichen Nähe von alltäglichen Funktionen, wie Arbeiten, Versorgen, Wohnen oder Erholen, die eine gut erreichbare Grundversorgung im Wohnumfeld der Bevölkerung ermöglicht. Unter der Bezeichnung der „15-Minuten-Stadt“ erfährt diese räumliche Nähe im Kontext einer klimaresilienten und sozial inklusiven Stadtentwicklung derzeit neue Aufmerksamkeit. Innerhalb der 15-Minuten-Stadt soll es möglich werden, zahlreichen alltäglichen Bedürfnissen zu Fuß, mit dem Rad oder mit dem ÖPNV nachzugehen. Die Ortsbindung der Bewohnerinnen und Bewohner zu ihrem Wohnquartier wird gesteigert (Pozoukidou/Chatziyiannaki 2021: 3) und damit der Sozialraum gestärkt. Ein prominentes Beispiel ist die Stadt Paris, die sich zur Idee der 15-Minuten Stadt bekennt. Die Städte Melbourne und Portland setzen 20 Minuten als Grenzwert fest (Pozoukidou/Chatziyiannaki 2021: 8; Gerden/Fina 2022: 3).

Trotz dieser städtebaulichen Leitbilder, die zur Reduktion der Verkehrsleistung beitragen könnten, ist die durchschnittliche tägliche Verkehrsleistung in Deutschland zwi-

¹ Datenbankabfrage aus <https://mobilitaet-in-tabellen.dlr.de/mit/> (Unterwegszeit in Minuten nach regionalstatistischen Raumtypen – 7 Kategorien, ohne regelmäßige berufliche Wege) (18.08.2022).

² <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet> (10.02.2023).

schen 2002 und 2017 um 6 km pro Person auf 39 km angestiegen. Es werden weniger, dafür längere Wege zurückgelegt. Insbesondere Wege für Arbeits- und Ausbildungszwecke haben zugenommen. Zum Teil lässt sich dies durch die gestiegene Anzahl an Erwerbstätigen erklären (Nobis/Kuhnimhof/Follmer et al. 2019: 10). Das Zufußgehen hat zum Zurücklegen von Wegen im selben Zeitraum an Bedeutung verloren. Zwar hat die absolute Verkehrsleistung der Zufußgehenden um 6 Prozent zugenommen, weist aber den geringsten Wert aller Fortbewegungsarten auf. Die Anzahl der Wege beim Zufußgehen ist sogar um 13 Prozent rückläufig (Nobis/Kuhnimhof/Follmer et al. 2019: 10).

Der Widerspruch zwischen verkehrsreduzierenden städtebaulichen Leitbildern und dem tatsächlichen Verkehrsverhalten der Bevölkerung beschäftigt auch die Gesundheitswissenschaften. Eine aktive Alltagsmobilität ist nicht nur eine nachhaltige Fortbewegungsart, zusätzlich stärkt sie auch die Gesundheit der Zufußgehenden: Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt, wöchentlich mindestens 2,5 Stunden mäßig anstrengender Ausdaueraktivität nachzugehen. Dazu zählen auch Fahrradfahren oder zügiges Zufußgehen (WHO 2010: 7–8). Es senkt „das Risiko für die wichtigsten nicht-übertragbaren Erkrankungen“ (Finger/Mensink/Lange et al. 2017: 37). Mehrere Studien zeigen eine positive, unterschiedlich starke Korrelation zwischen einer fußgängerfreundlichen Wohnumgebung und der physischen Aktivität der Wohnbevölkerung (z. B. Van Holle/Deforche/Van Cauwenberg et al. 2012).

Seit einigen Jahren wird versucht, Messmethoden für die infrastrukturellen Voraussetzungen des Zufußgehens zu entwickeln und auf dieser Basis mögliche Problemlagen im Stadtraum zu identifizieren. Der in der Literatur häufig verwendete Walkability-Index ist ursprünglich für Städte in den USA entwickelt worden. Seine Anwendung auf europäische Stadtstrukturen zeigte in einer Studie in Stuttgart keine signifikante Übereinstimmung hoher *Walkability*-Werte mit höheren Fußwegeanteilen bzw. niedriger *Walkability*-Werte mit geringen Fußwegeanteilen der Bewohnerinnen und Bewohner (Reyer/Fina/Siedentop et al. 2014). Die Autorin und Autoren dieser Studie formulieren als mögliche Erklärung die These, dass die Konstruktion des Indikators ungeeignet sein könnte, um die historisch gewachsenen europäischen Stadtstrukturen mit größeren Anteilen an gemischt genutzten Flächen (im Vergleich zu den USA) hinreichend differenziert zu bewerten. Denkbar ist aber auch, dass sich die Bedürfnisse der Bewohnerinnen und Bewohner an ihr Wohnquartier unterscheiden: Hohe *Walkability*-Bewertungen korrelieren nicht zwingend mit dem Mobilitätsverhalten der Bewohnerinnen und Bewohner (Siedentop/Roos/Fina 2013: 332–333). Zwar schätzen die Bewohnerinnen und Bewohner die Fußläufigkeit ihres Wohnumfeldes, aber nicht alle nutzen diese konsequent im Alltag.

Weitere Thesen verweisen auf den Erklärungsgehalt der residentiellen Selbstselektion, nach der fußgängerfreundlich gestaltete Wohnquartiere Bevölkerungsgruppen ansprechen, denen eine fußläufige Erreichbarkeit von Alltagszielen besonders wichtig ist. Dies gilt auch im Umkehrschluss für die residentielle Selbstselektion autoaffiner Lebensstile, die Wohnstandorte entlang unbelasteter Verkehrsinfrastrukturen des motorisierten Individualverkehrs präferieren. Nach dieser These würde sich eine Korrelation zwischen dem bevorzugten Verkehrsmittel und seinen mit *Walkability*-Bewertungen bemessenen, infrastrukturellen Voraussetzungen über die Zeit von selbst einstellen (Bruns 2015: 51–55). Dieser in der Psychologie als Mensch-Umwelt-Passung bekannte Effekt (Edwards/Caplan/Harrison 1998) wird allerdings dadurch relativiert, dass Wohnstandortentscheidungen sich nur teilweise an der Fußläufigkeit des Wohnumfeldes orientieren. Sie sind vielmehr einem komplexen Wechselspiel von Ansprüchen und Möglichkeiten ausgesetzt, beispielsweise im Hinblick auf Herkunft, Wohnungsmarkt, soziales Umfeld und Erwerbschancen (Peter/Tippel/Steinführer 2022).

Weiterhin unterscheidet sich das Mobilitätsverhalten zwischen den in Haushalten zusammenlebenden Menschen. Es unterscheidet sich zwischen den Generationen und verändert sich im Verlauf eines Lebens. Neuere Dynamiken auf dem Arbeitsmarkt, wie das Arbeiten von zu Hause oder fiskalische Instrumente wie die Pendlerpauschale, nehmen Einfluss auf Wohnstandortentscheidungen (Burger/Bretschneider 2021: 62–65). Verdrängung und Verlagerungseffekte von Bewohnerinnen/Bewohnern und Unternehmen führen zu einer verkehrsinduzierenden Ausdifferenzierung städtischer Funktionen in das zumeist weniger für Fußgängerinnen und Fußgänger erschlossene Stadtumland (Fina/Osterhage/Rönsch et al. 2019: 203). Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Wirksamkeit strategischer Verkehrsplanung und Verkehrspolitik“³ verleiten kritische Verkehrsforscherinnen und -forscher mittlerweile dazu, einen „lähmenden Optimismus“ in der Mobilitätswende zu bemängeln. Das wesentliche Argument für diese Einschätzung ist, dass die statistisch nachweisbaren Effekte einer generellen Verkehrsexpansion insbesondere durch den Verweis auf positive Bilanzen weniger Leuchtturmprojekte unterschätzt werden (Holz-Rau/Wachter/Feiertag et al. 2022: 18–20). Umso wichtiger erscheint es, dass städtebauliche Orientierungswerte für fußgängerfreundlich gestaltete Stadtstrukturen zukünftig frühzeitig und umfassend in Planungsprozesse integriert werden und auch außerhalb von Leuchtturmprojekten und Vorzeigestadtteilen zum Standard

³ Vgl. <https://epc.raumplanung.tu-dortmund.de/forschung/projekte/wiver/> (02.01.2023).

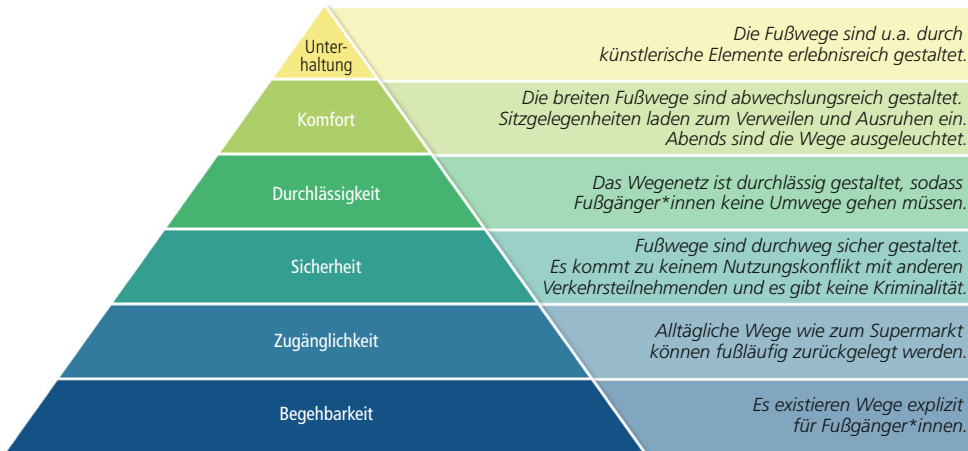


Abbildung 1 Bedürfnispyramide der Walkability
 Quelle: Eigene Darstellung und Übersetzung nach ITDP (2018: 13); Grafik: Jutta Rönsch

werden (Meeder 2019: 50–51). Für die Evaluierung ihrer Wirkung auf das Verkehrsverhalten werden zudem Bewertungsmethoden benötigt, die zielgenau Auskunft über die Ausstattungsqualität und ihre Nutzung durch die Bevölkerung geben.

Das nachfolgende Kapitel zeigt die wichtigsten Bausteine der residentuellen *Walkability* und deren bekannteste Messkonzepte.

3 Messkonzepte der residentuellen *Walkability*

Die residentuelle *Walkability* untersucht die *Walkability* in der Wohnumgebung. Da dort die meisten Wege starten und enden, bietet die Wohnumgebung das größte Potenzial, das Mobilitätsverhalten zu verändern. Die Abgrenzung der Wohnumgebung kann nach dem individuellen Verständnis der Bewohnerinnen und Bewohner erfolgen wie bei der *Neighborhood Environment Walkability Survey (NEWS)*⁴ des *International Physical Activity and the Environment Networks (IPEN)*. Bei diesem Fragebogen werden Auskünfte zu den wahrgenommenen Ausstattungsqualitäten von Wohnumgebungen eingeholt und ausgewertet. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Abgrenzung der Wohnumgebung anhand administrativer Grenzen und statistischer Raumeinheiten, wie es auch Bucksch und Schneider (2014: 19) empfehlen. So können auch demographische Merkmale der Wohnbevölkerung in die *Walkability*-Bewertung miteinbezogen werden, die auf dieser Ebene vorliegen.

Die Ausstattungsqualitäten der Wohnumgebung in Bezug auf die *Walkability* können in mehrere Kategorien unterteilt werden. Cervero und Kockelman entwickelten 1997 die drei D (*3Ds*), welche im späteren Verlauf auf fünf D (*5Ds*) erweitert wurden (Cervero/Kockelman 1997; Ewing/Cervero 2010: 267). Sie haben sich „empirisch [...] als relevante Kenngrößen der *Walkability* [...] bewährt und etabliert“ (Bucksch/Schneider 2014: 19). Im Einzelnen sind dies zunächst *Density* (Dichte), *Diversity* (Nutzungsmischung) und *Design* (Erscheinungsbild) als die drei Kerndimensionen. Hinzu kamen später *Distance to transit* (Distanz zum öffentlichen Nahverkehr) und *Destination accessibility* (Erreichbarkeit von Zielen) (Telega/Telega/Bieda 2021: 4).

Blečić, Congiu, Fancello et al. (2020: 5, 7) identifizierten, basierend auf einer Meta-Analyse von 47 Methoden und Werkzeugen, vier Dimensionen der *Walkability*: (1) Effizienz und Komfort, (2) (gefühlte) Sicherheit (Unfälle, Kriminalität, Wohlbefinden), (3) Freundlichkeit und (4) Attraktivität. Diese Unterteilung folgt einem normativen *Walkability*-Verständnis, das sowohl objektive als auch subjektive Messkriterien einbezieht (Bucksch/Schneider 2014: 20). Dieses Verständnis findet sich auch in der Bedürfnispyramide der *Walkability* des *Institute for Transportation and Development Policy (ITDP)* wieder. Die Pyramide ist so aufgebaut, dass jeweils die untere Ebene die Basis für die nächsthöhere Ebene ist (vgl. Abbildung 1). Das Fundament bilden Fußwege, die explizit für Fußgängerinnen und Fußgänger vorgesehen sind und auch begehrbar sind. Darauf aufbauend werden Fußwege sicher gestaltet, sodass es zu keinen Nutzungskonflikten mit anderen Verkehrsteilnehmenden kommt. Ein durchlässig gestaltetes Wegenetz mit angemessenen Querungshilfen macht das Zufußgehen zusätzlich attraktiv. Straßenmobiliar lädt zum Verweilen und Ausruhen

⁴ https://www.lzg.nrw.de/_php/login/dl.php?u=/_media/pdf/evalua_tools/news-g.pdf (10.02.2023).

ein. Künstlerische Elemente oder städtebaulich ansprechende Akzente bilden die Spitze (ITDP 2018: 13–14).

Die drei vorgestellten Ansätze zur Unterteilung der Komponenten der *Walkability* weisen objektive und subjektive Merkmale auf. Die subjektiven Merkmale, wie die gefühlte Sicherheit, sind mit automatisierten Methoden derzeit nicht repräsentativ erfassbar.⁵ Die objektiven Merkmale können dagegen gut zu einem Index operationalisiert werden. Einen Walkability-Index mit hoher Verbreitung entwickelten Dobešová und Křivka im Jahr 2012 (Dobešová/Křivka 2012). Das GIS-basierte Analysewerkzeug wurde als Softwareerweiterung zum kostenfreien Download angeboten und auch in Deutschland für Fallstudien eingesetzt (Reyer/Fina/Siedentop et al. 2014; Tran/Manz/Nouri 2017). Das Konzept basiert auf der IPEN-Methode und besteht aus vier Teilkomponenten: (1) der Kreuzungsdichte als Indikator für die Durchlässigkeit des Wegenetzes, (2) der prozentualen Verteilung der Flächennutzungen wie Wohnen und Gewerbe als Indikator der Nutzungsmischung, (3) dem Anteil der Verkaufsfläche in Gewerbe- und Einzelhandelsgebieten als Ziele für fußläufige Mobilität und (4) der Haushaltsdichte (Dobešová/Křivka 2012: 179–180). Die vier Teilkomponenten werden gewichtet addiert und als Walkability-Index in thematischen Karten visualisiert.

In einer Studie für die Stadt Essen wurden dabei zwei Analyseebenen genutzt. Zunächst wird stadtweit mithilfe des Walkability-Index des IPEN – wie im vorherigen Kapitel beschrieben – ein Überblick über die Fußgängerfreundlichkeit des gesamten Stadtgebiets, unterteilt in 313 Stadtteilbereiche, gegeben. Anschließend wurden darauf aufbauend sieben Gebiete ausgewählt, in denen mit Begehungen und Befragungen jeder Straßenabschnitt kleinteilig auf seine Fußgängerfreundlichkeit untersucht wurde (Tran/Manz/Nouri 2017; Tran 2018). Der Walk Score® als dritter Ansatz, welcher unter anderem zur Lagebewertung fußläufiger Qualitäten des Wohnumfelds von Immobilien eingesetzt wird, basiert dagegen auf genauen Distanzberechnungen zu unterschiedlichen Einrichtungen wie Restaurants, Einzelhandelsgeschäften oder Schulen. Er bezieht sich ausschließlich auf die Dimension *Destination accessibility*, das heißt der mithilfe eines Fußwegenetzwerks modellierten Erreichbarkeit von Einrichtungen der Daseinsvorsorge (z. B. Einkaufen, Dienstleistungen, Freizeit und Unterhaltung). Die Einrichtungen werden zur Ermittlung des Walk Score® nach ihrer Bedeutung und ihrer Entfernung vom Wohnort gewichtet.⁶

Die Entwicklung dieser beispielhaft dargestellten Messmethoden spiegelt die technischen Möglichkeiten wider, unter denen die theoretischen Konzepte der *Walkability* zum jeweiligen Zeitpunkt umgesetzt werden konnten. Mittlerweile bestehen neue datentechnische Möglichkeiten, kleinräumige Bevölkerungsdaten (100×100-Meter-Zellen über ganz Deutschland) aus Quellen wie dem Zensus 2011⁷ und der Modellierung einer Fortschreibung oder – aktueller, aber auf 1.000×1.000 Meter begrenzt – aus *dem Human Settlement Layer* der Europäischen Union (Schiavina/Melchiorri 2022) zu beziehen. Darüber hinaus können seit einigen Jahren hochgenaue Routingmöglichkeiten auf dem Fußwegenetz frei genutzt werden, wie sie etwa beim Konzept des Walk Score® für den kommerziellen Einsatz entwickelt wurden.

Zusammenfassend verfolgt der nachfolgend beschriebene ILS-Walkability-Index einen *Mixed-Methods*-Ansatz: Datentechnisch objektivierbare Kriterien werden so weit wie möglich mit offenen und freien Datenquellen und Softwareprodukten automatisiert und die dabei erzielten Ergebnisse (z. B. Defizitgebiete) weiterführenden, aber aufwändigeren Methoden (z. B. durch Ortsbegehungen mit Zielgruppen der Anwohnerinnen und Anwohner) zugeführt. Im Zusammenspiel entstehen arbeitsökonomische Vorteile für eine effiziente Umsetzung und Verbreitung von *Walkability*-Messmethoden.

4 Die Konzeption des ILS-Walkability-Index

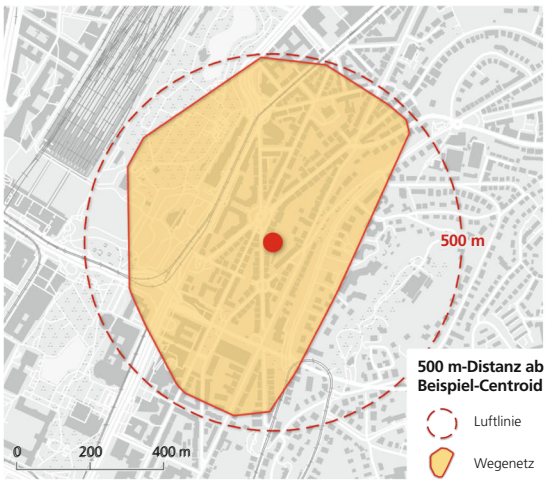
Der ILS-Walkability-Index bewertet die residentielle *Walkability* und nutzt dafür frei zugängliche Geodaten, die theoretisch weltweit verfügbar sind. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf eine Umsetzung für deutsche Städte und Regionen mit Fokus auf die Begehbarkeit und Zugänglichkeit von Destinationen im Stadtraum. Im Sinne der oben genannten *3Ds* werden *Density*, *Diversity* und *Destination accessibility* flächendeckend für größere Untersuchungsräume wie Städte und Regionen bewertet. Die Kategorie *Design* ist objektiv schwieriger zu erfassen. Die Kategorie *Distance to transit* bezieht sich nicht unmittelbar auf die Fußläufigkeit und ist ergänzend zu einem fußgängerfreundlich gestalteten Wohnquartier zu verstehen, um weiter entfernte Ziele erreichen zu können. Diese beiden letzteren Dimensionen werden deshalb nicht im Algorithmus betrachtet. Sie verbleiben im Rahmen des *Mixed-Methods*-Ansatzes für Methoden der subjektiven *Walkability*-Bewertung

⁵ Für den Forschungsstand zur Einbeziehung nutzergenerierter Daten und geolokalisierter Bewertungen von Stadträumen vgl. z. B. Berzi/Gorrini/Vizzari (2019).

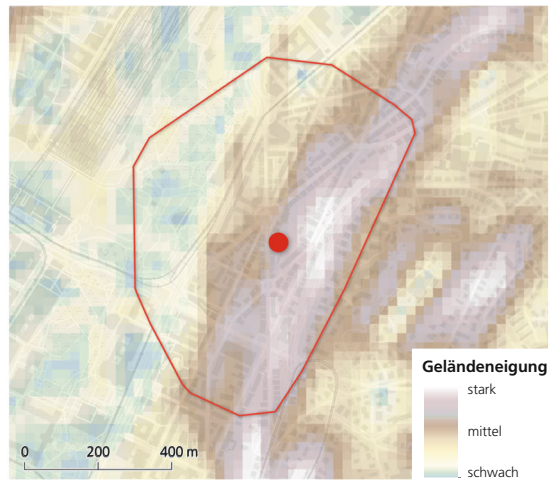
⁶ <https://www.walkscore.com/methodology.shtml> (13.02.2023).

⁷ <https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/DemografischeGrunddaten.html> (13.02.2023).

Bewegungsradius (Durchlässigkeit)



Steigungsmodell



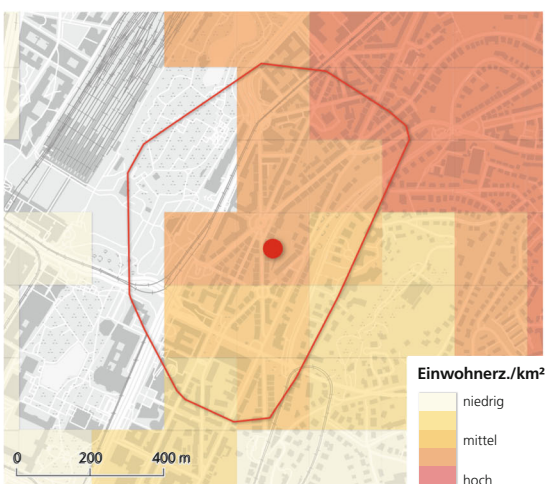
Grünflächenanteil



Ausstattung mit Einrichtungen



Einwohnerdichte



Bausteine des ILS Walkability-Index

- Beispiel-Centroid
- 500 m-Wegenetz-Distanz

Datengrundlage: European Environment Agency; European Digital Elevation Model (EU-DEM), version 1.1
 Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Zensus 2011
Geodatengrundlage: OpenStreetMap, eigene Darstellung



Abbildung 2 Bewertungsdimensionen von OS-WALK-EU
 Quelle: Eigener Entwurf, Grafik: Jutta Rönsch

in ausgewählten Teilräumen. Der Index repräsentiert somit die beiden untersten Stufen der Bedürfnispyramide der *Walkability* (Begehbarkeit und Zugänglichkeit; vgl. Abbildung 1).

Der Algorithmus des ILS-Walkability-Index ergänzt die Methodik von Dobešová und Křivka (2012) um tatsächliche Wegedistanzen zu Einrichtungen wie Supermärkten und Schulen. Die Software steht als freie Erweiterung mit grafischer Benutzeroberfläche für das Geoinformationssystem QGIS unter dem Namen OS-WALK-EU zur Verfügung. Grundkenntnisse in QGIS sind ausreichend, um die *Walkability* für Wohnquartiere zu ermitteln. Das *Tool* steht somit einer breiten Gruppe an Nutzenden zur Verfügung.

Die folgenden Dimensionen (vgl. Abbildung 2) werden zunächst einzeln berechnet und anschließend zum ILS-Walkability-Index gewichtet addiert:

- die Durchlässigkeit des Fußwegenetzes (= Bewegungsradius),
- die Beschaffenheit des Terrains (= Steigungsmodell),
- der Grünflächenanteil,
- die Ausstattung und Erreichbarkeit mit Einrichtungen der Daseinsvorsorge und
- die Einwohnerdichte

Die erste Dimension *Durchlässigkeit des Fußwegenetzes* zeigt, wie weit sich die Bewohnerinnen und Bewohner, ausgehend vom Zentrum des Wohnquartiers, innerhalb von fünf Minuten fortbewegen können.⁸ Dazu wird ein sogenannter *Pedestrian Shed*, das heißt ein Entfernungsbereich für Fußgängerinnen und Fußgänger entlang des Wegenetzes, erstellt. Hierfür werden ausgehend vom Zentrum des Wohnquartiers in alle Richtungen die Fußwege für eine Distanz von 500 m ermittelt und daraus ein Polygon erstellt. Die Fläche dieses Polygons wird in das Verhältnis zu der theoretisch maximalen Fläche – ein Kreis mit 500 m Radius – gesetzt. Je kleiner der *Pedestrian Shed* ist, desto undurchlässiger ist das Fußwegenetz. Ein Steigungsmodell dient als Korrekturfaktor: Müssen viele Höhenmeter zurückgelegt werden, erschwert das die Fortbewegung, und der *Pedestrian Shed* wird verkleinert. Der Indikator ersetzt die Kreuzungsdichte, wie sie beim Walkability-Index von Dobešová und Křivka (2012) genutzt wird, da ein Routing auf die tatsächlichen Beschaffenheiten genauer eingehen kann. Zur Berechnung der Distanzen wird der *OpenRoute-*

Service (ORS)⁹ des *Heidelberg Institute of Geoinformation Technology* genutzt. Das Steigungsmodell ist aus Daten des *European Digital Elevation Models* abgeleitet.¹⁰

Die zweite Dimension *Grünflächenanteil* ist der Anteil der *Pedestrian Shed*, der begrünt ist. Als Grundlage dienen Daten von *OpenStreetMap* (OSM). Ein hoher Grad der Durchgrünung sorgt für ein abwechslungsreich gestaltetes Wohnquartier und steigert dessen Attraktivität. Die dritte Dimension *Ausstattung mit Einrichtungen* ist ein Aggregat der Distanzen, ausgehend vom Zentrum des Wohnquartiers, zu den wichtigsten Einrichtungen in der Wohnumgebung. Sie unterteilen sich in die Kategorien Kultur, Bildung, Gastronomie, Service, Supermarkt und weiterer Einzelhandel. Je näher eine Einrichtung gelegen ist, desto besser ist die Ausstattung mit Einrichtungen. Bis zu drei Einrichtungen einer Kategorie werden betrachtet, wobei die erste Einrichtung jeder Kategorie höher gewichtet wird als nachfolgende Einrichtungen. Die Distanzen werden mit dem ORS berechnet, die Einrichtungen stammen aus OSM¹¹. Als vierte Dimension fließt die *Einwohnerdichte* ein. Die Einwohnerzahlen stammen aus dem Zensus und werden auf den *Pedestrian Shed* umgelegt.

Alle vier Dimensionen werden mit einer Punkteskala von 0 (niedrig) bis 10 (hoch) je 200m×200m-Wohnquartier bewertet und anschließend zum ILS-Walkability-Index addiert. Die ersten drei Dimensionen fließen mit einer Gewichtung von 1 ein, die Einwohnerdichte mit 0,5. Eine hohe Einwohnerdichte lässt eine höhere Ausstattung mit Einrichtungen erwarten, da die Nachfrage und Kaufkraft in dicht bewohnten Quartieren höher ausfällt. Der ILS-Walkability-Index wird auf eine Skala von 10 (niedrige *Walkability*) bis 100 Punkte (hohe *Walkability*) gestreckt. Die Gewichtung der Dimensionen erfolgte im Rahmen von Literaturrecherchen und Vorüberlegungen der Autoren zur Bedeutung der jeweiligen Dimensionen im Zusammenspiel aller Indikatoren (vgl. auch Fina/Gerten/Pondi et al. 2022). Eine weiterführende empirische Fundierung ist aufgrund fehlender Referenzdaten bislang nicht möglich. Aufgrund dieses Umstands wird im *Tool* eine Abweichung von diesen Gewich-

⁹ <https://openrouteservice.org/> (13.02.2023).

¹⁰ <http://land.copernicus.eu/pan-european/satellite-derived-products/eu-dem/eu-dem-v1.1/view> (13.02.2023).

¹¹ Aus OSM wurden Punktdaten verwendet und Polygon-Geometrien in Punktdaten umgewandelt. Anschließend wurde eine Bereinigung durchgeführt, um Dopplungen von Einrichtungen zu vermeiden. Die Datenqualität von OSM ist schwankend und ist erheblich von den Erhebungen vor Ort abhängig (Yang/Shen/Konečný et al. 2018: 294). Im OS-WALK-EU Tool können deshalb auch eigene Daten eingespeist werden, um die Datenqualität zu verbessern. Deutschlandweit ist OSM allerdings die einzige frei verfügbare Datenquelle, die alle Kategorien von Einrichtungen bereitstellt.

⁸ Die fünf Minuten sind in diesem Zusammenhang nicht als Reichweite zu verstehen, wie sie für die Erreichbarkeit von Einrichtungen der Nahversorgung im Konzept „15-Minuten-Stadt“ gefordert wird. Sie stellen lediglich eine Berechnungsgröße für die Durchlässigkeit der Fußwegeinfrastruktur im Umfeld einer betrachteten Zelle dar.

tungen ermöglicht, die Parameter können durch Nutzende verändert werden.¹²

5 Wie fußgängerfreundlich sind deutsche Großstädte im Vergleich?

5.1 Ranking der deutschen Großstädte

Unter Anwendung des OS-WALK-EU-Tools wurde die *Walkability* für insgesamt 67.367 Rasterzellen in den 16 größten deutschen Großstädten ermittelt. Rasterzellen mit weniger als drei Einwohnerinnen und Einwohnern (23.401 Zellen) wurden ausgeschlossen, da die exakte Anzahl an Einwohnerinnen und Einwohner aus Datenschutzgründen unbekannt ist. Damit wird die Rechenzeit reduziert. Das Histogramm des ILS-Walkability-Index in Abbildung 3 zeigt die Werteverteilung der Grundgesamtheit aller 16 Großstädte. Die *Walkability* ist linksschief verteilt mit einer Dominanz zwischen 70 und 75 Punkten.

Das Ranking der 16 deutschen Großstädte erfolgt bevölkerungsgewichtet. Je dichter das Wohnquartier besiedelt ist, desto stärker fließt es in den gemittelten städteweiten ILS-Walkability-Index ein. Wie Abbildung 4 zeigt, liegt der Index für die 16 deutschen Großstädte durchschnittlich bei 60,8 von 100 möglichen Punkten. Die Standardabweichung beträgt 15,0 Punkte.

Für die Interpretation dieser Werte ist eine Betrachtung der Rangliste im Städteranking hilfreich. Spitzenreiter ist die Stadt Frankfurt am Main mit einer durchschnittlichen Punktzahl von 68,1. Mit einer mittleren Bevölkerungsdichte (9,1 von 10 Punkten), der guten Ausstattung mit Einrichtungen wie Supermärkten und Restaurants (8,2 von 10 Punkten) und einer überdurchschnittlichen Durchgrünung der Wohnquartiere (5,3 von 10 Punkten) liegt Frankfurt am Main vor Stuttgart (65,9), München (65,2) und Berlin (64,8). Die vergleichsweise niedrige Standardabweichung von 11,9 Punkten weist auf eine durchgängig hohe *Walkability* in Frankfurt hin. Dortmund hat dagegen mit 52,8 Punkten die niedrigste *Walkability* und liegt hinter der sächsischen Landeshauptstadt Dresden mit 55,6 Punkten. Das Angebot an Einrichtungen (6,3 von 10 Punkten), die Durchlässigkeit des Fußwegenetzes (6,1 von 10 Punkten) sowie der Anteil an Grünflächen (4,7 von 10 Punkten) sind in Dortmund unterdurchschnittlich.

Die höchste Ausstattung an Einrichtungen weist Berlin

Walkability Score

Anzahl an Zellen

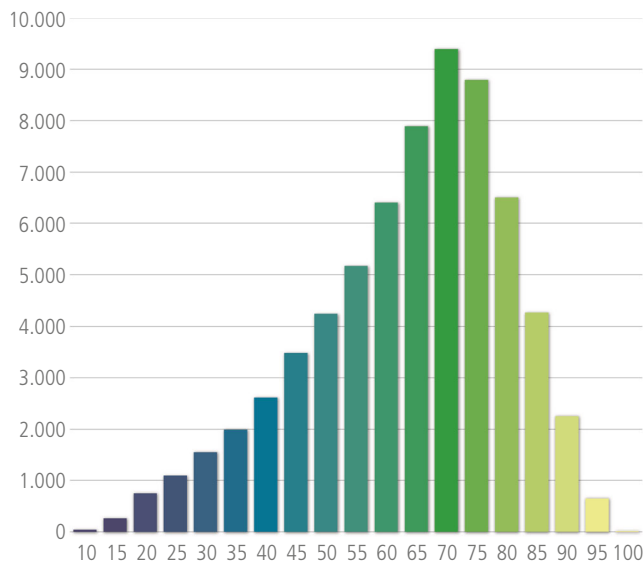


Abbildung 3 Verteilung des städteübergreifenden ILS-Walkability-Index je Rasterzelle

Quelle: Eigener Entwurf, Grafik: Jutta Rönsch

(8,5 von 10 Punkten) auf. Die höchste Einwohnerdichte in den bewohnten Zellen hat Düsseldorf (9,4 von 10 Punkten). Das durchlässigste Wegenetz hat Hannover (6,7 von 10 Punkten), die grünsten Wohnquartiere sind in Leipzig zu finden (5,8 von 10 Punkten). Die Ruhrgebietsstadt Duisburg dagegen ist vergleichsweise schlecht mit Einrichtungen ausgestattet (6,0 von 10 Punkten). Die niedrigste Einwohnerdichte hat Hamburg (9,0 von 10 Punkten). Das undurchlässigste Wegenetz liegt, wie oben schon angedeutet, in Dortmund (6,1 von 10 Punkten), Mannheim ist am wenigsten begrünt (3,5 von 10 Punkten). Abbildung 5 zeigt die räumliche Verteilung der *Walkability* aller 16 Städte als Karte. Eine interaktive Betrachtung der Ergebnisse ist zudem in einer öffentlich zugänglichen Webkarte verfügbar.¹³

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse werden im nächsten Kapitel beispielhaft mögliche Erklärungen für die Städte auf dem letzten und ersten Platz des Rankings – Dortmund und Frankfurt am Main – diskutiert.

5.2 Walkability in Dortmund

In Dortmund gehen im Vergleich mit anderen deutschen Großstädten die Bewohnerinnen und Bewohner weniger häufig zu Fuß. Nicht nur die *Walkability* fällt niedrig aus, laut Wachter und Holz-Rau (2022: 360) legen sie im Durch-

¹² Eine ausführliche Beschreibung der Funktionsweise und Datengrundlagen mit Möglichkeit zum Download von Software und Testdaten findet sich unter <https://gitlab.com/ils-research/os-walk-eu/> (13.02.2023).

¹³ <https://ils-geomonitoring.de/maps/569/embed> (02.01.2023).

Großstadt	Anzahl Einwohnerinnen und Einwohner	Anzahl Rasterzellen	Bewegungsradius	Grünflächenanteil	Ausstattung mit Einrichtungen	Einwohnerdichte ^a	ILS-Walkability-Index	Standardabweichung des ILS-Walkability-Index
<i>Gewichtung</i>			1	1	1	0,5		
Frankfurt am Main	669.989	2.621	6,6	5,3	8,2	9,1	68,1	11,9
Stuttgart	588.576	2.759	6,5	5,5	7,7	9,3	65,9	11,8
München	1.352.372	5.138	6,6	4,4	8,4	9,3	65,2	13,2
Berlin	3.298.762	13.079	6,6	5,1	8,5	9,2	64,8	15,2
Hannover	510.885	2.544	6,7	5,2	7,8	9,3	63,7	13,3
Düsseldorf	587.303	2.666	6,3	4,6	8,0	9,4	62,6	13,6
Köln	1.007.972	4.454	6,4	4,7	7,6	9,2	62,3	14,2
Nürnberg	488.561	2.494	6,5	4,8	8,0	9,3	60,1	14,8
Essen	569.386	3.609	6,3	5,8	7,0	9,3	60,0	12,4
Duisburg	492.692	2.780	6,3	5,5	6,0	9,3	58,9	12,7
Leipzig	504.060	2.993	6,6	5,8	7,9	9,3	57,9	17,9
Mannheim	290.165	1.431	6,6	3,5	8,3	9,2	57,8	13,7
Hamburg	1.711.668	9.820	6,3	5,4	7,3	9,0	57,0	16,1
Bremen	544.488	3.591	6,2	4,4	7,8	9,2	56,0	15,1
Dresden	515.232	3.405	6,3	5,1	7,7	9,3	55,6	16,3
Dortmund	574.248	3.983	6,1	4,7	6,3	9,1	52,8	15,1
Gesamt	13.706.359	67.367	6,5	5,0	7,8	9,2	60,8	15,0

Abbildung 4 Bevölkerungsgewichtete Teil- und Gesamtergebnisse der Walkability-Bewertung für die 16 größten deutschen Städte

^aDie durchschnittlich hohen Werte entstehen durch die Gewichtung je Einwohner. Bevölkerungsreiche Zellen fließen stärker in die Gewichtung ein als bevölkerungsarme Zellen und erhöhen den Mittelwert.

schnitt auch nur 0,81 Wege pro Tag zu Fuß zurück. Nur Nürnberg (0,79) und Mannheim (0,80) weisen niedrigere Werte auf (Wachter/Holz-Rau 2022: 360–361).¹⁴ Analog dazu bestätigt der sogenannte *Driving-Cities-Index*, dass Dortmund mit Rang 10 zu einer der autofreundlichsten Städte weltweit gehört.¹⁵

Die vergleichsweise autofreundliche Verkehrsinfrastruktur steht in engem Zusammenhang mit dem industriellen Erbe Dortmunds, das trotz vieler Bemühungen für einen fußgänger- und fahrradfreundlichen Stadtumbau die heutige Stadtstruktur prägt. Viele Siedlungen entstanden zu Zeiten des Bergbaus in der Nähe der Zechen und gehörten zunächst nicht zur Stadt Dortmund. Zwischen 1905 und 1975 kam es zu zahlreichen Eingemeindungen der Zechenstandorte, sodass bis heute einige Stadtteile eine Insellage aufweisen (Kircher 1976: 17–27). Dadurch sind die Stadtteile zu weit voneinander entfernt, um die Distanzen zwischen den funktional miteinander verknüpften Stadtteilen zu Fuß zurückzulegen. Die Stadtmorphologie ist durch die Stahl-

und Kohleindustrie geprägt. Große (ehemalige) Industrie- und Gewerbeflächen befinden sich in Zentrumsnähe und sind durch Hauptverkehrswege und Schienen erschlossen. Bisher haben diese Flächen- und Linienelemente eine trennende Wirkung und begrenzen die *Walkability* der angrenzenden Wohnquartiere.

Beispielhaft hierfür ist das Gelände der Westfalenhütte nordöstlich der Innenstadt. Diese Fläche war einst durch die Schwerindustrie, insbesondere durch das Stahlunternehmen Hoesch, geprägt. Für einen Teil der Fläche ist für die kommenden Jahre allerdings ein Nutzungswandel mit 800 neuen Wohnungen, einem Kindergarten, einer Grundschule, einem Supermarkt und einer angrenzenden Grünfläche geplant. Das sogenannte Karlsquartier soll fußgängerfreundlich sein, auch die angrenzenden Wohnquartiere könnten durch die Vernetzung von den neuen Infrastrukturen profitieren.¹⁶ Das Projekt *Smart Rhino* westlich der Dortmunder Innenstadt nutzt ebenfalls eine ehemalige Industrie- fläche von Hoesch. Auf einer Fläche von 52 ha entsteht

¹⁴ Vergleich der 16 Untersuchungsgebiete ohne Duisburg.

¹⁵ <https://www.mister-auto.de/staedte-fuer-autofahrer/> (13.02.2023).

¹⁶ https://www.dortmund.de/de/freizeit_und_kultur/veranstaltungenkalender/alle_veranstaltungen/event.jsp?eid=727715&tid=727729 (02.03.2023).

Walkability Score - 16 Cities

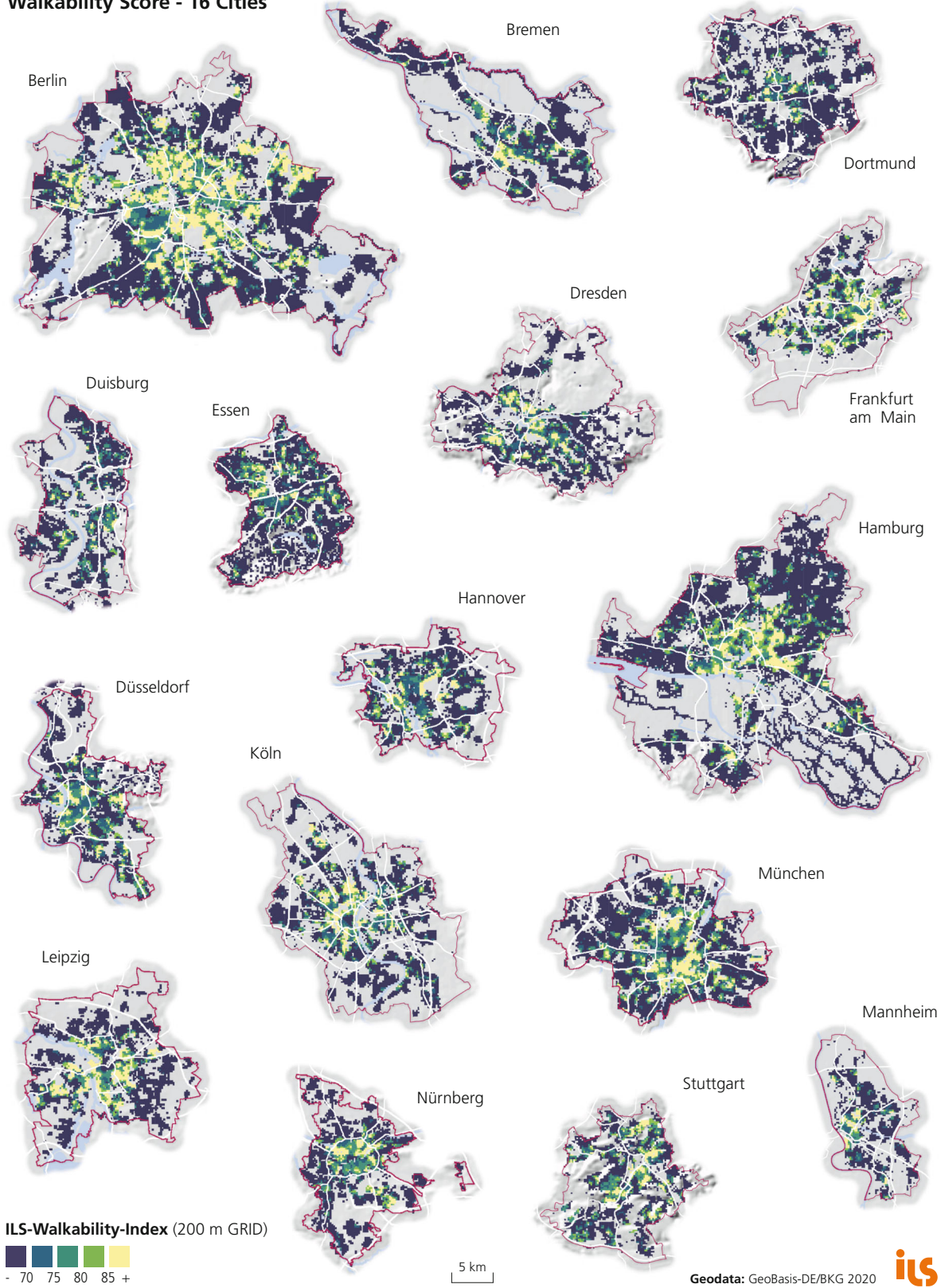


Abbildung 5 Kartenhafte Darstellung der *Walkability* der 16 deutschen Großstädte
Quelle: Eigener Entwurf, Grafik: Jutta Rönsch

ein neues Quartier mit vielseitigen Nutzungen. Das Gelände wird nicht nur Standort für die Fachhochschule, sondern auch für rund 1.400 Wohnungen und wird ein vielseitiges Versorgungs-, Freizeit- und Erholungsangebot beheimaten. Der Autoverkehr soll gebündelt und aus den Wohnquartieren ferngehalten werden. Fuß- und Radverkehr sollen die bevorzugten Fortbewegungsmodi werden.¹⁷

Die Umnutzung der beiden ehemaligen Hoesch-Areale zeigt das Entwicklungspotenzial brachgefallener Industrie- und Gewerbeflächen, deren Strukturen durch den ILS-Walkability-Index als fußgängerunfreundlich bewertet werden. Den hohen Inwertsetzungskosten aufgrund möglicher Altlasten steht die Möglichkeit einer innenstadtnahen Nachverdichtung und Neugestaltung moderner, fußgängerfreundlicher Wohnquartiere entgegen. Dortmund wird in den kommenden Jahren eine nahezu gleichbleibende Bevölkerungsanzahl haben.¹⁸ In den vergangenen Jahren konnte der Wohnraumbedarf dennoch nicht gedeckt werden (Henger/Voigtländer 2019: 31), sodass die großen ungenutzten Industrie- und Gewerbeflächen zur Bedarfsdeckung benötigt werden.

Neben der Neuentwicklung von Wohnquartieren bedarf es einer städtebaulichen Anpassung der Infrastruktur im Bestand, um die *Walkability* zu verbessern. Gerade die Außenbezirke in Dortmund sind durch eine niedrige *Walkability* geprägt. Geringe Haushaltsdichten durch homogene Bebauung mit Ein- und Zweifamilienhäusern verringern die Anzahl der Haushalte im fußläufigen Einzugsbereich des Einzelhandels, sodass verstärkt der Pkw zum Einkaufen genutzt wird. Öffentliche Grünflächen sind hier ebenfalls selten, können jedoch zum Teil durch private Gärten kompensiert werden. Die Stadt Dortmund adressiert das Thema mithilfe des „Masterplans Einzelhandel“ und einem integrierten Nahversorgungskonzept zur Ansiedlung von Einzelhandel und Nahversorgung (Stadt Dortmund 2013). In einem dreistufigen Zentrensystem vom stadtweiten und regionalen Versorgungsangebot bis zu den Nahversorgungszentren für Stadtteile und Wohnsiedlungsbereiche werden Versorgungslücken systematisch identifiziert und geschlossen (Stadt Dortmund 2020). Für die unterste Ebene ist das Ziel, eine Grundversorgung mit Bildungseinrichtungen, Einrichtungen der Gesundheitsversorgung, Gastronomie, Einzelhandel wie Supermärkte und ergänzenden Facheinzelhandel anzubieten. Die Schwierigkeit bleibt die geringe Bebauungsdichte, insbesondere in den äußeren Stadtteilen, und die geringe Durchlässigkeit des Wegenetzes. Die Nah-

versorgungszentren liegen weiter auseinander als in dichter besiedelten Bereichen, erreichen dabei aber die gleiche Menge an Kundschaft.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass die aktuellen Entwicklungen in Dortmund mit zahlreichen innenstadtnahen städtebaulichen Entwicklungsprojekten zu einer deutlichen Verbesserung der *Walkability* führen werden. Dabei ist eine bedeutende Herausforderung, eine gute Balance zwischen einer Nachverdichtung zur Wohnraumgewinnung und einer klimasensitiven Entwicklung von grünen Infrastrukturen und Erholungsflächen zu finden.

5.3 Walkability in Frankfurt am Main

Frankfurt am Main ist nicht nur die Großstadt mit der höchsten *Walkability* in Deutschland, es werden auch tatsächlich viele Wege zu Fuß zurückgelegt: 1,05 Wege legen die Frankfurterinnen und Frankfurter durchschnittlich an einem Tag zu Fuß zurück, nur in Düsseldorf wird mehr zu Fuß gegangen (1,19) (Wachter/Holz-Rau 2022: 359).¹⁹

Diese positive Bewertung lässt sich im Hinblick auf den historischen Kontext der Stadtentwicklung und ihrer zugrunde liegenden Strategien erklären. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die stark zerstörte Stadt schnell wieder aufgebaut und entwickelte sich zur heutigen weltbekannten Finanzmetropole. Einen Strukturwandel wie Dortmund hat Frankfurt nicht erlebt. Seit der Jahrtausendwende hat Frankfurt über 100.000 Einwohnerinnen und Einwohner hinzugewonnen und wird, Prognosen zufolge, bis 2030 voraussichtlich auf 810.000 Einwohnerinnen und Einwohner anwachsen (Stadt Frankfurt am Main 2016: 13). 45 Prozent des Stadtgebietes sind als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen. Neue Wohn- oder Gewerbegebiete sind hier nicht vorgesehen.²⁰

Die hohe Siedlungsdichte wirkt sich positiv auf die *Walkability* aus. Die Siedlungsform wird durch das Landschaftsschutzgebiet „GrünGürtel“ räumlich begrenzt und gibt eine kompakte Bauweise auf den verbleibenden Flächen vor. Geschäfte und Einrichtungen befinden sich dadurch in fußläufiger Distanz zu den Wohnquartieren. Industrie- und Gewerbeflächen befinden sich in Frankfurt am Stadtrand und sind wie Wohnbauland knapp. Größere Flächen zur Umnutzung wie in Dortmund stehen nicht zur Verfügung. Die Grünversorgung ist in Frankfurt ebenfalls hoch: Der „GrünGürtel“ stellt wohnortnahe Erholungsräume zur Verfügung, die zentralen Stadtlagen werden vom Main und angrenzenden

¹⁷ <https://dortmund-nordwaerts.de/portfolio-item/projekt-smart-rhino/> (13.02.2023).

¹⁸ <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW//online?operation=table&code=12421-01i&bypass=true&levelindex=1&levelid=1660120495577#abreadcrumb> (13.02.2023).

¹⁹ Vergleich der 16 Untersuchungsgebiete ohne Duisburg.

²⁰ <https://frankfurt.de/themen/umwelt-und-gruen/umwelt-und-gruen-a-z/im-gruenen/schutzgebiete/landschaftsschutzgebiet> (13.02.2023).

Auen durchbrochen und die ehemalige Wallanlage ist zum Großteil Grünflächen gewichen. Das Wegenetz ist ebenfalls sehr durchlässig. Im Vergleich zu Dortmund gibt es weniger trennende Elemente wie Bahnanlagen oder Gewerbeflächen in der Nähe von Wohnquartieren.

Der hohe Siedlungsdruck und das prognostizierte Bevölkerungswachstum führen zu hohen Boden- und Mietpreisen, der Wohnraumbedarf stellt die Stadtplanung bei den begrenzt verfügbaren Flächenressourcen vor Herausforderungen. Frankfurt verfolgt deshalb das Konzept der doppelten Nachverdichtung. Unter einer Nachverdichtungsmaßnahme werden Vorhaben mit einer Bruttogeschossfläche ab 3.000 Quadratmetern verstanden. Dort, wo neuer Wohnraum durch Nachverdichtung entsteht, soll es auch zu einer Nachverdichtung von Grünflächen kommen. Dies kann beispielsweise durch eine Aufwertung der Aufenthaltsqualität geschehen. Zudem wird im Vorfeld geprüft, ob es ausreichende Versorgungskapazitäten wie Kindergärten in den Wohnquartieren gibt, die nachverdichtet werden. Die größten Potenziale wurden in Zeilenbebauungen der 1950er- bis 1970er-Jahre identifiziert. Die Maßnahmen konzentrieren sich zunächst auf die im Norden gelegenen Stadtteile Ginnheim, Dornbusch, Eckenheim und Preungesheim (Stadt Frankfurt am Main 2021: 2, 3, 10).²¹

Bis zum Jahr 2030 werden gemäß Bedarfsprognosen der Stadt weitere 90.000 Wohnungen benötigt (Stadt Frankfurt am Main 2019: 13). Deshalb sollen neue Siedlungen wie im Nordwesten angrenzend an die Nordweststadt und Praunheim oder auch westlich der Bundesautobahn 5 entstehen.²² Diese schließen sich an bestehende Siedlungsstrukturen an und sollen durch Parks, Schulen, Läden, Sport- und Freizeiteinrichtungen lebenswert und fußgängerfreundlich gestaltet werden. Eine Durchmischung neuer Wohnquartiere mit Versorgungsmöglichkeiten wie Einzelhandelsgeschäften und Restaurants im Erdgeschoss nutzt die verfügbare Fläche effizient und reduziert Verkehrsströme. Darüber hinaus entsteht durch behutsame Nachverdichtung neuer Wohnraum im Bestand.

Insgesamt bietet der hohe Siedlungsdruck in Frankfurt am Main Chancen und Risiken für die Fußgängerfreundlichkeit der Stadtstrukturen. Die Nachverdichtung und Errichtung neuer Stadtteile mit Fokus auf das Leitbild der „Stadt der kurzen Wege“ kann zu durchmischten und dadurch fußgängerfreundlichen Wohnquartieren führen, deren hohe Dichte eine hohe Nachfrage und Ausstattung von Einrichtungen der Daseinsvorsorge nach sich zieht. Gleichzei-

tig muss jedoch sichergestellt bleiben, dass die Nachverdichtung nicht auf Kosten von Grün- und Erholungsflächen geht, sondern in den neuen Quartieren ausreichend Grünflächen erhalten bleiben und ausgebaut werden. Dieser Aspekt wird in der Bewertung des ILS-Walkability-Index durch Einbeziehung des Anteils an grünen und blauen Infrastrukturen besonders gewürdigt. Mit dem Nachverdichtungskonzept, welches explizit die Aufwertung von Grünflächen einfordert, und den zahlreichen Landschaftsschutzgebieten gelingt Frankfurt diesbezüglich trotz hoher Dichte eine durchweg hohe Grünversorgung.

6 Diskussion

Die Ergebnisse des ILS-Walkability-Index dienen einer Ersteinschätzung der Fußgängerfreundlichkeit von Stadtstrukturen. Das Bewertungsinstrument ist durch technische Innovationen der Raumanalyse wie das Fußwegerouting in der Lage, aus der Literatur abgeleitete Bewertungsdimensionen datentechnisch heute präziser abzubilden als frühere Varianten des Walkability-Index. Perspektivisch können mit robusten Datenquellen im Monitoring Zeitreihen für die Raumbewertung aufgebaut werden (Fina/Gerten/Pondi et al. 2022). Darüber hinaus ermöglicht die freie Bereitstellung der Software eine Nutzung für die Anforderungen von Anwendungen in der Planungspraxis, die sich mit städtebaulichen Entwicklungsperspektiven des Zufußgehens beschäftigen.

Diesbezüglich sind im Hinblick auf die Ergebnisinterpretation die klassischen Zielkonflikte der Nachverdichtung genauer zu betrachten, die sich potenziell auch in den Wertespannen des ILS-Walkability-Index niederschlagen. Insbesondere die mit städtebaulicher Dichte positiv assoziierten Komponenten des *Tools* (Einwohnerdichte, Ausstattung mit Einrichtungen der Daseinsvorsorge, Bewegungsradius entlang des Fußwegenetzes) kontrastieren mit der Bewertungsdimension des Grünflächenanteils. Wohnquartiere mit sehr hohen Grünflächenanteilen haben in der Regel weniger hohe Einwohnerdichten und Ziele der Nahversorgung aufzuweisen und umgekehrt. Das Fallbeispiel Frankfurt am Main deutet jedoch darauf hin, dass sich die positiven Wirkungen städtebaulicher Dichten und hoher Grünflächenanteile nicht zwingend gegenseitig ausschließen. Im Sinne einer doppelten Innenentwicklung honorieren die Ergebnisse in der Gesamtbewertung vielmehr eine moderate, multifunktionale Ausstattung mit dichter Bebauung und Grünflächen. Die ermittelten Werte für Frankfurt am Main korrespondieren mit der empirischen Evidenz zur Einordnung Frankfurts als Fußgängerhauptstadt Deutschlands aus weiteren Studien (Nobis 2019: 52; Agora Verkehrswende 2020: 21). Ein durchlässig gestaltetes Fußwegenetz – wie eine für Fußgängerinnen und Fußgänger durchlässige Sackgasse – fördert

²¹ https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/Nachverdichtungsmanagement_19390.html (13.02.2023).

²² <https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/index.php?id=18798&psid=undefined> (13.02.2023).

zudem den Fußverkehr, da es einen komparativen Vorteil gegenüber motorisierten Fortbewegungsmitteln bietet.

Darüber hinaus lassen sich die im *Tool* angelegten Bewertungsdimensionen auch als Teilergebnisse interpretieren, sodass die Einflussgrößen auf die Gesamtbewertung transparent werden. Der Fokus liegt dabei auf einer sozialräumlich verstandenen residentuellen *Walkability*, die, neben den Voraussetzungen der Begehbarkeit und Zugänglichkeit von Infrastrukturen, Zielorte der alltäglichen Versorgung und sozialer Interaktion im Wohnquartier einbezieht. Die Bewertungseinheiten lassen sich für die Ergebnisinterpretation in administrativen Handlungsebenen (z. B. Stadtteile, Bezirke) flexibel zusammenfassen und für ein Monitoring von Zielsetzungen nutzen. So könnten künftig Zielmarken für die *Walkability* formuliert werden, anhand derer sich die Auswirkungen städtebaulicher Maßnahmen zur Stärkung des Zufußgehens quantifizieren lassen. Entsprechende Kenngrößen, sofern belastbar und interpretationsfähig, lassen sich auch gut in Formaten der Bürgerbeteiligung nutzen. Trotzdem kann der ILS-Walkability-Index nur die baulich-physischen Gegebenheiten und Grünflächen ohne weitere Qualifizierung ihrer spezifischen Qualitäten (z. B. als Erholungsraum) abbilden. Die Bedürfnispyramide der *Walkability* zeigt weitere Dimensionen, wie den Aspekt der Sicherheit, auf. Dieser kann durch eine genaue Betrachtung der örtlichen Gegebenheiten erfasst werden. Hierzu eignen sich Begehungen oder der Austausch mit den Bewohnerinnen und Bewohnern (Tran/Manz/Nouri 2017).

Der ILS-Walkability-Index liefert eine datenbasierte Bewertung für Defizite in der Stadt der kurzen Wege, klammert dabei aber Arbeitswege aus. Diese machen zwar einen erheblichen Teil des Verkehrsaufkommens aus, sind aber bislang vergleichsweise weniger stark nachbarschaftszentriert, das heißt, sie führen häufiger weiter vom Wohnort weg und werden deshalb häufiger mit motorisierten Verkehrsmitteln zurückgelegt (Nobis/Kuhnimhof 2018: 65). Fraglich ist in diesem Zusammenhang, inwiefern ein gesellschaftlicher Wandel hin zu digital werdenden Lebens- und Arbeitswelten mit höheren Anteilen an Beschäftigungsverhältnissen mit *Homeoffice*-Regelung zu höheren Ansprüchen an die Bewegungsfreundlichkeit von Wohnquartieren führt. Im Sinne von *No regret*-Strategien der Stadtentwicklung werden auch die infrastrukturellen Voraussetzungen für körperlich aktive Alltagsmobilität als Baustein zur Stärkung der Resilienz des Verkehrssystems gegenüber unbekanntem Entwicklungen gesehen (Wilsch/Martens 2023: 157–158).

Eine Stärkung der *Walkability* erfordert diesbezüglich stadtweite oder sogar städteübergreifende Maßnahmen, damit *Rebound*- bzw. *Backfire*-Effekte vermieden werden (Holz-Rau/Wachter/Feiertag et al. 2022: 19). Ein Einzelhandelskonzept wie das der Stadt Dortmund kann helfen,

eine wohnortnahe Grundversorgung sicherzustellen und in den Randbezirken die *Walkability* zu stärken. Konzentrationstendenzen des großflächigen Einzelhandels in Stadtrandlagen bei gleichzeitigem Rückzug kleinerer Einrichtungen aus dem Wohnumfeld (Mensing 2018: 137, 145) wird somit entgegengewirkt. Darüber hinaus gewinnen Konzepte der Nachverdichtung mit der Stärkung nahräumlicher Mobilitätsoptionen als Baustein einer dreifachen Innenentwicklung im Städtebau an Bedeutung (Schubert/Eckert/Dross et al. 2022: 10–14). Der ILS-Walkability-Index kann dazu beitragen, die Effekte dieser Strategien zu bewerten und zu evaluieren.

7 Fazit

Fußgängerfreundliche Stadtstrukturen sind in deutschen Städten historisch angelegt und durch autoorientierte Stadterweiterungen der Nachkriegszeit überformt. Der Bericht „Mobilität in Deutschland“ zeigt, dass Zufußgehen in den vergangenen Jahren relativ an Bedeutung verloren hat (Nobis/Kuhnimhof 2018: 10). Die Idee der „15-Minuten-Stadt“, aber auch die Fallbeispiele dieses Beitrags zeigen, dass das Zufußgehen dagegen in der Planung wieder stärker als Fortbewegungsart gefördert wird. Zufußgehen ist kostengünstig, fördert die Gesundheit und kann einen Beitrag zur Mobilitätswende leisten. Der ILS-Walkability-Index kann unterstützen, Defiziträume zu identifizieren und Versorgungslücken zu schließen. Erstmals ist ein Vergleich der *Walkability* der 16 größten deutschen Großstädte möglich.

Der Index orientiert sich dabei an Bewertungsdimensionen der *Walkability*-Forschung und nachbarschaftsorientierten Messmethoden, die die städtebaulich-infrastrukturellen Voraussetzungen des Zufußgehens mit der sozialräumlichen Attraktivität von Stadtstrukturen kombinieren. Das Bewertungswerkzeug macht sich hierfür offene Daten und freie, moderne Geoinformationstechnologien zur multidimensionalen Bewertung fußläufiger Stadtstrukturen zunutze. Neben den im Beitrag erläuterten Ergebnissen steht das Bewertungswerkzeug für die Nutzung durch die allgemeine Öffentlichkeit und die Planungspraxis frei zur Verfügung. Perspektivisch kann auf dieser Grundlage eine Wissensinfrastruktur aufgebaut werden, die ein datengestütztes Monitoring der Fußgängerfreundlichkeit von Stadtstrukturen etabliert.

Acknowledgements We would like to thank two anonymous reviewers for their helpful comments and Jutta Rönsch (ILS) for her support in graphic design.

Funding This paper partially is based on the project „Körperlich aktive Alltagsmobilität in der Stadt: Sozialökologische Determinanten

von Walkability und Public Health“, funded by Deutsche Forschungsgemeinschaft, project number 421868672.

Competing Interests The authors declare no competing interests.

Literatur

- Agora Verkehrswende (2017): Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende. Berlin.
- Agora Verkehrswende (2020): Städte in Bewegung. Zahlen, Daten, Fakten zur Mobilität in 35 deutschen Städten. Berlin.
- Berzi, C.; Gorrini, A.; Vizzari, G. (2019): Mining the social media data for a bottom-up evaluation of walkability. In: Hamdar, S. (Hrsg.): *Traffic and Granular Flow '17*. Cham, 167–175. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11440-4_20
- Blečić, I.; Congiu, T.; Fancello, G.; Trunfio, G. A. (2020): Planning and Design Support Tools for Walkability: A Guide for Urban Analysts. In: *Sustainability* 12, 11, 4405. <https://doi.org/10.3390/su12114405>
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): RegioStaR: Regionalstatistische Raumentypologie für die Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Bonn.
- Bruns, A. (2015): Reurbanisierung und residenzielle Selbstselektion: Determinanten der Standort- und Verkehrsmittelwahl bewusster Innenstadtbewohner. Aachen. Dissertation an der RWTH Aachen University.
- Bucksch, J.; Schneider, S. (2014): Walkability – Einführung und Überblick. In: Bucksch, J.; Schneider, S. (Hrsg.): *Walkability – Das Handbuch zur Bewegungsförderung in der Kommune*. Bern, 15–27.
- Burger, A.; Bretschneider, W. (2021): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausgabe 2021. Dessau-Roßlau. = UBA-Texte 143/2021.
- Cervero, R.; Kockelman, K. (1997): Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2, 3, 199–219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- Dobešová, Z., Křivka, T. (2012): Walkability index in the urban planning: A case study in Olomouc city. In: Burián, J. (Hrsg.): *Advances in Spatial Planning*. London, 178–196. <https://doi.org/10.5772/36587>
- Edwards, J. R.; Caplan, R. D.; Harrison, R. V. (1998): Person-Environment Fit Theory. Conceptual Foundations, Empirical Evidence, and Directions for Future Research. In Cooper, C.L. (Hrsg.): *Theories of organizational stress*. Oxford, 28–67.
- Ewing, R.; Cervero, R. (2010): Travel and the Built Environment. In: *Journal of the American Planning Association* 76, 3, 265–294. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>
- Fina, S.; Gerten, C.; Pondi, B.; D’Arcy, L.; O’Reilly, N.; Vale, D.; Pereira, M.; Zilio, S. (2022): OS-WALK-EU. An Open-Source Tool to assess health-promoting residential walkability of European city structures. In: *Journal of Transport and Health* 27, 101486. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2022.101486>
- Fina, S.; Osterhage, F.; Rönsch, J.; Rusche, K.; Siedentop, S.; Volgmann, K.; Zimmer-Hegmann, R. (2019): Monitoring StadtRegionen. In: Wehrhahn, R.; Pohlan, J.; Hannemann, C.; Othengrafen, F.; Schmidt-Lauber, B. (Hrsg.): *Housing and housing politics in European Metropolises*. Wiesbaden, 181–252. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22345-8_16
- Finger, J. D.; Mensink, G. B. M.; Lange, C.; Manz, K. (2017): Gesundheitsfördernde körperliche Aktivität in der Freizeit bei Erwachsenen in Deutschland. In: *Journal of Health Monitoring* 2, 2, 37–44. <https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2017-027>
- Gerten, C.; Fina, S. (2022): Scrutinizing the buzzwords in the mobility transition. The 15-minute-city, the one-hour metropolis, and the vicious cycle of car dependency. In: *Projections* 16. <https://projections.pubpub.org/pub/g7vtbyns/release/1> (10.02.2023).
- Henger, R.; Voigtländer, M. (2019): Ist der Wohnungsbau auf dem richtigen Weg? Aktuelle Ergebnisse des IW-Wohnungsbedarfsmodells. Köln. = IW-Report 28/2019.
- Holz-Rau, C.; Wachter, I.; Feiertag, P.; Randelhoff, M.; Scheiner, J., Wächter, L.; Zimmermann, K. (2022): Mobilitätswende – wider den lähmenden Optimismus. In: *Nachrichten der ARL* 52, 1, 16–21.
- ITDP – Institute for Transportation and Development Policy (2018): *Pedestrians first, Tools for a walkable City*. New York.
- Kircher, E. (1976): Bevölkerungsentwicklung im Dortmunder Raum seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts. Dortmund. = *Dortmunder Statistik, Sonderheft* 68.
- Meeder, M. (2019): *Level of Service Concept and Design Principles for Pedestrian Networks*. Zürich. Dissertation an der ETH Zürich. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000409249>
- Mensing, M. (2018): *Lebensmittel-Onlinehandel – Alternative zur zukünftigen Versorgung der Bevölkerung ländlicher Räume?* Dissertation an der RWTH Aachen University. <https://doi.org/10.18154/RWTH-2019-02683>
- Nobis, C. (2019): *Mobilität in Deutschland – MiD Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr*. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bonn.
- Nobis, C.; Kuhnimhof, T. (2018): *Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht*. Studie von infas, DLR, IVT und

- infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bonn.
- Nobis, C.; Kuhnimhof, T.; Follmer, R.; Bäumer, M. (2019): *Mobilität in Deutschland – MiD Zeitreihenbericht 2002 – 2008 – 2017*. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bonn.
- Peter, H.; Toppel, C.; Steinführer, A. (2022): *Wohnstandortentscheidungen in einer wohnbiographischen Perspektive: Eine explorative Studie in ländlichen und großstädtischen Kontexten*. Braunschweig. = Thünen Report 93.
- Pozoukidou, G.; Chatziyiannaki, Z. (2021): *15-Minute City: Decomposing the New Urban Planning Eutopia*. In: *Sustainability* 13, 2, 1-25. <https://doi.org/10.3390/su13020928>
- Reyer, M.; Fina, S.; Siedentop, S.; Schlicht, W. (2014): *Walkability is only part of the story: Walking for transportation in Stuttgart, Germany*. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11, 6, 5849–5865. <https://doi.org/10.3390/ijerph110605849>
- Schiavina, M.; Melchiorri, M. (2022): *GHS-BUILT-LAU2STAT R2022A*. GHS built-up surface statistics in European LAU2, multitemporal (1975-2020). European Commission, Joint Research Centre (JRC). Brüssel. <https://doi.org/10.2905/94D62A61-25D0-42FD-9E1E-A41F877CF788>
- Schubert, S.; Eckert, K.; Dross, M.; Michalski, D.; Preuß, T.; Schröder, A. (2022): *Dreifache Innenentwicklung. Definition, Aufgaben und Chancen für eine umweltorientierte Stadtentwicklung*. Dessau-Roßlau.
- Siedentop, S.; Roos, S.; Fina, S. (2013): *Ist die „Autoabhängigkeit“ von Bewohnern städtischer und ländlicher Siedlungsgebiete messbar?* In: *Raumforschung und Raumordnung* 71, 4, 329–341. <https://doi.org/10.1007/s13147-013-0240-0>
- Stadt Dortmund: Stadtplanungs- und Bauordnungsamt (2013): *Masterplan Einzelhandel. Einzelhandels- und Zentrenkonzept der Stadt Dortmund*. Dortmund.
- Stadt Dortmund, Stadtplanungs- und Bauordnungsamt (2020): *Nahversorgungsstruktur in Dortmund*. Dortmund. = *Berichte zur Stadtentwicklung Dortmunds* 6.
- Stadt Frankfurt am Main (2016): *Frankfurt 2030: Statusbericht zum Integrierten Stadtentwicklungskonzept Frankfurt am Main*. Frankfurt am Main.
- Stadt Frankfurt am Main (2019): *Frankfurt 2030+: Integriertes Stadtentwicklungskonzept*. Frankfurt am Main.
- Stadt Frankfurt am Main (2021): *Leitlinien der Nachverdichtung der Stadt Frankfurt am Main*. Frankfurt am Main.
- Telega, A.; Telega, I.; Bieda, A. (2021): *Measuring Walkability with GIS – Methods Overview and New Approach Proposal*. In: *Sustainability* 13, 4, 1883. <https://doi.org/10.3390/su13041883>
- Tran, M.-C. (2018): *Walkability als ein Baustein gesundheitsförderlicher Stadtentwicklung und -gestaltung*. In: Baumgart, S.; Köckler, H.; Ritzinger, A.; Rüdiger, A. (Hrsg.): *Planung für gesundheitsfördernde Städte*. Hannover, 284–296. = *Forschungsberichte der ARL* 8.
- Tran, M.-C.; Manz, C.; Nouri, F. (2017): *Messung und Erfassung der Fußgängerfreundlichkeit von Stadträumen. Eine GIS-basierte Analyse gemischt genutzter Quartiersgebiete am Fallbeispiel Essen mit Hilfe des integrierten Walkability Audits auf Mikroebene*. Essen.
- Van Holle, V.; Deforche, B.; Van Cauwenberg, J.; Goubert, L.; Maes, L.; Van de Weghe, N.; De Bourdeaudhuij, I. (2012): *Relationship between the physical environment and different domains of physical activity in European adults: a systematic review*. In: *BMC Public Health* 12, 807. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-807>
- Wachter, I.; Holz-Rau, C. (2022): *Verkehrsnachfrage im Städtevergleich*. In: *Straßenverkehrstechnik* 66, 5, 357–364.
- WHO – World Health Organization (2010): *Global recommendations on physical activity for health*. Genf.
- Wilsch, B.; Martens, M. (2023): *Resiliente und agile Mobilitätssysteme der Zukunft*. In: Wittpahl, V. (Hrsg.): *Resilienz. Leben, Räume, Technik*. Berlin, 148–161. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_9
- Yang, S.; Shen, J.; Konečný, M.; Wang, Y.; Štampach, R. (2018): *Study on the spatial heterogeneity of the POI quality in OpenStreetMap*. In: Bandrova, T.; Konečný, M. (Hrsg.): *Proceedings of the 7th International Conference on Cartography and GIS*. Sozopol, 286–295.