Raumbezogene Public Health

Datenzugänge, aktuelle Anwendungsfelder und Herausforderungen

Kumulative Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde „Dr. rer. nat.“ durch den Promotionsausschuss des Fachbereichs 11 der Universität Bremen

vorgelegt von Manuela Peters, M.Sc.

Betreuerin: Prof. Dr. Claudia Pischke, Leibniz Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie - BIPS, Bremen / Universität Düsseldorf

Betreuer und Erstgutachter: Prof. Dr. med. Hajo Zeeb, M. Sc., Leibniz Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie - BIPS, Bremen

Zweitgutachter: Prof. Dr. Benjamin Schüz, Universität Bremen, FB 11

Datum des Kolloquiums: 19.04.2023

DANKSAGUNG

Als ich im Jahr 1997 langsam auf mein Abitur zusteuerte, entdeckte ich in der örtlichen Stadtbibliothek ein Exemplar der „Geografischen Rundschau“. Die Autor*innen der Ausgabe mit dem Titel „Medizinische Geographie“ beschrieben unter eindrücklicher Bebilderung, wie Krankheiten in Raum und Zeit geprägt werden und wie Forscher*innen seit jeher versuchen würden, Ursachen und Zusammenhänge zu ergründen. Ich war so fasziniert, dass ich fortan heimlich davon träumte, auch irgendwann mal zu so einer Forschungsgruppe zu gehören. Nicht für alle Ziele tun sich direkte, stau- und umleitungsfreie Wege auf. Mitunter verändert sich mittendrin auch die Richtung. Alle auf der Strecke gelebten Erfahrungen möchte ich nicht missen. Dankbar bin ich allen Freunden, Bekannten und ehemaligen Kolleg*innen, die mich immer mal wieder subtil oder ganz direkt an meinen alten Traum erinnert haben. Besonders in den letzten 5 Jahren bin ich diesem Schritt für Schritt näher gekommen. Ohne meinen Betreuer, Prof. Dr. Hajo Zeeb, der mir abseits meiner primären Projektarbeit am Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie den Raum und die Freiheit gab, mein eigenes intrinsisches Interesse zu verfolgen und der darauf vertraute, dass ich alle vorhandenen und aufgenommenen Fäden am Ende sinnvoll miteinerander verweben werde, wäre dies sicher nicht möglich gewesen. Ihm wie auch meiner Betreuerin, Prof. Dr. Claudia Pischke, auf deren wertvolle Unterstützung ich mich jederzeit verlassen konnte und die, was sich ausgesprochen zu schätzen weiss, über die gesamte Projekt- und Promotionsphase für ein äußerst angenehmes und wertschätzendes Arbeitsklima sorgte, gilt mein vordringlichster Dank. Frau Elke Wende-Loehner und Herr Andrea Müller, meine selbstgesuchten Eltern in einer fremden Stadt, ohne euch wäre das alles Nichts – weder das Mittendrin, noch das Danach. Danke, dass ihr mich auf dieser Reise begleitet und an mich geglaubt habt.

> "*Don't be afraid. Do what you get the most pleasure from. Develop your talents wherever they may lead. If you have any talent, or any occupation that delights you, do it, and do it to the hilt!*” **Richard P. Feynman**

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGEN UND AKRONYME ..... **V**

TABELLENVERZEICHNIS ..... **VIII**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS ..... **VIII**

ZUSAMMENFASSUNG ..... **IX**

ABSTRACT ..... **IX**

1. EINLEITUNG **1**

2. ZIEL UND AUFBAU DER ARBEIT **7**

3. WHY PLACE MATTERS **9**

3.1 RELEVANZ RÄUMLICHER ASPEKTE FÜR DIE PUBLIC HEALTH 9

3.2 KONTEXT UND KOMPOSITION 11

3.3 THEORETISCHER RAHMEN 13

3.4 FORSCHUNGSSTAND 16

3.4.1 Sozialräumliche Faktoren *16*

3.4.2 Faktoren des Zugangs und der Erreichbarkeit *18*

3.4.3 Bedeutung der physischen Umgebung *20*

3.4.4 Klimatische und umweltbedinge Einflüsse *23*

4. BESCHREIBUNG UND EINORDNUNG DER EINZELARBEITEN **26**

4.1 ÜBERBLICKSARTIKEL: (*ARTIKEL 1*) 26

4.1.1 Kurzbeschreibung *26*

4.1.2 Wert der Arbeit für die übergeordnete Forschungsfrage *28*

4.2 EMPIRISCHE ARBEIT (*ARTIKEL 2*) 28

4.2.1 Kurzbeschreibung *28*

4.2.2 Wert der Arbeit für die übergeordnete Forschungsfrage *31*

4.3 SYSTEMATIC REVIEW (*ARTIKEL 3*) 31

4.3.1 Kurzbeschreibung *31*

4.3.2 Wert der Arbeit für die übergeordnete Forschungsfrage *33*

5. ÜBERGREIFENDE BEFUNDE UND ERKENNTNISSE 34

5.1 DATENHERKUNFT UND NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN 34

5.1.1 Daten von (Fach-) Behörden, staatlichen Stellen und Unternehmen 35

5.1.2 Forschungsdaten und Daten aus der Citizen Science 36

5.1.3 Geodaten 38

5.2 OFFENHEIT RELEVANTER DATEN 40

5.2.1 Offenheit von Daten aus dem öffentlichen Sektor 41

5.2.2 Offenheit von Forschungsdaten 42

5.2.3 Offenheit von Geodaten 43

5.3 DATENVERFÜGBARKEITEN 44

5.4 HERAUSFORDERUNGEN BEZÜGLICH DER NUTZUNG UND INTERPRETATION RAUMRELEVANTER DATEN UND ERGEBNISSE 48

5.4.1 Raumeinheiten und Operationalisierung der Nachbarschaft 48

5.4.2 Messmethode raumrelevanter Determinanten 54

6. DISKUSSION 56

6.1 POTENZIALE, HEMMNISSE UND PERSPEKTIVEN 57

6.2.1 Finden und (Weiter-)Nutzen von Daten 57

6.2.2 Anforderungen an die Daten 60

6.2.3 Datenschutz, Datensouveränität und Solidarität 64

6.2.4 Generalisierbarkeit und Vergleichbarkeit von Daten und Forschungsergebnissen . 67

6.2 STÄRKEN UND SCHWÄCHEN DER EIGENEN ARBEIT 70

7. FAZIT 74

REFERENZEN 77

ÜBERSICHT IM TEXT AUFGEFÜHRTER WEBRESSOURCEN 94

ANHANG ..... A

ANHANG 1: DARSTELLUNG DES EIGENANTEILS ..... A

ANHANG 2: VERSICHERUNG DER EIGENSTÄNDIGEN VERFASSUNG ..... B

ANHANG 3: LISTE WISSENSCHAFTLICHER VERÖFFENTLICHUNGEN MIT PEER REVIEW C

ANHANG 4: EINZELPUBLIKATIONEN DER KUMULATIVEN DISSERTATION ..... D

ABKÜRZUNGEN UND AKRONYME

ALLBUS	*Allgemeine Bevölkerungsumfrage der Sozialwissenschaften*
API	*Application Programming Interface*
BBSR	*Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung*
BKG	*Bundesamt für Kartographie und Geodäsie*
BL	*Bundesländer*
BMBF	*Bundesministerium für Bildung und Forschung*
BMI	*Body-Maß-Index*
BMZ	*Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung*
CDC	*Centers for Disease Control and Prevention*
CKAN	*Comprehensive Knowledge Archive Network*
COVID-19	*Coronavirus SARS-CoV-2*
DALYs	*Disability-adjusted life years oder auch disease-adjusted life years*
DAS	*Datenverfügbarkeitserklärung*
DEGS	*Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland*
DGIM	*Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin*
Difu	*Deutsche Institut für Urbanistik*
DNG	*Datennutzungsgesetz*
DWD	*Deutscher Wetterdienst*
ESA	*Europäischen Weltraumorganisation*
EU	*Europäische Union*
FAIR	*Findable (auffindbar), Accessible (zugänglich), Interoperable (interoperabel) und Reusable (nachnutzbar)*
FDM	*Forschungsdatenmanagement*
GADM	*Database of Global Administrative Areas*
GBE	*Gesundheitsberichterstattung*
GEDA	*Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell“*

GIS	*Geoinformationssystem*
GISCO	*Geografisches Informationssystem der Kommission*
GISD	*German Index of Socioeconomic Deprivation*
GPS	*Global Positioning System*
HIV	*Human Immunodeficiency Virus*
HTML	*Hypertext Markup Language*
IDSA	*International Data Spaces Association*
IFG	*Informationsfreiheitsgesetzte*
IG	*Interventionsgruppe*
INSPIRE	*Infrastructure for Spatial Information in Europe*
IPCC	*Intergovernmental Panel on Climate Change*
IPEN	*International Physical Activity and the Environment Network*
ISO	*Internationale Organisation für Normung*
JSON	*JavaScript Object Notation*
KA	*Körperliche Aktivität*
KI	*Künstliche Intelligenz*
KIGGS	*Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland*
MAUP	*Modifiable Areal Unit Problem*
N.A.	*Not applicable*
NCD	*Non-Communicable Diseases*
NEWS	*Neighborhood Environment Walkability Scale*
NFDI	*Nationale Forschungsdateninfrastruktur*
NFDI4Health	*Nationale Forschungsdateninfrastruktur für personenbezogene Gesundheitsdaten*
NRW	*Nordrhein-Westfalen*
ODbL	*Open Database License*
ODI	*Open Data Institute*

OECD	*Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung*
OGD	*Open Government Data (offene Verwaltungsdaten)*
OK Labs	*Open Knowledge Labs*
OKFN	*Open Knowledge International*
OpenAIRE	*Europäische Open Access Infrastructure*
OSM	*OpenStreetMap*
PDF	*Portable Document Format*
PKS	*Polizeiliche Kriminalitätsstatistiken*
POI	*Point Of Interest*
PROMOTE	*Individualisierung von Interventionen zur körperlichen Aktivität zur Förderung eines gesunden Alterns*
RDF	*Resource Description Framework*
Re3Data	*Registry of Research Data Repositories*
RKI	*Robert Koch Institut*
SDG	*Sustainable Development Goals*
SES	*Socioeconomic status, sozioökonomischer Status*
SHARE	*Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe*
SOEP	*Sozioökonomisches Panel*
SUF	*Scientific Use Files*
u.a.	*unter anderem*
UBA	*Umweltbundesamt*
UGCoP	*uncertain geographic context problem*
UV-Strahlen	*Ultraviolette Strahlen*
v. Chr.	*vor Christus*
WHO	*World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)*
WLKG	*Wartelistenkontrollgruppe*
XML	*Extensible Markup Language*
z. B.	*Zum Beispiel*

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kriterien offener Daten 27

Tabelle 2: Überblick der Eigenanteile in den Einzelarbeiten ..... A

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Kernkapitel und Verbindung mit den Einzelarbeiten 8

Abbildung 2: Humanökologisches Modell der Gesundheitsdeterminanten im Siedlungsraum 16

Abbildung 3: Daten und Schnittmengen nach Datenherkunft 35

Abbildung 4: Verfügbarkeit offener Daten nach räumlicher Ebene und Datenquelle ... 46

Abbildung 5: Operationalisierung der Nachbarschaft im Review von Peters et al. (2020) 52

Abbildung 6: Objektive und subjektive Messinstrumente im Review von Peters et al. (2020) 55

Abbildung 7: Aufgaben eines Data Stewards 63

ZUSAMMENFASSUNG

Die Betrachtung raumrelevanter Aspekte ist von großem Wert für die Gesundheitsversorgung, Public Health-Forschung und Gesundheitspolitik, um regionale Disparitäten und gesundheitliche Ungleichheiten gezielt zu minimieren, ein gesundes Lebensumfeld zu schaffen sowie akute, aber auch nachhaltig wirksame Entscheidungen zur Bewältigung aktueller und zukünftiger Krisen zu treffen, die mit direkten und indirekten Gesundheitsnachteilen einhergehen. Das Identifizieren besonders exponierter Räume und Bevölkerungsgruppen, die Entwicklung evidenzbasierter, lokal angepasster Maßnahmen (u. a. zum Klima- und Katastrophenschutz, aber auch zur örtlichen Prävention und Gesundheitsförderung) sowie die Überwachung entsprechender Fortschritte bedürfen einer qualitativen, transdisziplinären Informationsgrundlage auf Basis auffindbarer, frei zugänglicher, weiternutzbarer und interoperabler Daten.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zunächst die gesundheitsrelevante Bedeutung räumlicher Determinanten aufzuzeigen und damit das Bewusstsein für den Wert entsprechender Daten zu schärfen. Zudem sollen die Resultate einer eigenen Bestandsaufnahme abgebildet werden, die die Absicht verfolgte, zu prüfen, welche Arten von Daten und Informationsressourcen sich für diesen Kontext grundsätzlich eignen, und inwieweit diese auf verschiedenen räumlichen Ebenen auffindbar sind und die oben genannten Ansprüche erfüllen. Ein zweiter Kernaspekt ist die Darstellung der potenziellen Vergleichbarkeit derartiger Daten bzw. die Möglichkeit der Generalisierung von Forschungsergebnissen auf Basis frei zugänglicher Daten. Beispielhafte Grundlage dieser Bewertung ist ein systematisches Review zum gesundheitsbezogenen Verhalten – im Speziellen zur körperlichen Aktivität älterer Erwachsener in der individuellen örtlichen Lebensumgebung. Essenzielle Aspekte beider Arbeiten sind überdies in eine empirische Untersuchung integriert, die u. a. die Nutzung verschiedener raumbezogener Informationen aus unterschiedlichen Quellen sowie deren Verknüpfung mit Studiendaten an einem praktischen Beispiel demonstrieren soll.

In den Ergebnissen zeigt sich, dass eine Vielzahl relevanter Daten grundsätzlich zur Verfügung steht, deren (Weiter-) Nutzung allerdings durch die schwierige Auffindbarkeit sowie eine große Heterogenität bezüglich der Zugänge, des Umfangs, der Datenformate

und rechtlicher Bedingungen erschwert wird. Darüber hinaus lassen sich Datensysteme unterschiedlicher Fachdisziplinen bislang nur begrenzt miteinander verbinden. Ferner wird deutlich, dass die Interpretation und Vergleichbarkeit von Ergebnissen durch zahlreiche methodische und konzeptionelle Divergenzen, z. B. unterschiedliche datenbasierte Operationalisierungen und Definitionen der geografischen Einheit behindert werden, was der Generalisierbarkeit und einer soliden Evidenzsynthese entgegensteht. Zur Überwindung benannter Konflikte werden im Verlauf der Arbeit Vorschläge zur Lösung aufgezeigt bzw. auf notwendige Handlungsbedarfe, wie die Entwicklung einheitlicher Rahmenbedingungen, die technische und rechtliche Anforderungen an die Daten betreffen, verwiesen. Bezüglich der Vergleichbarkeit sind einige Verbesserungen der Datenbasis auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen, harmonisierte Messinstrumente zur Erfassung räumlicher Determinanten sowie ein größerer Konsens hinsichtlich der Operationalisierung von Raumeinheiten notwendig. Als essenzielles Fazit und gleichzeitig substanzielle Grundlage für eine möglichst umfangreiche und gewinnbringende Ausschöpfung des Potenzials vorhandener Daten für die Public Health wird die Notwendigkeit hervorgehoben, dass sowohl potenzielle Datenbereitsteller*innen als auch -nutzer*innen den Mehrwert auffindbarer, zugänglicher und weiterverwendbarer Daten erkennen. Dies impliziert, dass die damit verbundenen Vorteile auf allen Seiten klar und nachvollziehbar kommuniziert und z. B. anhand von Best-Practice-Beispielen oder Anwendungsfällen beschrieben werden. Diese Arbeit versucht, hierfür Anregungen zu geben.

ABSTRACT

Examining aspects relevant to space is of great importance to health care, public health research and policy making in order to minimize regional disparities and health inequalities, to create healthy living environments, and to achieve both immediate and lasting decisions to deal with current and future crises associated with direct and indirect health disadvantages. Identifying areas and population groups at particular risk, developing evidence-based, region-specific actions (including those for climate protection and disaster control, but also for local prevention and health promotion), as well as monitoring the progress of these actions require qualitative and transdisciplinary information based on findable, accessible, reusable, and interoperable data.

Therefore, the objective of this thesis is therefore to first demonstrate the impact of spatial determinants on human health and, thus, to raise awareness regarding of the value of the corresponding data. In addition, the results of an own assessment aiming to examine which types of data and information sources are generally appropriate for this context, how well they can be found at different geographic scales, and whether the above-mentioned requirements are met, are represented. A second key aspect is to demonstrate the comparability of such data, and/or the generalizability of research findings based on freely available data. For this evaluation, a systematic review on health-related behavior - specifically on physical activity in older adults in their local living environment – serves as an example. Fundamental aspects of the two research projects are also integrated in an empirical study, which aims, among other things, to demonstrate the use of various ecological data from different sources and their linkage with study data in a practical example.

The results indicate that, in principle, a wide range of relevant data is available, but that its (further) use is hampered by the difficulty of retrieving them, as well as by a wide heterogeneity in terms of accessibility, extent, data formats, and legal conditions. Furthermore, data systems of different disciplines can only be linked to one another to a certain degree. In addition, it became clear that the interpretation and comparison of results is hampered by numerous methodological and conceptual divergences, e.g., varying databased operationalizations and definitions of spatial units, which is counterproductive

to the ability for generalizing results and establishing a solid evidence base. In order to overcome the barriers and various problems identified in this dissertation, suggestions on how to resolve them and/or actions that need to be taken, such as developing uniform frameworks regarding technical and legal data requirements, are provided. With respect to comparability, several improvements to the data existing at different geographical scales, harmonized measurement tools to capture physical determinants, and a greater consensus on how to operationalize spatial units are needed. A key conclusion, but also a substantial starting point for maximizing the potential of existing data for public health, is the recognition of the value of findable, accessible, and reusable data by both, the potential data provider and the data user. Consequently, the benefits of this process need to be communicated in a clear and understandable way by all parties, for example via best practice examples or use cases. This work attempts to provide impulses for this.

1. EINLEITUNG

"Data isn't oil — a finite commodity — to be owned and traded, pumped from the ground and burned in cars and factories. Of course, no analogy is perfect, but a better liquid to liken it to is water, with the global internet like a great borderless ocean of currents and tides."

Simon Clegg [1]

Seitdem der britische Mathematiker und Data Science-Unternehmer Clive Humby im Jahr 2006 die Metapher von „Daten als das neue Öl" prägte, und damit argumentierte, dass diese, wie auch andere globale Rohstoffe, ein erhebliches Nutzenpotenzial besäßen, „raffiniert" oder anderweitig umgewandelt werden müssten, um ihr volles Potenzial zu entfalten [2][1], wird dieser Vergleich immer wieder herangezogen, branchenspezifisch interpretiert und erweitert. Allerdings mehren sich auch Stimmen, wie die des eingangs zitierten Simon Cleggs, die diese Analogie für verfehlt halten. Auch im Verständnis der Open-Data-Bewegung entfaltet sich der eigentliche Wert dieses „Rohstoffs" erst durch das Teilen, und ein Wertverlust folglich durch ein Verstecken oder „Horten" wertvoller Informationen [3]. Demzufolge wird insbesondere *offenen Daten (Open Data)* ein besonderes Wertschöpfungspotenzial zugeschrieben, dessen unmittelbares Marktvolumen für Deutschland für den Zeitraum von 2016 bis 2020 auf rund fünf Milliarden Euro geschätzt wurde [4]. Derartige Quantifizierungen können allerdings nur eine sehr grobe Vorstellung liefern, da sich kaum nachvollziehen lässt, von wem und aus welchen Gründen einzelne Datensätze genutzt werden. Bezeichnender sind die zu erwarteten Mehrwerte aus offenen Daten [5], die laut Berechnungen des Open Data Instituts (ODI) (2016) zu etwa einem halben Prozent mehr zum Bruttoinlandsprodukt beitragen als z. B. bezahlte Daten [6]. Derartige Erwartungen speisen sich vornehmlich aus den zahlreichen neuen Möglichkeiten für die Beschaffung, Auswertung, Reproduzierbarkeit und Verbreitung von Daten aller Art im Zuge des weiter voranschreitenden digitalen Wandels. Offen zur Verfügung

[1] Eigene, freie Übersetzung aus dem Englischen.

gestellte bzw. geteilte Daten ermöglichen nicht nur eine breite Nutzung, sondern bestenfalls auch die Kombination mit anderen Datensätzen und damit die Möglichkeit wissenschaftlicher Kollaborationen.

Dies inkludiert auch Daten im Kontext der Public Health, deren Wertigkeit durch die bedeutsame Rolle bestätigt wird, die vor allem jene mit räumlich differenziertem Informationsgehalt angesichts gegenwärtiger Krisensituationen eingenommen haben. Seit dem Ausbruch der Coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19)-Pandemie ermöglicht die Offenlegung von Daten in der internationalen Wissenschaft und Politik einen zügigen Informationsaustausch, beispielsweise bei der Forschung zur Entwicklung von Impfstoffen und Therapien [7] sowie eine Beschleunigung von Präventionsstrategien angesichts frühzeitiger Kenntnisse über die epidemiologische Lage. Gleichwohl offenbart sich bereits in diesem Kontext, dass sich die faktische Nutzung und Weitergabe von Daten je nach Raum und Skalierung bezüglich des Umfangs, der Qualität und Quantität ungleich (schnell) entwickelt. In globaler Perspektive werden z. B. in China zwar umfangreich Daten gesammelt, aber weniger bereitwillig geteilt, in Entwicklungsländern hingegen findet kaum eine Datenerfassung statt. Im deutschen und europäischen Kontext wird die Nutzung und Verbreitung in erster Linie durch den restriktiven Datenschutz erschwert.

Relevante Daten umfassen, neben offensichtlichen Gesundheitsdaten, die z.B. von Ärzten und Krankenkassen bereitgestellt oder aus Gesundheitsregistern bezogen werden können, auch Daten, die von Individuen selbst erzeugt werden und beispielsweise deren Mobilität, soziale und körperliche Aktivität (KA) abbilden können (z. B. Daten aus Fitness-Trackern, Mobiltelefonen, Corona-Apps, etc.) sowie Determinanten, die die Planung und Überwachung örtlicher Gesundheitsversorgungskapazitäten (oder auch optimale Standorte für Testzentren) ermöglichen. Im Zuge der Pandemie hat sich die Spannweite möglicher Datenbreitsteller*innen, von der Wissenschaft bis hin zur Bürgerforschung (*Citizen Science*), exemplarisch gezeigt. So wird das bislang größte und umfassendste epidemiologische *COVID-19 Open Data Repository*[2], das neben tagesaktuellen Inzidenzen und Prävalenzen mehr als 20.000 offene Daten zu Kovariaten, wie Demografie, Wirtschaft, Geografie, Krankenhausaufenthalten, Mobilität, staatlichen Maßnahmen, Wetter, etc., in

[2] COVID-19 Open-Data Github: https://github.com/GoogleCloudPlatform/covid-19-open-data [zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

feingliedriger regionaler Auflösung enthält, neben automatisierten Abfragen, vor allem von der Arbeit Freiwilliger getragen, die Informationen aus offiziellen Quellen sammeln und zur Weiternutzung zur Verfügung stellen.

Auch die deutlichen Anzeichen der Folgen des globalen Klimawandels, insbesondere dessen direkte und indirekte Gesundheitsfolgen, erzeugen derzeit einen enormen Handlungsdruck auf vielen Ebenen und erfordern u. a. auch einen internationalen (Daten-) Austausch zur Entwicklung überregionaler Maßnahmen bzw. zur Vorbereitung auf akute Krisenszenarien. Bereits im Jahr 2019 wies das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in einem *Policy Brief* auf die Veränderung der Häufigkeit und Intensität vieler extremer Wetter- und Klimaereignisse hin und hob einige Regionen bezüglich der Zunahme von Hitzewellen, Überschwemmungen, Dürren und Waldbränden hervor [8]. Offene Daten, wie z. B. Wetterdaten, können ein Frühwarnsystem für derartige Umwelt- und in der Folge auch Gesundheitskatastrophen sein und Bemühungen zur lokalen Schadensbegrenzung anstoßen. In Deutschland haben das Hochwasser im Ahrtal 2021, aber auch die extremen Hitzeperioden im Juli 2022, Forderungen für einen besseren Schutz (speziell vulnerabler Bevölkerungsgruppen, wie älterer und chronisch kranker Menschen), z. B. in Form von nationalen Katastrophenschutzplänen oder Hitzeregistern nach dem Vorbild von Frankreich[3] neu entfacht. Da sich Extremwetterereignisse aber regional sehr unterschiedlich auswirken, verweist die Bundesregierung bezüglich der Zuständigkeit zur Entwicklung regional angepasster Aktionspläne auf kleinräumige Verwaltungsinstanzen, wie Kommunen, die je nach regionaler Exposition Vorkehrungen (z. B. bezüglich entsprechender Warnsysteme, einer angepassten Ausstattung von Rettungsdienstorganisationen, etc.) treffen sollten [9]. Auch in den USA werden derartige Bemühungen auf Regionen konzentriert, die jeweils am stärksten exponiert sind. Von extremer Hitze bedroht, sind beispielsweise überwiegend „black and indian communities“ sowie ärmere Stadtviertel und sehr ländliche Gebiete [10, 11]. Dementsprechend wurde auf Grundlage

[3] Informationen zum Hitzeregister auf den Seiten des französischen Gesundheitsministeriums: https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-climatiques/article/les-populations-concernees-et-leur-recensement/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]. Auf Basis der Informationen aus dem Register werden besonders exponierte Personen, wie kranke oder alleinlebende Ältere, täglich von einem Sozialdienst kontaktiert und gegebenenfalls notwendigen Ressourcen, wie Trinkwasser und Ventilatoren, versorgt [9].

von Daten aus 11 Bundesbehörden eine Plattform[4] eingerichtet, die lokale Entscheidungsträger*innen, aber auch Bürger*innen dabei unterstützen soll, sich auf entsprechende Situationen vorzubereiten. Dass eine alleinige Initiative seitens der (Daten-) Angebotsseite jedoch nicht ausreicht, und für eine effiziente Umsetzung bereitgestellter Information vielmehr auch die Nutzenseite relevant ist, zeigt sich an den zuweilen als unzureichend kritisierten Maßnahmen in Deutschland. So legten das Bundesumweltministerium und die Länder im Jahr 2017 zwar *Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit* vor, in denen Behörden und alle systemrelevanten Infrastruktureinrichtungen u. a. dazu aufgefordert wurden, das Warnsystem des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zu nutzen [12], allerdings ergab eine Befragung unter ca. 400 Landkreisen im Jahr 2022, dass rund 80 % der 299 antwortenden Landkreise kein Hitzeschutzkonzept entwickelt hatten, 90 % die besonders hitzeexponierte bzw. vulnerable Bevölkerung in ihrer jeweiligen Verwaltungseinheit nicht quantifizieren könne, da ihnen derartige Daten nicht bekannt wären und jeder fünfte Kreis räumte ein, die Hitzewarnungen des DWD gar nicht zu beziehen [13].

Auch andere gegenwärtige Krisenereignisse, wie kriegsbedingte Fluchtbewegungen, tangieren gesundheitsrelevante Aspekte und bedürfen kurzfristiger raumspezifischer Lösungen, wie z. B. der Aufstellung geeigneter Notfallmanagementsysteme, aber auch der Klärung mittel- und längerfristiger versorgungsrelevanter und (sozial-) räumlicher Fragen, wie die der Erreichbarkeit wesentlicher Infrastrukturen oder des räumlichen Umfelds (z. B. von Gemeinschaftsunterkünften für Geflüchtete, etc.).

Im Jahr 2015 wurde die Definition des Konzepts von Gesundheit im erweiterten, umfassenden Kontext einer „*planetary health*“, die die übergreifenden Zusammenhänge zwischen Gesundheit, politischen, ökonomischen, sozialen und natürlichen Systemen umfänglich einbezieht, vorgestellt [14]. Dementsprechend sind die aktuellen, aber auch viele weitere gesundheitsrelevante Herausforderungen und Fragestellungen interdisziplinäre Querschnittsaufgaben, die im Rahmen einer gesundheitsförderlichen Gesamtpolitik (*Health in all Policies*) eine Vernetzung von Politik, Regionalplanung, Public Health,

[4] Webportal für das US-amerikanische „National Integrated Heat Health Information System“: https://www.heat.gov/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

Forschung usw. erfordert. Grundlage für das frühzeitige Erkennen von Gesundheitsgefahren bzw. das Identifizieren besonders exponierter Räume und darauf aufbauender Maßnahmen sind die Erfassung, zeitnahe Verfügbarkeit und Verknüpfungsmöglichkeit von Daten. Besonders kleinräumige Unterschiede müssen in den Fokus genommen werden, was voraussetzt, dass Daten auf verschiedenen administrativen Ebenen kontinuierlich und systematisch erhoben und dokumentiert werden. In nationaler Perspektive deuten sich angesichts der einleitend thematisierten, hochaktuellen Problemlagen bereits zahlreiche Lücken auf Anbieter*innen- und Nutzer*innenseite, aber auch Hindernisse in Bezug auf geeignete Zugänge zu und die Vernetzung von Informationen an. Die von Expert*innen im Rahmen des *Zukunftsforum Public Health* (2022) erarbeiteten „Eckpunkte einer Public-Health-Strategie für Deutschland" benennen u. a. den eingeschränkten Zugang zu Forschungs-, Sekundär- und Routinedaten aus dem Gesundheitsbereich als eine der dringend zu lösenden Herausforderungen für die Bewältigung aktueller Krisen [15].

Das große Interesse an Daten aus dem Bereich öffentlicher Institutionen und Behörden verdeutlichen die Abfragestatistiken der Website *FragDenStaat.de*, über welche Auskünfte auf Grundlage der Informationsfreiheitsgesetze (IFG) angefordert werden können. Insgesamt wurden seit 2011 mehr als 160.000 Anfragen über das Portal gestellt [16, 17]. Die wachsenden Forderungen der Öffentlichkeit nach Transparenz und Partizipation, insbesondere bezüglich der Daten, die mit Hilfe von Steuergeldern generiert wurden [17], haben, neben grundsätzlichen Modernisierungsbestrebungen im Bereich der öffentlichen Verwaltung, in diesem Bereich bereits exemplarische Datenöffnungstendenzen vorangetrieben. Trotz sich mehrender Leuchtturminitiativen in diesem und anderen Sektoren fehlt es jedoch überwiegend noch an der grundsätzlichen Wahrnehmung des Wertes offener Daten und in der Folge auch der Motivation zur Bereitstellung und Nutzung – insbesondere auch aus und für die Gesundheitsforschung.

Werden grundsätzlich vorhandene Daten nicht veröffentlicht oder sind veröffentlichte Daten nicht auffindbar, scheitert eine Berücksichtigung bereits daran, dass deren Existenz unbekannt bleibt. Stehen veröffentlichte und auffindbare Daten wiederum nicht in adäquater Form, das heißt, in offenen Formaten und ausgewiesen mit rechtlichen Bedingungen, die eine Weiternutzung erlauben, zur Verfügung, kann das prinzipiell vorhandene

Potenzial für die öffentliche Gesundheitspolitik und -forschung nur begrenzt ausschöpft werden.

Allerdings stellen offene und valide Daten nicht zwangsläufig sicher, dass diese auch korrekt interpretiert werden – insbesondere, wenn Metadaten zur Erklärung fehlen – und in der Konsequenz passende Maßnahmen im Rahmen der Prävention und Gesundheitsförderung umgesetzt werden. Nötig ist überdies ein grundsätzliches Verständnis der räumlichen Zusammenhänge sowie die Berücksichtigung verschiedener Limitationen für die Einordnung und Bewertung entsprechend vorliegender Informationen.

2. Ziel und Aufbau der Arbeit

Die grundsätzlichen Möglichkeiten, Daten für die Betrachtung gesundheitsrelevanter Aspekte in räumlich differenzierter Perspektive zu nutzen, sind umfangreich und vielversprechend. Neben der Bedeutung von Daten, die eingangs anhand aktuell dringlicher Thematiken veranschaulicht wurde, verfolgt die Forschung im Rahmen der Public Health zahlreiche weitere Fragestellungen, die auch angesichts momentaner Krisen nicht an Relevanz verlieren und überdies nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Vor dem Hintergrund der bereits angedeuteten Bedarfe und Herausforderungen verfolgt die vorliegende Arbeit die Absicht, basierend auf den Erkenntnissen dreier Forschungsarbeiten, die in internationalen Peer-Review-Fachzeitschriften veröffentlicht wurden, exemplarisch:

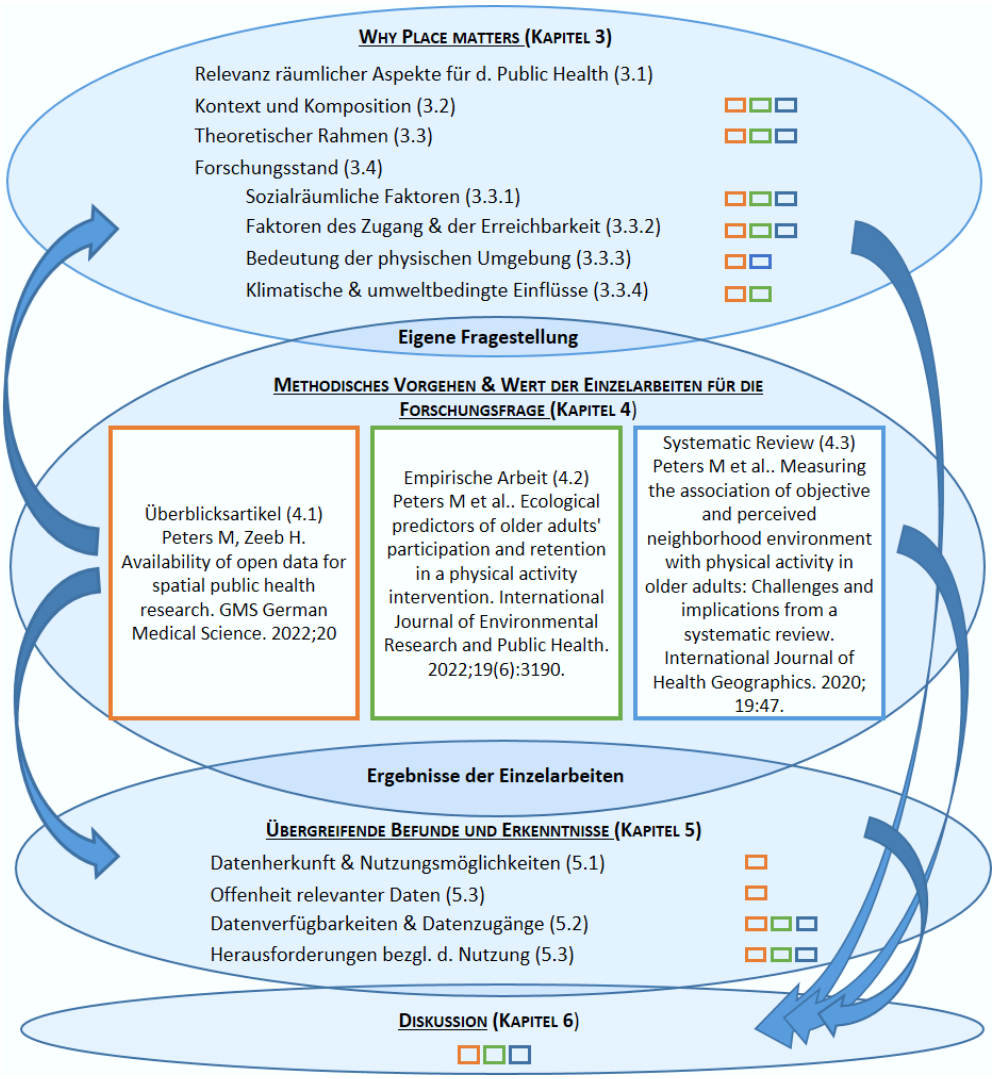
1) relevante Datenarten, -zugänge und Nutzungsmöglichkeiten sowie gegenwärtig zur Verfügung stehende Ressourcen, die gemäß den rechtlichen und technischen Bedingungen eine Weiternutzung für eine raumbezogene Gesundheitsforschung in Deutschland ermöglichen, abzubilden, und

2) Herausforderungen, die sich bei der Nutzung raumrelevanter Daten bzw. für die Interpretation von Forschungsergebnissen auf Basis entsprechender Informationen im Hinblick auf die Vergleichbarkeit und Generalisierung von Aussagen und Effekten ergeben, herauszuarbeiten.

Aus dieser Zielsetzung leitet sich folgender Aufbau für die vorliegende Synopse ab, der überdies in *Abbildung 1* skizziert ist: Im Anschluss an diese konzeptionelle Übersicht werden zunächst Zusammenhänge zwischen Raum und Gesundheit und damit die Public-Health-Relevanz erläutert *(3.1)*, definitorische Begriffsklärungen und Abgrenzungen (*3.2*) sowie theoretische Rahmenmodelle eingeführt (*3.3*), und schließlich die Breite der wissenschaftlichen Diskussion innerhalb von vier konzeptionellen Untersuchungsdimensionen umrissen (*3.4*). *Kapitel 4* präsentiert die drei zugrundeliegenden, eigenen Arbeiten und fasst entsprechend Hintergrund, initiale Zielstellung, verwendete Methodik und Ergebnisse des 1) Überblicksartikels (*4.1*), 2) der empirischen Arbeit (*4.2*) und 3) des systematischen Reviews (*4.3*) zusammen. Darauf aufbauend werden in *Kapitel 5* die für die übergeordneten Zielstellungen relevanten Erkenntnisse, die sich im Zuge der Forschung

zu den genannten Einzelarbeiten herausgestellt haben, resümiert. In *Kapitel 6* werden bedeutsame Befunde diskutiert, Potenziale und Herausforderungen benannt und auf mögliche Lösungsansätze verwiesen, für die schließlich in *Kapitel 7* zentrale Schlussfolgerungen bezüglich der bestehenden politischen Handlungs- und wissenschaftlichen Forschungsbedarfe aufgezeigt werden.

Abbildung 1: Kernkapitel und Verbindung mit den Einzelarbeiten



Anmerkung: Die Abbildung zeigt u. a., welche der drei Artikel (orange = Artikel 1, grün = Artikel 2, blau = Artikel 3) Einfluss auf die jeweiligen Kapitel dieser Synopse hatten.

3. WHY PLACE MATTERS

Das Interesse an den konkreten Bedingungen, die Gesundheit und Krankheit in bestimmten Regionen oder auch Wohnumgebungen beeinflussen können, hat erst in den letzten drei Dekaden wieder zugenommen [18-20]. Dieser sogenannte „*spatial turn*" der Gesundheitswissenschaften [21] resultiert aus der Einsicht, dass das Konzept des „Ortes", als das physische und soziale Umfeld, in das Individuen eingebettet sind, eine wichtige Rolle für die individuelle Gesundheit spielt [22]. Ökonomische und soziale Bedingungen, klimatische und umweltbedingte Belastungen, Qualität und Charakter öffentlicher Räume, Sicherheit, Kriminalität, usw. sind lokal jeweils unterschiedlich ausgeprägt und die Lebensqualität wird durch diese kleinräumigen Gegebenheiten determiniert. Nicht nur die Forschung, sondern auch politische Entscheidungsträger*innen richten ihren Blick folglich immer mehr danach aus, wo Bevölkerungsgruppen besonders gefährdet und Präventionsstrategien oder Interventionsmaßnahmen erforderlich sind, um Risiken zu minimieren oder bestenfalls komplett zu beseitigen und die Gesundheit der ortsansässigen Bevölkerung zu fördern. Dem Anspruch nach einer möglichst umfangreichen Betrachtung potenzieller Einflussfaktoren [23] folgend, werden inzwischen immer umfassendere Analysekonzepte entwickelt, die die komplexen Wechselbeziehungen zwischen Individuen und deren Lebensumfeld berücksichtigen. In diesem Kapitel sollen die Relevanz räumlicher Betrachtungsweisen für gesundheitsrelevante Fragestellungen verdeutlicht und der multidimensionale theoretische Rahmen, der sich als Basis für die Untersuchung von Faktoren zur Förderung einer gesunden Lebenswelt etabliert hat, vorgestellt werden. In die aus diesem Modell abgeleiteten Dimensionen sollen schließlich exemplarische Forschungsarbeiten eingeordnet werden.

3.1 Relevanz räumlicher Aspekte für die Public Health

Die Betrachtung des Raums trägt bereits seit etwa 460 v. Chr. zur Erforschung von Krankheit und Gesundheit bei. Zu dieser Zeit untersuchte Hippokrates krankheitsökologische Zusammenhänge zwischen örtlichen Umweltbedingungen und der Gesundheit [24]. Mehr als 2000 Jahre später, im Jahr 1792, entwickelte der Arzt Leonard Ludwig Finke die wohl erste medizinische Landkarte [25], und weitere 60 Jahre später, im Jahr

1855, kartierte John Snow die Londoner Cholera-Todesfälle im Verhältnis zu (zunächst potenziell) krankheitsursächlichen Attributen (Wasserquellen) [26]. Aufgrund dieser langen Tradition sind Kartierungen gesundheitsrelevanter Informationen, mittels derer Expositionen und Exponierte, Mortalität, Morbidität usw. abgebildet und identifiziert werden können, sicherlich die prominentesten Methoden räumlich-gesundheitlicher Fragestellungen, die allerdings ohne adäquate Datenressourcen schwer auskommen. Als das US Census Bureau im Jahr 1970 erstmals Zugang zu den Rohdaten der amerikanischen Volkszählung gewährte, ergab sich für Wissenschaftler*innen die neue Option flächendeckender kleinräumiger Analysen [27]. Zur Jahrtausendwende begann die amerikanische Bundesgesundheitsbehörde (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) mit der Einführung digitaler Gesundheitsatlanten und Krankheitsüberwachungssysteme (u. a. räumlicher Impf- und Krebsregister), und nach und nach erkannten weitere führende Institutionen, wie die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die Weltbank, den Nutzen räumlicher Analysen für die Bekämpfung einiger der größten Gesundheitsprobleme (HIV/AIDS, Malaria, Tuberkulose, Mütter- und Kindersterblichkeit, etc.) [27]. Mittlerweile ist der Einsatz geografischer Informationssysteme (GIS), mittels derer große Mengen raumbezogener Daten abgerufen, gespeichert, analysiert und visualisiert werden können, in nahezu allen Gesundheitsministerien weltweit implementiert und zudem auch in der Wissenschaft zur Analyse diverser Erkrankungen und Risikofaktoren etabliert. Vor allem die Verknüpfung (*Data Linkage*) von Geodaten (z. B. zur Topologie oder zur Lage) mit Informationen aus verschiedenen weiteren Ressourcen, wie Volkszählungs- oder Surveydaten, Fachdaten (z. B. zu Umweltexpositionen) oder Routine- und Sekundärdaten, die von Behörden und Institutionen zur Verfügung gestellt werden, besitzt eine entscheidende Relevanz für gesundheitswissenschaftliche Fragestellungen [28, 29]. Nicht zuletzt durch die Möglichkeit, Entscheidungsträger*innen anhand detaillierter, räumlich differenzierter Ergebnisse und Visualisierungen von Krankheits- oder Expositionsmustern über potenzielle Handlungsbedarfe zu informieren. Die enormen Fortschritte bezüglich technischer Bedingungen und geodatenbasierter Analysemethoden spiegeln sich in der Fülle an Forschungsarbeiten aus den Bereichen Public Health, Epidemiologie und Gesundheitsversorgung wider, die diese Möglichkeiten nutzen. Bezüglich der Ausrichtung

der Analysen lassen sich im Wesentlichen drei große Bereiche ausmachen: (1) krankheitsökologische Untersuchungen zum Einfluss der Umwelt auf die Entstehung und Verbreitung von Krankheiten, (2) die Erforschung räumlicher Disparitäten in der Gesundheitsversorgung, sowie (3) Analysen zum Einfluss verschiedener Faktoren der sozialen und physischen Umwelt auf die Gesundheit [30]. Im Rahmen letztgenannter Forschungsausrichtung wird beispielsweise verstärkt nach Erkenntnissen dazu gesucht, wie bestimmte Determinanten der Wohnumgebung individuelle Gesundheitsverhaltensweisen (z. B. KA) beeinflussen und beispielsweise eine Tendenz zu Übergewicht und/oder körperlicher Inaktivität triggern können [31]. Als Schlüsselelemente dieses sogenannten *adipogenen Umfelds (obesogenic environment*) werden u. a. Faktoren, wie Erreichbarkeiten und Entfernungen, die Wohndichte, Flächennutzungsmischungen oder auch sicherheitsrelevante Aspekte erforscht [32]. In der Vergangenheit hat sich der Fokus allerdings tendenziell von der Pathogenese, also der Untersuchung gesundheitsschädlicher Verhaltensweisen [33] und Umweltbelastungen [34] hin zu einer vermehrten Betrachtung protektiver Determinanten, im Sinne der Salutogenese, verlagert, und es ist eine Konzentration auf gesundheitsförderliche Aspekte, wie soziale Strukturen und förderliche Ressourcen der physischen Umgebung [35, 36], zu vermerken.

3.2 Kontext und Komposition

Bezüglich der Bedingungen des Lebensumfelds, in das Individuen eingebettet sind, und die sich sowohl protektiv als auch nachteilig auf die Gesundheit auswirken können, werden in der wissenschaftlichen Aufarbeitung Kontext- und Kompositionseffekten differenziert. Dabei weisen *Kontexteffekte* den Wirkeffekt gegebener Bedingungen des jeweiligen Raums selbst, wie örtliche Umwelt- und Klimabedingungen, Anteile von Grünräumen, aber auch kulturelle und politische Verhältnisse, Zugänglichkeit zu relevanten Ressourcen, usw., aus [37]. *Kompositionseffekte* hingegen beschreiben den Einfluss der Zusammensetzung der Bevölkerung. Dazu gehören beispielsweise aggregierte soziodemografische Aspekte, wie Berufs-, Einkommens- und Bildungsstand, aber auch Alters-, Geschlechts- und Migrationsanteile der Region, des Ortes oder der Nachbarschaft (Wohnumgebung) [38]. Sich verändernde Bevölkerungszusammensetzungen, etwa infolge internationaler Zuwanderung und damit einhergehender Zunahme kultureller Vielfalt,

Haushalts- und Familienformen werden, genauso wie steigende Einkommensunterschiede, mit sozialen Disparitäten assoziiert [39]. Diez Roux et al. ergänzen, dass sowohl Zu- als auch Fortzüge (inklusive der Binnenmigration) eine Veränderung der örtlichen Bevölkerungskomposition nach sich ziehen und damit die soziale Dimension beeinflussen können [20]. Obgleich Forschungsergebnisse immer wieder auch voneinander unabhängige Wirkungen für den Kontext und die Komposition feststellen [19, 40], wird argumentiert, dass insbesondere deren Zusammenspiel Effekte intensivieren und zu einer kumulierten Benachteiligung bestimmter Gruppen führen kann, was eine ganzheitliche Betrachtung und damit die Berücksichtigung der komplexen Wechselwirkungen erforderlich macht [41].

Allerdings wird im Zuge der Erforschung unabhängiger und zusammengenommener Einflüsse von Kontext und Komposition auch die limitierende Unsicherheit darüber hervorgehoben, wie viel Zeit eine Person tatsächlich an einem Ort, speziell in ihrer Wohnumgebung, verbringt und inwieweit andere Lokalitäten (z. B. Bildungs-, Arbeits-, Freizeit-, Einkaufsorte, etc.) bedeutsam sind [42]. So können sich die örtlichen Gegebenheiten (und damit Kontext und Komposition) nicht nur im Verlauf des Lebens, z. B. durch Verlagerungen des Wohnorts, sondern auch im Fortgang einer Woche oder eines Tages mitunter mehrfach ändern und damit auch eine Reihe unterschiedlicher Wege und Fortbewegungsmodalitäten umfassen. Folglich wird vorgeschlagen, Räume so zu definieren, dass spezifische Zwecke widergespiegelt und sogenannte *Aktivitätsräume* der Individuen berücksichtigt werden [42]. In diesem Zusammenhang untersuchten Xu et al. (2015) den zweckgebundenen Einfluss mehrerer Umgebungsfaktoren auf die individuelle Wahrscheinlichkeit, an Übergewicht zu erkranken auf zwei verschiedenen räumlichen Ebenen in Utah (USA) [43]. Für die Entfernung zu Parks stellten die Autor*innen auf Ebene der Postleitzahlen, für den Anteil an Fast-Food-Restaurants wiederum auf Bezirksebene signifikante Effekte fest, was sie zu der Annahme verleitete, dass das Bewegungsverhalten eher auf nahegelegene Parks anspricht, während für andere Interessen, wie das Erreichen des Fast-Food-Restaurants, weitere Entfernungen in Kauf genommen werden [43]. Auch der Autor eines Übersichtsartikels zur Wirkung von Umweltexpositionen auf die psychische Gesundheit empfiehlt, für umfassende Expositionsbewertungen sowohl die individuellen Mobilitätspfade im täglichen Aktionsradius, aber auch jene im Lebensverlauf zu erfassen

[44]. Thornton et al. konkretisieren überdies, dass die geografische Ausdehnung eines Aktivitätsraums ein individuelles Produkt der Umgebung (z. B. Nähe von Ressourcen) und Faktoren auf persönlicher Ebene (z. B. Alter) [45] sei. Allerdings lassen sich einige der genannten Aspekte anhand objektiver Indikatoren bzw. aufgrund der Dominanz des Querschnittdesigns der meisten Studien schwer messen, weshalb diese in einem Großteil der Forschungsarbeiten unberücksichtigt bleiben.

Die komplexen Wechselwirkungen verschiedener Einflussfaktoren sind auch bezüglich der Integration in theoretische Überlegungen und Modelle, in die nachfolgend eingeführt wird, relevant.

3.3 Theoretischer Rahmen

Räumliche Analysen in der Gesundheitsforschung können nicht nur die Frage nach dem *„wo?“*, sondern auch nach dem *„warum dort?“* beantworten. Bedauerlicherweise gibt es keine allgemeingültige und eindeutige Antwort auf die Frage nach den maßgeblichen Faktoren – besonders hinsichtlich der Richtung von Kausalitäten. Nachdem die gesundheitsbezogene Forschung sich lange Zeit hauptsächlich auf individuelle Aspekte, wie Demografie, Gesundheitszustand, psychologische, soziale und Lebensstilfaktoren [33] konzentrierte, wiesen einige Autoren darauf hin, dass auch Determinanten des Raums als potenzielle Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssten [34, 46, 47]. Zwar zeigen sich in einer isolierten Betrachtung bereits direkte Einflüsse spezifischer Umweltbedingungen (z. B. von Luft-, Boden- und Trinkwasserverunreinigungen oder klimatischen Belastungen) auf die Gesundheit. Daneben können jedoch auch indirekte (z. B. sozioökonomische) Effekte wirken, die nicht losgelöst von den erstgenannten betrachtet werden dürfen, da diese oftmals in oder aus negativen Selektionseffekten resultieren. Diese wechselseitige Beeinflussung wird beispielsweise in Forschungsarbeiten zur Umweltgerechtigkeit analysiert und diskutiert [48, 49]. In jedem Fall reicht es nicht aus, ausschließlich einzelne Einflüsse geltend zu machen, denn Determinanten der Umgebung haben selten einen unabhängigen Effekt, sondern beeinflussen einander und werden zudem durch die Individuen und deren Verhalten moderiert.

Mit der Verlagerung der primären Ausrichtung von Infektionskrankheiten hin zu den nichtübertragbaren Erkrankungen (NCD) im Zuge des epidemiologischen Übergangs, und damit einer Betrachtung der gesundheitlichen Gesamtbelastung (*Burden of disease*), werden inzwischen breitere Konzepte in die Forschung und Gesundheitspolitik einbezogen. Auf Basis verschiedener Indikatoren identifizierten beispielsweise die WHO und die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) Teilbereiche, die als unerlässlich für das Wohlergehen und die Lebensqualität der Menschen angenommen werden können [50, 51]. Zu diesen Indikatoren, die jeweils regelmäßig evaluiert werden, gehören sowohl materielle Lebensbedingungen (Wohnverhältnisse, Einkommen, Beschäftigung, etc.) als auch Aspekte, wie Gemeinsinn, Umwelt, politische Rahmenbedingungen, Gesundheit, Sicherheit, usw. [50, 51]. Gleichzeitig fordert eine derartige Betrachtung sowohl die Wahrnehmung der angesprochenen interagierenden Wirkmechanismen verschiedener Dimensionen, aber auch eine Auseinandersetzung mit theoretischen Konstrukten. Dazu gehört beispielsweise die definitorische Abgrenzung zwischen der räumlichen Dimension, die mit Koordinaten versehen und über Größe und Distanz klassifizierbar ist *(space,* Lokalität) von jener, die durch die Erfahrungen der Menschen definiert ist, und dem Raum eine Bedeutung zuweist (*place,* räumlicher Kontext*)* [52].

In den letzten Jahren wurden einige komplexe theoretische Modelle entwickelt, die versuchen, sich unter Einbezug zahlreicher Determinanten, einer umfassenden Beschreibung zu nähern. Der Großteil der Modelle basiert auf dem Rahmenkonstrukt von Bronfenbrenner (1979), nach dem die Art und Weise, wie Individuen ihre Umgebung (hier im Folgenden als Umwelt bezeichnet) wahrnehmen und sich darin verhalten, von mehreren Faktoren (Schichten bzw. verschiedenen Ebenen der Umwelt), die das Individuum umgeben, beeinflusst wird [53]. Diesen Annahmen zufolge wird der Einzelne zunächst von seinem sozialen Umfeld beeinflusst, das wiederum in die physische Umwelt eingebettet ist, die sich ihrerseits der politischen Umwelt unterordnet, wobei eine wechselseitige Beziehung zwischen den jeweiligen Ebenen unterstellt wird. Die konkreten Mechanismen, nach denen sich die Faktoren auf die Gesundheit auswirken, sind bis heute auf vielfältige Weise modelliert worden und, laut Sallis et al. (2015), dazu geeignet, zur Entwicklung umfassender Interventionen in der Prävention und Gesundheitsförderung beizutragen [54]. Das

Modell der Gesundheitsdeterminanten von Whitehead und Dahlgren (1991) [55] zeigt beispielsweise die allgemeine Position eines Individuums in Bezug auf die Unmittelbarkeit der Auswirkungen der Gesundheitsdeterminanten [55]. Demnach stehen die genetischen Faktoren neben den Individuen, umgeben von den individuellen Lebensstilfaktoren. Soziale und gemeinschaftliche Faktoren, die die nächste Ebene bilden, sind von Lebens- und Arbeitsbedingungen umgeben, die wiederum von sozioökonomischen, kulturellen und physischen Umweltbedingungen eingerahmt werden und sich – je nach räumlicher Position des Individuums – unterschiedlich stark wechselseitig beeinflussen, wobei die Autoren von einem bedeutsameren Einfluss der äußeren Schichten ausgehen. So kann beispielsweise die physische Umgebung, z. B. die Straßenanbindung, je nach Bevölkerungsgruppe (ältere oder jüngere Personen), unterschiedlich auf das gesundheitsbezogene Verhalten, wie z. B. KA, wirken.

Das in *Abbildung 2* dargestellte *humanökologische Modell der Gesundheitsdeterminanten im Siedlungsraum* nach Barton und Grant (2006) [56], das auf diesem Konzept aufbaut, weist insbesondere der bebauten Umgebung (z. B. öffentlichen Freiräumen, der sozialen Infrastruktur, Sicherheits- und Versorgungsaspekten) eine entscheidende Schlüsselfunktion in Bezug auf das individuelle Gesundheitsverhalten zu. Aus dem Modell lassen sich, neben individuellen (Lebensstil-) Faktoren, strukturelle Bedingungen des Lebensumfelds, wie (1) sozialräumliche Faktoren, (2) Faktoren des Zugangs und der Erreichbarkeit, (3) Determinanten der physischen Umgebung und (4) Klima- und Umweltfaktoren ableiten, die den theoretischen Rahmen für die Forschungsarbeiten dieser Dissertation definieren, insbesondere für die Strukturierung der Daten, die der Recherche nach geeigneten Datengrundlagen (*Artikel 1*) zugrunde gelegt wurden. Auch die empirische Arbeit (*Artikel 2*) analysiert Faktoren aus drei der vier genannten Dimensionen bezüglich dessen Einfluss auf die Teilnahme und den Verbleib von Personen in einer Interventionsstudie. Auf Basis der vorgestellten sozialökologischen Modelle wurde in letzten zwei Jahrzehnten eine Vielzahl potenzieller Faktoren ermittelt, die sich auf die individuelle Gesundheit auswirken können [57, 58] bzw. individuelle Verhaltensweisen mit einer Reihe kontextbezogener Merkmale in Beziehung setzen [46]. Einige, für diese Dissertation exemplarische Ergebnisse sollen im Folgenden thematisiert werden.

Abbildung 2: Humanökologisches Modell der Gesundheitsdeterminanten im Siedlungsraum

Quelle: Barton & Grant 2006 [56] nach Whitehead & Dahlgren 1991 [55], übersetzt von Baumeister et al. [59]

3.4 Forschungsstand

In diesem Kapitel wird die Bedeutung räumlicher Einflussfaktoren im Rahmen der vorab benannten vier Dimensionen beschrieben und jeweils relevante wissenschaftliche Erkenntnisse vorgestellt.

3.4.1 Sozialräumliche Faktoren

Örtlichkeiten, wie Wohnumgebungen (Nachbarschaften) inkludieren diverse soziale, kulturelle und wirtschaftliche Bedingungen. Der ökonomische Kontext vor Ort (z. B. die öffentliche Finanzlage einer Kommune) kann bereits ein Hinweis auf die Leistungsfähigkeit der Region zur Daseinsvorsorge sein. Zusammen mit der soziokulturellen Dimension und dem Sozialkapital (Gemeinschaftsgefühl, Zusammenhalt) kumuliert sich dies zum allgemeinen Lebensstandard, der gleichzeitig mit subjektiver Gesundheit assoziiert wird [20]. Zu den sozialen Faktoren gehören auch Aspekte, wie die Sicherheit im Straßenverkehr oder die Belastung durch Kriminalität und Gewaltverbrechen, die sich zum einen

auf die mentale Gesundheit [20], aber auch auf gesundheitsrelevante Verhaltensweisen, wie KA, auswirken können [60, 61]. Bezüglich der Wirkung lassen sich kontextuelle Bedingungen analytisch nur schwer vom Einfluss der sozioökonomischen und demografischen Komposition der Bevölkerung vor Ort trennen, insbesondere da deren räumliche Konzentration sich wiederum in Ungleichheiten verfestigen kann [20]. Fehlende Finanzmittel zur Versorgung mit Lebensmitteln und Wohnraum können nicht nur zur sozialen Exklusion ganzer Gruppen führen, sondern sich überdies in räumlicher Segregation manifestieren [62]. Letztere geht häufig mit ungleich verteilten Zugängen zu gesundheitsförderlichen physischen und sozialen Ressourcen einher. So verfügen sozial deprivierte Stadtteile nicht selten über weniger und qualitativ schlechtere Bedingungen für gesunde Ernährung und KA, die in der Folge in schlechteren Gesundheitsergebnissen, wie einer höheren Inzidenz von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, resultiert [63]. Auch zeigen Menschen, die in Stadtvierteln mit niedrigem sozioökonomischen Status (SES) leben, und damit vermehrt Stressoren (wie Kriminalität, Lärm oder beengten Wohnverhältnissen) ausgesetzt sind, ein höheres Risiko, psychisch zu erkranken [64]. Zahlreiche Studien stellen gesundheitliche Nachteile in Gebieten mit konzentrierter Armut fest – ungeachtet des individuellen Einkommens, des Alters, des Geschlechts, der Bildung oder dem grundlegenden Gesundheitszustand der Bewohner*innen [65].

Einige dieser Merkmale sind nicht nur direkt einflussgebend für eine Reihe gesundheitlicher Effekte, sondern wirken auch indirekt, z. B. infolge ungünstigerer Expositionsniveaus gegenüber belastenden Umwelteinflüssen, wie Luftschadstoffen oder Lärm [66-68]. Soziale Ungleichheit wird als ein Treiber für die damit in Zusammenhang stehende *Umweltungerechtigkeit* identifiziert [49]. Wie sich zuletzt zeigte, haben Menschen in sozioökonomisch deprivierten Regionen ein erhöhtes Risiko, schwer an COVID-19 zu erkranken und daran zu versterben [69]. Als Ursache dieses, als *synergistische Epidemie (Syndemie)* beschriebenen Phänomens [70], werden bestehende soziale Ungleichheiten in Lebens- und Arbeitsbedingungen benannt, die sich bereits bezüglich der Vorerkrankungen und damit in der Folge auch im Infektionsrisiko offenbaren [69].

Die sozioökonomische Situation vor Ort lässt sich über zahlreiche Indikatoren abbilden und in Gesundheitsstudien einbinden. Zur Messung haben sich, basierend auf Ansätzen zur Erfassung materieller [71] und sozialer Deprivation [72-74] in der Vergangenheit

multiple Indikatorensysteme etabliert, die u. a. die Einkommens-, Beschäftigungs-, Bildungs-, Sozialkapitals-, Umwelt- und Sicherheitssituation berücksichtigen [75]. Derartige sogenannten *Deprivationsindizes* liegen inzwischen auch adaptiert (und teilweise) erweitert für den deutschen Kontext vor [65, 74, 76].

3.4.2 Faktoren des Zugangs und der Erreichbarkeit

Die Zugänglichkeit zu gesundheitsförderlichen Ressourcen, wie medizinischen, sozialen oder kulturellen Dienstleistungen und Angeboten, gesunder Lebensmittelversorgung, Erholungsräumen, öffentlichen Verkehrsmitteln, aber auch zu einer qualitativen Infrastruktur für Fußgänger, Wanderer und Radfahrer, kann sich direkt auf die Gesundheit und gesundheitsbezogene Verhaltensweisens auswirken [35, 36, 77] und bei nicht optimaler Übereinstimmung zwischen Angebot und Nachfrage zu räumlicher und damit schließlich zu gesundheitlicher Ungleichheit führen [78]. In der Literatur zeigt sich allerdings wenig Konsens bezüglich einer einheitlichen Definition des Begriffs „*Zugang*“. Zahlreiche Autor*innen orientieren sich an den fünf Dimensionen, die Penchansky et al. (1981) für den Zugang definieren: Verfügbarkeit, Erreichbarkeit, Organisation, Bezahlbarkeit und Akzeptanz [79]. Während nach diesem Konzept nur die ersten beiden Dimensionen geografische Faktoren, die weiteren hingegen eher soziale Hindernisse beschreiben, fassen Guagliardo et al. ausschließlich geografische Faktoren zur „*spatial accessibility*“ (räumliche Erreichbarkeit) zusammen [80]. Cummins et al. ergänzen überdies u. a. den Einfluss sozialer Netze und politischer Regulierung auf den Zugang [81]. Folglich umfasst die Begrifflichkeit des Zugangs im Mindesten die *generelle Verfügbarkeit* bzw. das *Vorhandensein* relevanter Ressourcen als auch deren *Erreichbarkei*t, wobei Letztere ein Produkt aus Mobilität und Entfernung beschreibt [82].

Der Großteil der Erreichbarkeitsmodellierungen, die in der Vergangenheit für die Untersuchung von Raum und Gesundheit eingesetzt wurden, inkludiert üblicherweise Metriken wie Reisedistanzen [83], Reisezeiten, die zusätzliche Bedingungen berücksichtigten, [78] oder auch die Erfassung relevanter Ziele innerhalb eines bestimmten Bereichs um einen definierten Ort [84]. Als Limitation derartiger Berechnungen wird allerdings die mögliche Verzerrung angeführt, die daraus resultiert, dass Modellierungen überwiegend auf Grundlage eines einzigen Referenzortes (meist dem Wohnort) vorgenommen werden und

dabei die bereits in *Kapitel 3.2* angedeuteten raumzeitlichen Zwänge, wie individuelle geografische Positionswechsel zwischen Wohnort, Arbeitsplatz, Schule, Einkaufstätte, etc., im Tageslauf ignorieren [85]. Ein weiterer methodischer Ansatz, der sich überwiegend (aber nicht ausschließlich) auf die Angebotsseite konzentriert, ist die Einzugsgebietsanalyse, anhand der sich beispielsweise Verfügbarkeiten und Verteilungen von Gesundheitsversorgungseinrichtungen im Hinblick auf den Bedarf bewerten [86] und gegebenenfalls Ungleichheiten durch Standortoptimierungen verringern lassen können [87]. Im Rahmen der Bedarfs- bzw. Standortplanung von Gesundheitsversorgungseinrichtungen und medizinischen Leistungserbringern spielt zusätzlich, neben Fragen des Zugangs und der Erreichbarkeit, vermehrt auch die regionale Erkrankungslast, u. a. gemessen an regionalen Prävalenzen chronischer Erkrankungen, eine Rolle [88].

Die Bedeutung der geografischen Verteilung und räumlichen Dichte für den Zugang bzw. die Erreichbarkeit zeigt sich an der in der Forschung etablierten Fokussierung auf die sogenannten „*3 D*“ – *Density, Diversity und Design* – nach Cervero et al. (1997) [89]. Entsprechende Forschungsarbeiten deuten auf Ungleichheiten in der Verteilung gesundheitsrelevanter Ressourcen hin. Demnach zeigt sich insbesondere in sozial benachteiligten Stadtteilen häufig ein Unterangebot gesunder Lebensmittelversorgungseinrichtungen und stattdessen eine hohe Dichte an Fast-Food-Lokalen, die jeweils Anreize für ein ungesundes Ernährungsverhalten bieten [90, 91]. Auch eine Häufung von Lebensmittelgeschäften in der Nähe von Schulen wird beobachtet und mit dem *obesogenic environment (siehe Kapitel 3.1)* in Verbindung gebracht [92]. Überdies gibt es Hinweise darauf, dass das Ausmaß von Gewalt in städtischen Vierteln mit der Verteilung und Dichte von Alkoholverkaufsstellen zusammenhängt [93].

Je nach individuellen Opportunitätskosten (Zeitbudget und/oder finanzieller Erschwinglichkeit der Transportkosten) werden größere Entfernungen als Hemmnisse bei der Inanspruchnahme medizinischer Versorgung ausgemacht [94]. Dies betrifft insbesondere suburbane und ländliche Gegenden, die angesichts mangelnder Verfügbarkeiten vor Ort, und folglich bezüglich des erforderlichen Aufwands für den Zugang, benachteiligt sind [95]. Für Frauen in sozioökonomisch deprivierten Gegenden werden beispielsweise Barrieren berichtet, Einrichtungen zu erreichen, die ein Mammografie-Screening anbieten [96].

Auch gesellschaftliche Partizipation und Teilhabe, Faktoren, denen aufgrund ihrer salutogenen Schutzfunktion eine enorme Bedeutung zukommt [97], setzen die Verfügbarkeit und räumliche Nähe von Sozialisierungsmöglichkeiten, wie Parks, Freizeiteinrichtungen, Bibliotheken und adäquate Zugänge durch z. B. eine entsprechende Verkehrsinfrastruktur voraus.

Für das Zufußgehen oder Radfahren zur Fortbewegung werden nicht nur die reine Distanz zu relevanten Zielen, sondern auch die Straßenanbindung und die Direktheit der Wege als ausschlaggebende Faktoren angenommen [98, 99], da diese sowohl die Effizienz und Attraktivität der Strecke als auch das Sicherheitsgefühl beeinflussen können [100-102]. Mehrere Studien [103, 104] bringen eine große Nähe (und damit gute Zugänglichkeit) zu Parks und Grünflächen mit einem gesteigerten Bewegungsverhalten Erwachsener in Zusammenhang. Auch in Studien, die das gesundheitsrelevante Verhalten von Kindern untersuchten, wurden ein gut angebundenes Straßennetz, eine angemessene Infrastruktur für sicheres Gehen und Radfahren sowie geringe Entfernungen zwischen relevanten Orten, wie Schulen oder Parks, als gesundheitsförderlich identifiziert [105, 106]. Überdies kommen die Autoren einer Längsschnitt-Kohortenstudie zu dem Schluss, dass Kinder, die Parks oder Spielplätze leicht erreichen können, weniger wahrscheinlich einen signifikanten Anstieg des bereits erreichten Body-Maß-Index (BMI) erfahren [107].

Grundsätzlich sind die örtlichen Bedürfnisse bezüglich des Zugangs und der Erreichbarkeit unter dem Gesichtspunkt der – regional unterschiedlich weit fortgeschrittenen – demografischen Alterung zu betrachten. So werden beispielsweise große Entfernungen, unzureichende Zugänglichkeiten oder fehlende Transportmöglichkeiten vor allem für ältere Menschen als Hindernisse für die Teilnahme an sozialen Aktivitäten [108] oder Bewegungsangeboten [109] ausgemacht.

3.4.3 Bedeutung der physischen Umgebung

Zu den etablierten Indikatoren zur Beschreibung der physischen Umgebung, der eine hohe Bedeutung für die körperliche und mentale Gesundheit, für Lebensqualität und Wohlbefinden zugeschrieben wird [110], gehören u. a. Qualität und Charakter natürlicher und bebauter Räume sowie die Vielfalt der Nutzungsmischung, also das Verhältnis von

Freiräumen, Verkehrsflächen, Gebäuden und wichtigen Versorgungsstrukturen. Besonders der Anteil von Grünflächen in der individuellen Wohnumgebung steht im Mittelpunkt vieler Studien. Eine aktuelle Metaanalyse deutet auf eine schützende Wirkung von Grünflächen in Wohngebieten gegenüber dem Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen hin [111]. Auch Maas et al. stellten in ihrer Studie eine negative Korrelation der Morbidität mit dem Umfang der objektiv gemessenen Grünflächen in der Umgebung der Hausarztpraxis der Studienteilnehmer*innen fest [112]. Die große Bedeutung von Grünflächen als wichtige Gesundheitsressource zur Förderung von Bewegung, mentalem Ausgleich, und als wichtiger Sozialisierungsort zur Bekämpfung sozialer Isolation wird seit Beginn der COVID-19-Pandemie verstärkt untersucht und bestätigt. So belegen beispielsweise die Ergebnisse einer systematischen Literaturauswertung, dass die Exposition gegenüber der Natur während der Pandemie mit weniger Depressionen, Ängsten und stattdessen mehr Lebenszufriedenheit, weniger körperlicher Inaktivität und Schlafstörungen verbunden war [113]. Darüber hinaus unterstreichen aktuelle Erfahrungen mit Extremwetterereignissen die Relevanz örtlicher Grün- und Freiflächen für den klimatischen Ausgleich, die Abmilderung der Auswirkungen von Starkregen, Hitze und Trockenheit sowie für die Luftqualität in der Wohnumgebung. Eine baumreiche Umgebung trägt durch die Absorption der Luftschadstoffe Schwefeldioxid und Feinstaub nachweisbar zu einer höheren Lebenserwartung und weniger Krankenhauseinweisungen vor Ort bei [114]. Dementgegen können, besonders in stark und dicht bebauten urbanen Gegenden, Straßen-, Schienen- oder Luftverkehrslärm das allgemeine Wohlbefinden [115], die psychosoziale Konstitution (Depressionen, Angsterkrankungen und Schlafstörungen) [116-118] und die Entstehung von Bluthochdruck und Herzinfarkt [119, 120] negativ beeinflussen.

In der Forschung wird nicht nur der Effekt der Komposition der physischen Nachbarschaftsumgebung im Hinblick auf die generelle Gesundheit, sondern auch auf gesundheitsrelevante Verhaltensweisen untersucht. Derartige Betrachtungen konzentrieren sich auf alle physischen Räume, die Möglichkeiten für KA, Sozialisierung und Stressminderung bieten, wie z. B. Sportanlagen, Spielplätze, natürliche oder halbnatürliche (angelegte) Grün- und Blauräume, qualitative Fuß- und Radwege [121]. Die örtliche Beschaf-

fenheit der physischen Umgebung ist untrennbar mit den im vorherigen Kapitel eingeführten Faktoren der Zugänglichkeit und Erreichbarkeit im Rahmen der „*3 D*“ verbunden. Insbesondere die fußläufige Zugänglichkeit gesundheitsrelevanter Ressourcen der physischen Umgebung, wie Parks und Grünflächen, spielt eine entscheidende Rolle bei der Schaffung gesunder Umgebungen. Dementsprechend soll eine vielfältige örtliche Flächennutzung („**D**iversity“) zu kürzeren Distanzen und einem besseren – bestenfalls fußläufigen – Zugang führen, damit u. a. die KA erhöhen und in der Folge das Risiko von Fettleibigkeit und damit verbundenen Krankheiten vermindern [89]. Eine beträchtliche Anzahl von Studien untersuchte bislang den Zusammenhang zwischen der physischen Wohnumgebung und dem Ausmaß der KA [60, 122, 123], wobei die Wohndichte (üblicherweise definiert als Anzahl der Wohneinheiten pro Flächeneinheit) als entscheidende Größe in diesem Zusammenhang am häufigsten herangezogenen wird [124]. Eine höhere Wohndichte tritt tendenziell dort auf, wo Straßennetze stärker miteinander verbunden sind und Flächen gemischter genutzt werden [89]. Die Vermutung ist, dass eine hohe Wohndichte das Sehen körperlich aktiver Menschen wahrscheinlicher macht und damit die eigene KA motiviert [124]. Gleichzeitig wird allerdings auch befürchtet, dass Maßnahmen zum Schutz vor schädlichen Umweltverschmutzungen, wie die Trennung von Wohn- und Industriegebieten, die Flächennutzungsmischung verringert und damit unbeabsichtigt zur derzeitigen Adipositas-Epidemie beigetragen haben könnten [125]. Zudem sind viele Länder in den letzten Dekaden mit einer starken Zunahme der Zersiedlung konfrontiert, was mit einer erheblichen Verlagerung der Mobilität auf den motorisierten Individualverkehr und damit auch einem Rückgang der KA [126], einem Anstieg der Verkehrstoten [127] und gleichzeitig steigendender Luftverschmutzung einhergeht [128, 129]. Umso bedeutsamer sind Geh- und Radfahrmöglichkeiten als Formen der aktiven Fortbewegungen oder im Rahmen der Freizeitgestaltung.

Dass körperliche Aktivität vor allem dann motiviert wird, wenn adäquate Wege dies erleichtern, konnten die Ergebnisse einiger Studien bereits zeigen [60, 130]. Aus diesem Grund ist die sogenannte *Walkability*, die das Ausmaß quantifizieren soll, in dem sich ein Ort für das Gehen und Radfahren anbietet, von besonderem Interesse. Zur Messung dieser wurden in den letzten zehn Jahren Instrumente in verschiedenen räumlichen Maßstäben und Umgebungen für eine Vielzahl von Bevölkerungsgruppen konzipiert, wobei bislang

wenig Einigkeit über die geeignetste Methodik besteht. Frank et al. erkannten im Jahr 2010 zwar eine positive Assoziation objektiv gemessener Nutzungsmischung, Wohndichte und Straßenanbindung in der Nachbarschaft mit dem objektiv gemessenen Umfang täglicher KA, stellten aber eine räumliche Variation der Maßstäbe fest [131]. Um zu vermeiden, den Einfluss jedes einzelnen Faktors zu ermitteln, komprimierten die Autor*innen die Faktoren zu einem einzigen Maß – dem ersten *Walkability Index*, der zudem mehr Varianz bezüglich der KA erklären konnte als jeder einzelne Faktor für sich. Inzwischen bestätigen Untersuchungen in mehreren Ländern (z. B. im Rahmen der IPEN[5]-Studien) die positiven Zusammenhänge derartiger Maße mit der KA [100, 133, 134]. Allerdings gibt es auch Anzeichen dafür, dass der Vorteil einer hohen Walkability, Konnektivität und Dichte den gesundheitlichen Vorteil, der durch die vermehrte KA entsteht, durch die gleichzeitig steigende Luftbelastung mindert [135]. So geht eine hohe Straßendichte mit einer Zunahme motorisierten Verkehrs – einer der Hauptquellen für Luftverschmutzung – einher [128, 129]. Auf (weitere) umweltbedingte Belastungen der räumlichen Umgebung soll im Folgenden näher eingegangen werden.

3.4.4 Klimatische und umweltbedinge Einflüsse

Der aktuelle, auf über 40 Indikatoren basierende, von global führenden Institutionen erstellte, jährliche *Lancet Countdown on Health and Climate Change* benennt die fortschreitende Klima- und Umweltkrise als größte globale Gesundheitsbedrohung des 21. Jahrhunderts [136]. Bereits die im Jahr 1968 im Rahmen der Internationalen Konferenz zur Gesundheitsförderung veröffentlichte *Ottawa Charter for Health Promotion* stellte Umweltrisiken, also physikalische, chemische und biologische Faktoren, die von außen auf Personen einwirken, als einen bedeutsamen Einflussfaktor für die menschliche Gesundheit heraus [137]. Von diesen gilt die Luftverschmutzung als Ursache für Krankheiten mit der größten Krankheitslast, wie Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen [138] als auch Krebserkrankungen [139], sowie der durch Tod oder gesundheitliche Einschränkungen verlorenen Lebensjahre (DALYs) [50]. Gleichzeitig wird die Luftverschmutzung negativ mit der Lebensqualität [140] und dem subjektiven Wohlbefinden

[5] Die Erwachsenen-Studie des International Physical Activity and the Environment Network Adult (IPEN) umfasst Daten aus zehn Ländern unter Verwendung eines gemeinsamen Forschungsprotokolls [132].

[141] in Verbindung gebracht. Negative Gesundheitsfolgen ergeben sich überdies infolge von Wasserverunreinigungen (z. B. durch Pestizide, Antibiotika, Hormone oder Schwermetalle) [142, 143], aber auch infolge von Bodenverunreinigen, die Schadstoffanreicherung in Lebensmitteln nach sich ziehen und damit indirekt Einfluss nehmen [144]. Dass auch Umwelteinflüsse nicht isoliert von demografischen und sozioökonomischen Faktoren sowie von Determinanten des Zugangs und Erreichbarkeit betrachtet werden sollten, wurde bereits aufgezeigt. Im Rahmen des Erklärungsansatzes der Umweltgerechtigkeit wird immer wieder verdeutlicht, dass gesundheitsbeeinträchtigende Umwelteinflüsse vor allem benachteiligte Bevölkerungsgruppen treffen bzw. vermehrt in sozial deprivierten Räumen auftreten [145]. Die Qualität der örtlichen Verkehrsinfrastruktur, aber auch die Einwohner- und Bebauungsdichte haben wiederum nicht nur Auswirkungen im Kontext der Dimensionen *Zugang und Erreichbarkeit,* sondern gleichzeitig auf die Emissionen von Luftschadstoffen und örtliche klimatische Verhältnisse.

Aufgrund der dramatischen Anzeichen der Auswirkungen des Klimawandels werden auch klimabedingte Gesundheitseffekte derzeit verstärkt beobachtet und diskutiert. Die erheblichsten Gesundheitsfolgen, die Nicht-Entwicklungsländer betreffen, werden aufgrund zunehmender Hitzeexpositionen erwartet [146, 147]. Diese ergeben sich sowohl aus der Temperaturhöhe und der steigenden Anzahl heißer Tage, aber auch infolge dadurch bedingter höherer Belastungen mit Luftschadstoffen (z. B. Ozon und Feinstaub[6]) [148]. Auch für Deutschland belegen Zeitreihendaten negative Zusammenhänge zwischen Hitzeereignissen und der allgemeinen Gesundheit (2018–2020) [13] und Mortalität (1991- 2021) [149]. Eine aktuelle Hochrechnung des Statistischen Bundesamtes weist für Juli 2022 sogar eine noch höhere Sterblichkeit (12 % über dem Median der Jahre 2018 bis 2021) aus, die vor allem aus der außergewöhnlich langen Hitzeperiode, verbunden mit sehr hohen Temperaturen, resultiert [150]. Neben der hohen Belastung für das Herzkreislaufsystem führen heiße Sommer zu einem Anstieg der Neuerkrankungen durch UV-Strahlen (Hautkrebs) und zu einer schlechteren Wundheilung [144].

[6] Die erhöhte Belastung ergibt sich als Folge geringerer Luftzirkulation.

Die globale Erwärmung hat auch zu einem vermehrten Forschungsinteresse an den Zusammenhängen zwischen Klima und KA geführt. So identifizierten beispielsweise Tukker et al. schlechtes oder extremes Wetter als Hindernis für die Teilnahme an KA in verschiedenen Bevölkerungsgruppen [151]. Stamatakis et al. stellen Assoziationen der gestiegenen durchschnittlichen Umgebungstemperatur mit der Zunahme sitzenden Verhaltens fest [152]. Allerdings üben klimatische Veränderungen nicht nur einen direkten Einfluss aus, sondern triggern sowohl internationale Wanderungsbewegungen als auch jene innerhalb nationaler Grenzen [153]. Hinzu kommt, dass die sich verändernden Klimabedingungen die Übertragungsmöglichkeiten für viele durch Wasser, Luft, Lebensmittel und Vektoren übertragene Krankheitserreger erhöhen [154]. In diesem Zusammenhang werden in Europa und Süddeutschland seit einigen Jahren u. a. die Ausbreitung durch Stechmücken übertragener Krankheiten [155], aber auch die Ausweitung der Frühsommer-Meningoenzephalitis-Risikogebiete [156] beobachtet. Laut einem im Juli 2022 erschienen Review von 830 Studien nehmen mehr als die Hälfte der Infektionskrankheiten in ihrer Häufigkeit oder Schwere aufgrund von Erwärmung, Dürren, Starkregen oder Überflutungen zu [157]. Dazu addieren sich Verletzungen durch schwere Stürme, Atemwegserkrankungen durch Schimmelpilze aufgrund von Überschwemmungen sowie längerfristige Auswirkungen auf die mentale Gesundheit [158]. Für Allergiker*innen begünstigt der Klimawandel überdies Beeinträchtigen durch verlängerte Pollenflugphasen [144]. Schlussendlich können Unwetter oder länger anhaltende Wetterlagen kurz- und langfristige versorgungsrelevante Folgen mit sich bringen und beispielsweise zur Überlastung oder gar zum Ausfall notwendiger (Gesundheits-) Infrastrukturen führen [158]. Regional ist die Alterung der Gesellschaft (und damit der Anteil besonders vulnerabler Gruppen, insbesondere mit Blick auf die Hitzeexposition, unterschiedlich weit fortgeschritten und erfordert entsprechend regional angepasste Maßnahmen.

.

4. Beschreibung und Einordnung der Einzelarbeiten

Dieses Kapitel stellt die jeweiligen Hintergründe, Zielstellungen, Methoden und Ergebnisse der einbezogenen eigenen Forschungsartikel in komprimierter Form dar. Herausgearbeitet ist zudem der jeweilige Wert der Einzelarbeiten für die übergreifend konkretisierten Gesamtzielstellungen. Detailliertere Ausführungen sind den jeweiligen Veröffentlichungen zu entnehmen. Alle Arbeiten sind verbunden mit den vorab beschriebenen Hintergründen, Konzepten und Theorien.

4.1 Überblicksartikel: (*Artikel 1*)

4.1.1 Kurzbeschreibung

Hintergrund und Zielstellung

Mit der Überblicksarbeit aus dem Jahr 2021 [159] wurde das Ziel verfolgt, den Zugang und die Verfügbarkeit aktuell für die Betrachtung von Raum und Gesundheit zur Verfügung stehende offene Datenangebote in Deutschland - also jene, die barrierefrei, ohne technische und rechtliche Einschränkung genutzt und weiterverbreitet werden dürfen (siehe dazu *Tabelle 1*) – abzubilden. Zu diesem Zweck wurden bedeutsame Determinanten/Indikatoren, orientiert an theoretischen Rahmenmodellen, wie dem sozialökologischen Modell [56], identifiziert und die Verfügbarkeit relevanter Daten auf verschiedenen administrativen Ebenen überprüft.

Methodik

Methodisch basierte die Suche nach relevanten Daten und deren Zugängen sowohl auf umfangreichen Webrecherchen als auch auf dem Nachverfolgen von Verweisen auf themenrelevanten Webseiten, Katalogen und Datenportalen. Für die Ergebnisdarstellung wurden bereits vorhandene, offen zur Verfügung gestellte, allgemeine Übersichten zu offenen Daten (u. a. in Form von Webvisualisierungen)[7] auf den eigenen Themenschwerpunkt angepasst und entsprechend der eigenen Resultate erweitert.

[7] Open Data Atlas: http://opendata.tursics.de/, Open Data Portal von OpenGeoEdu https://portal.opengeoedu.de/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

Tabelle 1: Kriterien offener Daten

Kriterium	***Beschreibung der Anforderungen***
Vollständigkeit	so vollständig wie möglich, soweit dies die Regelungen zum Datenschutz zulassen; möglichst im Rohformat, inklusive beschreibender Metadaten
Primärquellen	aus Ursprungsquellen, mit Informationen zur Erhebung und Aufbereitung
Zeitliche Nähe	Veröffentlichung zeitnah zur Entstehung oder Aktualisierung der Daten
Leichter Zugang	Vermeidung/ Minimierung von Hindernissen, z. B. durch technische Probleme, Dateiformate, fehlende Metadaten, organisatorisch Barrieren (z. B. Pflichtregistrierung), rechtliche Vorgaben
Maschinenlesbarkeit	Verwendung einheitlicher, maschinenlesbarer Formate
Diskriminierungsfreiheit	Zugriff ohne zeitliche Restriktionen oder notwendige Registrierungen, keine Einschränkung auf ausgewählte Softwareanwendungen
Verwendung offener Standards	Verwendung von Formaten, die nicht nur von ausgewählten Programmen gelesen und verarbeitet werden können, keine Notwendigkeit der Abführung von Lizenzkosten an Software-Hersteller
Nutzungsbestimmungen/ Lizenzierung	klare und einheitliche Nutzungsbedingungen, eindeutig sichtbare Lizenz, die Nutzungsvoraussetzungen festlegt
Dauerhaftigkeit	permanente Verfügbarkeit, nachvollziehbare Dokumentation von Änderungen, Aktualisierungen und Löschungen mit Versionskontrolle und Archivierung
Nutzungskosten	keine Bereitstellung gegen Entgelt

Quelle: Eigene Darstellung nach Sunlight Foundation (2010) [160]

Zentrale Ergebnisse

Die Ergebnisübersicht, die u. a. als webbasierte Kartendarstellung[8] konzipiert sowie als offenes Datenset in einem Repositorium [161][9] veröffentlicht wurde, zeigt eine starke Heterogenität - sowohl bezüglich des Umfangs verfügbarer, interessierender Daten, aber auch hinsichtlich der technischen und rechtlichen Offenheit der angebotenen Informationen sowie Datenlücken für kleinräumige und flächendeckende Analysen. Das Fehlen einheitlicher regulatorischer Rahmenbedingen (Nutzungsbestimmungen), unterschiedliche,

[8] Eigene Webvisualisierung „Open Health Map“: https://sciencemap.github.io/Open-Data-for-Health/#6.5/51.201/11.792 [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

[9] Open data for spatial public health research im Dryad Repository : https://doi.org/10.5061/dryad.djh9w0w1f [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

teils nicht-offene Datenformate sowie Schwierigkeiten bezüglich der generellen Auffindbarkeit entsprechender Daten stellen sich als die größten Hemmnisse für die Weiternutzung heraus.

4.1.2 Wert der Arbeit für die übergeordnete Forschungsfrage

Der Wert der Arbeit für die übergreifenden Forschungsfragen ergibt sich zum einen aus der Ausarbeitung grundlegender Hintergründe, wie den Prinzipien offener Daten und der Darstellung potenziell relevanter Datenressourcen, der für diesen Untersuchungskontext bislang nicht vorliegt. Dies inkludiert auch einen theoretischen Überlegungen folgenden Überblick, welche Daten für die raumbezogene Public Health-Forschung grundsätzlich von Bedeutung sein können (wie auch abgebildet in *Kapitel 3*). Überdies tragen die Ergebnisse zu wertvollen Erkenntnissen bezüglich prinzipiell vorhandener Potenziale, aber auch nach wie vor bestehender Hindernisse und Notwendigkeiten bei, die die Wahrnehmung der Bedeutung der Datenöffnung bzw. die Diskussion um grundlegende Voraussetzungen für eine bedarfspezifische Weiternutzung unterstützen können.

4.2 Empirische Arbeit (*Artikel 2*)

4.2.1 Kurzbeschreibung

Hintergrund und Zielstellung

Dass die Betrachtung des räumlichen Umfelds auch in der Interventionsforschung relevant sein kann, soll der zweite Artikel [162] exemplarisch darstellen. Die Arbeit setzt auf bisherigen - in *Kapitel 3.4* bereits angedeuteten - Forschungsergebnissen auf, die erkennen lassen, dass Bedingungen der individuellen Wohnumgebung die Teilnahme älterer Menschen an lokalen Sport- und Bewegungsangeboten, aber auch sozialen Gemeinschaftsaktivitäten beeinflussen können [163, 164]. Bekannt ist beispielsweise, dass Probleme bezüglich des Zugangs (z. B. durch eine begrenzte Verfügbarkeit öffentlicher Verkehrsmittel) [165, 166], der Erreichbarkeit (z. B. durch große Entfernungen) [167, 168] oder auch finanzielle Aufwände (z. B. Fahrtkosten) [108] die Teilnahmebereitschaft an gemeinschaftsbasierten Aktivitäten vermindern können. Auch die Komposition der individuellen Nachbarschaft kann eine Rolle spielen. So identifizieren einige Studien ein hö-

heres Risiko für ein vorzeitiges Verlassen begonnener Bewegungsprogramme für Personen, die in Gegenden mit einem niedrigem und mittlerem SES leben [169, 170]. Ein Kontextfaktor, der sich nach den Erkenntnissen systematischer Übersichten auf die Mobilität des Einzelnen im Alltag auswirkt, ist das Wetter [151, 171]. Besonders ältere Menschen sind im Vergleich zu jüngeren Altersgruppen anfälliger für witterungsbedingte Faktoren [172] und ändern, vermeiden oder verschieben tägliche Aktivitäten mit größerer Wahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von aktuellen, örtlichen Wetterbedingungen [173-175]. Vor allem Niederschläge scheinen nicht nur den aktiven Transport (Zufußgehen, Radfahren), sondern auch den motorisierten Verkehr zu beeinträchtigen [176, 177].
Vor dem Hintergrund der Frage, wie Programme zur Förderung gesunden Alterns organisiert sein sollten, um die Akzeptanz und damit die Wirksamkeit in der Zielgruppe der Älteren zu erhöhen, wurde in dieser empirischen Forschungsarbeit in erster Linie der Einfluss oben genannter ökologischer, aber auch individueller und studienbezogener Faktoren untersucht. Im Fokus stand demnach die Untersuchung, ob z. B. die räumliche Entfernung zu den Programmorten, die sozioökonomische Komposition der Nachbarschaft, aber auch jeweilige örtliche Wetterbedingen sowie Ferienzeiten und Feiertage die Teilnahme und den Verbleib in einer Interventionsstudie zur Steigerung der KA voraussagen können.

Methodik

Die Auswertungen basieren auf Daten einer Studie zur Bewegungsförderung unter älteren Erwachsenen (PROMOTE) [178, 179], zu der in den Jahren 2016 und 2017 insgesamt 8.299 Erwachsene aus Bremen und Niedersachsen, im Alter von 65 bis 75 Jahren, eingeladen wurden. Von diesen wurden schließlich 589 Teilnehmer*innen nach dem Zufallsprinzip einer von zwei Interventionsgruppen (IG) oder einer Wartelistenkontrollgruppe (WLKG) zugewiesen. Teilnehmende wurden aufgefordert, ein speziell für diese Zielgruppe erarbeitetes Trainingsprogramm selbstständig, auf Basis des bereitgestellten web- oder printbasierten Programmmaterials, umzusetzen und ihre Aktivitäten in einem Bewegungstagebuch (beide IGs) und einem Aktivitäts-Tracker (nur IG2) zu überwachen. Der WLKG wurde das Programmmaterial erst nach Abschluss der Studie zur Verfügung gestellt. In den IGs sollten begleitend, über einen Zeitraum von zehn Wochen, wöchentliche

90-minütige Bewegungsveranstaltungen absolviert werden, die am Studienort von Mitarbeiter*innen des Studienteams angeleitet wurden. Tiefergehende Beschreibungen des Studiendesigns und der Interventionskomponenten sind dem Studienprotokoll [178] zu entnehmen.

Neben den Daten und Metadaten (aus) der Studie selbst, wurden verschiedene externe Datenressourcen herangezogen, um die potenziellen ökologischen Einflüsse in die Analysen zu integrieren. Da Kompositionsindizes zur Bewertung regionaler sozioökonomischer Deprivation (siehe *Kapitel 3.3.1*) dazu neigen, differentielle Korrelationen zu verschleiern [180], und sich überdies in den vorliegenden Daten kaum Heterogenität erkennen ließ, wurden für diese Studie Informationen aus der Sozialhilfestatistik der Statistischen Landesämter Bremen und Niedersachsen als Proxy operationalisiert, um die sozioökonomische Komposition der Nachbarschaft abzubilden. Zur Messung der räumlichen Nähe wurden die Wohnadressen der Teilnehmenden, sowie die Studien- bzw. Interventionsstandorte geokodiert und Daten zum Wegenetzwerk (lineare Merkmale, wie Straßen und Fußwege) aus dem freien Kollaborationsprojekt *OpenStreetMap* (OSM) extrahiert. Mithilfe des Netzwerkanalysetools innerhalb der freien Geoinformationssystemsoftware QGIS 3.2.3. konnten anschließend die Entfernungen auf Grundlage des kürzest möglichen Weges berechnet werden. Tagesgenaue lokale Wetterdaten (Temperatur, Windstärke und Niederschläge) wurden den öffentlich zugänglichen Datenbanken des DWD entnommen. Informationen zu nationalen Feiertagen und lokalen Schulferien für die Jahre 2016 und 2017 in Deutschland entstammen der Website *schulferien.org.* Survivalanalysen und Cox-Regressionsmodelle dienten schließlich der Bestimmung von Prädiktoren für die Teilnahme und den Verbleib im Interventionsprogramm. Anwesenheitsraten in den wöchentlichen Präsenzveranstaltungen wurden im Hinblick auf signifikante Wetterbedingungen, Ferienzeiten und Feiertage untersucht.

Zentrale Ergebnisse und Einordnung

Der Großteil der *Nonresponse*-Fälle in Bezug auf die Einladung zur Teilnahme zeigte sich bei Personen, die in Umgebungen mit einem sehr hohen kommunalen SES-Niveau lebten. Überdies verließen Teilnehmende aus suburbanen Gebieten die Studie seltener

vorzeitig als jene mit innerstädtischem Wohnsitz. Es ist anzunehmen, dass der motorisierte Individualverkehr in diesen Umgebungen dominiert, wie frühere Studien nahelegen [181, 182], und die Erreichbarkeit daher weniger ein Hindernis darstellt. Eine andere Erklärung, die von einer kürzlich durchgeführten systematischen Übersichtsarbeit unterstützt wird, sind möglichweise begrenzt zur Verfügung stehende Bewegungsprogramme und -kurse in Vorstädten, die die Notwendigkeit, vorhandene Angebote – selbst bei größeren individuellen Anstrengungen – zu nutzen, erhöhen [109]. Wie bereits in einer ähnlichen Untersuchung [183] erwiesen sich ökologische Determinanten in dieser Studie nicht als signifikante Einflussfaktoren für den Verbleib in der Studie, wohingegen sich bestimmte individuelle Variablen (Bildungsstand, subjektiver Gesundheitszustand) und studienbezogene Faktoren (Studiensetting und Interventionsgruppe) als prädiktiv herausstellten.

4.2.2 Wert der Arbeit für die übergeordnete Forschungsfrage

Die im Jahr 2022 publizierte Arbeit soll im Rahmen der übergeordneten Ziele der Dissertation die Nutzung verschiedener ökologischer (insbesondere raumbezogener) Daten aus verschiedenen Quellen als auch die Verknüpfung mit Studiendaten (*Data Linkage*) an einem praktischen Beispiel demonstrieren. Zudem tragen die Erkenntnisse bezüglich des Zugangs zu und der Arbeit mit den verschiedenen Daten zur Gesamtbeurteilung bei, wie sie in den *Kapiteln 5 und 6* dargelegt und diskutiert werden.

4.3 Systematic Review (*Artikel 3*)

4.3.1 Kurzbeschreibung

Hintergrund und Zielstellung

Die grundsätzliche Relevanz der Wohnumgebung für die allgemeine physische und psychische Gesundheit sowie für das gesundheitsrelevante Verhalten wurde bereits in *Kapitel 3* beschrieben. Insbesondere für die Gesundheit älterer Menschen ist ein förderliches Lebensumfeld ein Schlüsselfaktor, da dieses u. a. nachweislich die KA, der ein entscheidender protektiver Einfluss im Hinblick auf altersbedingte Krankheiten zugeschrieben wird [184-186], beeinflusst. Mittels objektiv als auch subjektiv erfasster Determinanten der Wohnumgebung wurden in der Vergangenheit Assoziationen mit dem Grad der KA,

inklusive der aktiven Fortbewegung, untersucht [187-190]. Allerdings deuten die Studien auf Diskrepanzen zwischen tatsächlich gemessenen und wahrgenommenen Faktoren [191-194] sowie (demzufolge) bezüglich der unterschiedlichen Effekte auf die KA hin [193, 195-197]. Mehrere Reviews und Metaanalysen stellen für wahrgenommene gegenüber objektiv bestimmten Merkmalen der Umgebung konsistentere Ergebnisse und stärkere Zusammenhänge mit gesundheitsrelevanten Outcomes, wie der KA, fest [195, 198-200]. So mehren sich beispielsweise Anzeichen dafür, dass sich Personen, die ihre Wohnumgebung positiver wahrnehmen, mehr bewegen als jene mit eher negativeren Einschätzungen – unabhängig von den objektiv gemessenen Attributen [192, 196].
Obgleich mehr und mehr Autor*innen inzwischen beide Parameter für derartige Analysen berücksichtigen, bleibt eine Ergebnissynthese herausfordernd. Als Gründe kristallisieren sich immer wieder die große Vielfalt an Definitionen, Messmethoden und konzeptionellen Ansätzen heraus, die es erschweren, vergleichbare Schätzungen der Auswirkungen oder auch gepoolte Ergebnisse zu generieren. Ziel dieses systematischen Methoden-Reviews aus dem Jahr 2020 [201] war es, die zuletzt genannten Unterschiede explizit zu identifizieren und daraus schließlich methodische Implikationen für künftige Übersichtsarbeiten und Metaanalysen, aber auch für die zugrundeliegenden Studien in diesem Bereich herauszuarbeiten und somit eine solide Grundlage für eine zusammenfassende Evidenzsynthese anzuregen.

Methodik

Zu diesem Zweck wurden in acht wissenschaftlichen Datenbanken, ohne Zeitlimitation, begutachtete Artikel recherchiert und ausgewertet, die sowohl relevante objektiv gemessene als auch wahrgenommene Determinanten des Wohnumfelds im Zusammenhang mit objektiv gemessener oder selbstberichteter KA bei Erwachsenen im Alter von ≥ 60 Jahren untersuchten. Die Details der Suchstrategie (inklusive der Ein- und Ausschlusskriterien) als auch die dezidierte Beschreibung des Vorgehens bei der Auswertung können der entsprechenden Publikation entnommen werden [201].

Zentrale Ergebnisse und Einordnung

Von den 2967 abgerufenen Datensätzen erfüllten 35 Studien die Einschlusskriterien. Insgesamt konnten im Ergebnis zahlreiche Messinstrumente zur Bewertung des Wohnumfelds und der KA, mehrere Cluster von Definitionen der Nachbarschaft sowie fünf Kategorien methodisch-konzeptioneller Ansätze ermittelt werden. In den Bereich der methodischen Divergenzen, die Ergebnisse früherer Arbeiten bestätigen, fallen entsprechend die Variabilität der Erhebungsmethoden [202], die Wahl der geografischen Einheit bzw. die Definition der Wohnumgebung (Nachbarschaft) [200]. Zudem wird eine Generalisierung der Forschungsergebnisse durch eine global recht einseitige Verortung der Untersuchungsgebiete limitiert [203].

4.3.2 Wert der Arbeit für die übergeordnete Forschungsfrage

Die Relevanz dieser Arbeit für die übergeordnete Forschungsfrage ergibt sich in erster Linie aus den Erkenntnissen hinsichtlich der Operationalisierung der Nachbarschaft sowie zu den genutzten Daten und Methoden zur Messung von Determinanten der Wohnumgebung, wie sie in *Kapitel 3* eingeführt wurden, und die sich in den das Review inkludierten Studien in großer Bandbreite zeigen. Für die formulierten Zielstellungen dieser Synopse wird vornehmlich auf objektive Messmethoden fokussiert, da besonders diese aus der Nutzung bereits vorhandener Datenangebote resultieren. *Kapitel 5.4* gibt einen dezidierteren Einblick in einige dieser Erkenntnisse, die nach wie vor eine Herausforderung hinsichtlich der Interpretation und Vergleichbarkeit von Gesundheitsstudien mit Raumbezug bleiben.

5. Übergreifende Befunde und Erkenntnisse

In diesem Kapitel werden die Erkenntnisse, die sich im Zuge der Forschungsarbeiten und deren Hintergründen ergeben haben, strukturiert vorgestellt. Dabei sollen die *Unterkapitel 5.1 bis 5.3* die ***erste*** der beiden eingangs formulierten, übergeordneten Zielstellungen reflektieren und relevante Datenarten und Nutzungsmöglichkeiten für die raumbezogene Gesundheitsforschung aufzeigen sowie deren Verfügbarkeit, rechtliche und technische Offenheit als Grundlage für eine Weiternutzung darlegen. Wesentliche Aussagen bezüglich des ***zweiten*** Kernaspekts dieser Dissertation, die Identifikation von Herausforderungen für die Nutzung und Interpretation raumrelevanter Daten und Forschungsergebnisse, werden in *Kapitel 5.4* beschrieben.

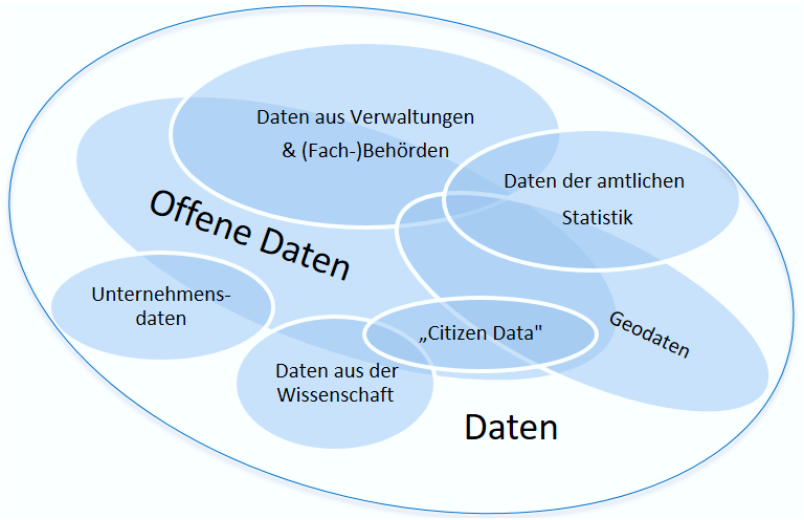
5.1 Datenherkunft und Nutzungsmöglichkeiten

Daten, die im Rahmen der räumlichen Gesundheitsforschung von Interesse sind, können als wahrgenommene (subjektive) Attribute mittels eigener Primärerhebung (z. B. Befragungen oder Beobachtungen[10] [204]) erfasst, als objektive Informationen aus relevanten Ressourcen extrahiert oder als bereits vorhandene (Forschung-) Datensets (objektiv und/oder subjektiv) zur Weiternutzung bezogen werden. Zwar wird aufgrund der in *Kapitel 4.3.* dargestellten Konkordanz zwischen tatsächlich gemessenen und wahrgenommenen Determinanten der Umgebung empfohlen, beide Erfassungsarten zu berücksichtigen, allerdings scheint es auch Bereiche zu geben, in denen sich diese gegenseitig substituieren können. So stellten MacKerron et al. im Rahmen ihrer Untersuchung fest, dass beispielsweise die wahrgenommene Luftverschmutzung in London signifikant positiv mit objektiv gemessenen verkehrsbedingten Schadstoffen korreliert, was für diese Dimension darauf hindeutet, dass Befragungsdaten in einigen Fällen eine vergleichbare Alternative sein können [205]. Befragungen können jedoch mitunter sehr kosten- und zeitintensiv sein, während bereits vorhandene subjektive Daten mehrheitlich auf bestimmte Forschungsfragen zugeschnitten sind, was eine Nachnutzung, je nach eigener Ausrichtung, möglichweise erschwert. Für Analysen auf Basis objektiver Daten kommen in den

[10] Bezüglich der Einordung von Beobachtungen als objektive oder subjektive Daten besteht Uneinigkeit in der Forschungsliteratur.

relevanten Dimensionen (*Kapitel 3)* die in *Abbildung 3* dargestellten grundsätzlichen (Sekundär-) Datenquellen infrage, die in jeweils unterschiedlichen Umfängen offene Daten zur Weiternutzung zur Verfügung stellen.

Abbildung 3: Daten und Schnittmengen nach Datenherkunft



Quelle: Eigene Darstellung aus Peters & Zeeb 2022 [159]. **Anmerkung**: Offene Daten sind Daten, die maschinenlesbar und strukturiert vorliegen und von jedermann über eine offene Schnittstelle, zu jedem Zweck und ohne Einschränkungen, Diskriminierung oder Gebühren frei verwendet, wiederverwendet und verbreitet werden können [206, 207]. Die Darstellung des Schnittmengenumfangs basiert dabei lediglich auf einer eigenen, groben Abschätzung zur vereinfachten Darstellung und spiegelt keine nachgewiesenen, quantitativen Größenverhältnisse wider.

5.1.1 Daten von (Fach-) Behörden, staatlichen Stellen und Unternehmen

Dazu gehören beispielsweise Daten aus Verwaltungen (Government), von staatlichen Stellen und öffentlichen Fachbehörden, z. B. aus Sozial-, Umwelt- oder Gesundheitsbehörden, die ihre – überwiegend prozessproduzierten – Daten, bestenfalls offen (als Open Government Data, OGD) bereitstellen. Daten der amtlichen Statistiken[11] umfassen sowohl Geo- als auch Register-, Sozial-, Umwelt- und Gesundheitsdaten. Daten, die soziodemografische und sozioökonomische Faktoren, aber auch die soziale (z. B. Kultur- und Begegnungsstätten, Bibliotheken, etc.) oder technische Infrastruktur (z. B. die Verfügbarkeit von Breitbandinternet) beschreiben, können prinzipiell von übergeordneten stati-

[11] Nachvollziehbarerweise ließe sich argumentieren, amtliche Statistiken als Erzeugnis von Verwaltungen und öffentlichen Behörden der entsprechen Einteilung für die Datenherkunft unterzuordnen. Da sich diese aber überwiegend nicht als „Nebenprodukt“ ergeben, sondern mit dem konkreten Ziel einer entsprechenden Erhebung und Bereitstellung gesammelt und angeboten werden, werden diese hier zur vereinfachten Darstellung separat kategorisiert.

stischen Behörden (Statistisches Bundesamt, Statistische Landesämter, etc.), von Statistikreferaten der Bundesagentur für Arbeit, Kultusministerien, aus Bevölkerungsregistern oder der Sozialberichterstattung bezogen werden. Die amtliche Sozialhilfestatistik diente beispielsweise als Datenquelle für die Operationalisierung der sozioökonomischen Komposition der Nachbarschaft bei der Erforschung möglicher ökologischer Einflussfaktoren auf die Teilnahme und den Verbleib in einer Interventionsstudie *(Artikel 2).* Dass amtliche Statistiken oder OGD gleichwohl als Datenbasis zur objektiven Erfassung von Kriminalität oder Sicherheit im Straßenverkehr infrage kommen, zeigen die angegebenen Datenquellen der in das systematische Review (*Artikel 3*) inkludierten Studien. Überdies können, je nach Fragestellung, auch Unternehmensdaten eine wertvolle Quelle sein. Zwar ist die Zahl der Betriebe, die im deutschsprachigen Raum eigene Daten zur Weiternutzung veröffentlichen, verhältnismäßig gering und im Wesentlichen auf Betreiber öffentlicher und technischer Infrastruktur, z. B. Verkehrsbetriebe[12] und einige örtliche Stadtwerke, beschränkt, allerdings können derartige Daten für Untersuchungen versorgungsrelevanter Aspekte relevant sein.

5.1.2 Forschungsdaten und Daten aus der Citizen Science

Forschungsdaten, inklusive deren Metadaten, ermöglichen in allen vier Untersuchungsdimensionen Sekundäranalysen für individuelle Fragestellungen und damit die Vermeidung kostenintensiver eigener Primärerhebungen. Interoperabilität für ein adäquates *Data Linkage* vorausgesetzt, können eigene oder anderweitig vorliegende Datensets mit zusätzlichen Fällen (*Record Linkage*) oder Variablen (z. B. weiteren Kontextfaktoren) verknüpft werden. Ein aktuelles Beispiel ist das Zusammenfügen internationaler Datensätze zur Morbidität und Mortalität mit sozialepidemiologischen oder räumlichen Kontextfaktoren im Zuge der internationalen COVID-19-Forschung. Infrage kommen ferner die Primärdaten europäischer Bevölkerungsumfragen[13] oder die verschiedenen Erhebungen des Robert Koch-Instituts (RKI)[14] zum gesundheitlichen Verhalten (u. a. zur KA).

[12] Zu diesen Anbietern gehören vor allem das Datenportal der Deutschen Bahn AG (https://data.deutschebahn.com/), aber auch die Open Data-Plattform ÖPNV (https://www.opendata-oepnv.de/ht/de/willkommen/) [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

[13] Allgemeine Bevölkerungsumfrage der Sozialwissenschaften (ALLBUS), Sozioökonomisches Panel (SOEP), Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE).

[14] Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell“ (GEDA), Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS), Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KIGGS).

In Zusammenarbeit mit der Wissenschaft, professionellen Unternehmen oder auch ganz autonom können auch interessierte Laien Beobachtungen recherchieren, Daten sammeln bzw. offen zugängliche Informationen für spezielle Thematiken aufbereiten [208]. Die Erwartung, dass verfügbare Daten im Zusammenspiel mit Ideen aus der Bevölkerung Innovationen stimulieren, zeigt die Suche nach digitalen Strategien zur Bewältigung der COVID-19-Pandemie, für die das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) und die Europäische Kommission den *#SmartDevelopment-Hack*[15] initiierten. Diese sogenannte *Citizen Science* (Bürgerforschung)[16], die vor allem durch die Digitalisierung ermöglicht wird, nimmt inzwischen eine beachtenswerte Rolle als Datenproduzentin, Datensammlerin als auch als Datenbereitstellerin für nationale und internationale Projekte ein. Auf der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Plattform „*Bürger schaffen Wissen*“[17] und auf dem „*Citizen Science-Blog*“ der Europäischen Kommission[18] werden eine Reihe entsprechender Projekte gebündelt. *OpenStreetMap*, eine Plattform, auf der registrierte Nutzer*innen weltweit ehrenamtlich neue Daten zur OSM-Datenbank beitragen, bestehende Daten bearbeiten oder Kartierungen vornehmen können, ist vermutlich eines der populärsten internationalen Beispiele. Der Wert dieser Partizipation wird am Beispiel des „*Mückenatlas*“[19] deutlich. Seit 10 Jahren können Bürger*innen aktuelle Forschungsarbeiten beim Überwachen des gesundheitlichen Risikos durch Zecken- und Mückenvektoren unterstützen. Über 30.000 Hinweise aus der Bevölkerung, vielfach auf von Wissenschaftler*innen nicht erreichbaren Privatgrundstücken, konnten bislang aufgenommen und bezüglich einiger Mückenarten sogar zeitlich früher als mittels systematischer Überwachung erfasst werden [209]. Nennenswert sind zudem die unter der Leitung von *Code for Germany* landesweit operierenden *Open Knowledge Labs* (OK Labs)[20], die verschiedene Projekte und Anwendungen auf Basis offener Daten erarbeiten und zur Verfügung stellen. Viele weitere Beispiele

[15] Aufruf zum Teilnahme am #smartdevelopmenthack: https://germany.representation.ec.europa.eu/news/smartdevelopmenthack-sucht-digitale-losungen-fur-die-entwicklungszusammenarbeit-der-corona-pandemie-2020-04-20_de [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

[16] Bürgerforschung wird mitunter auch als “Community Science”, “Crowd (-sourced) Activities/Intiativen” oder “Volunteer Monitoring” bezeichnet.

[17] Deutsche Citicen Science Plattform: https://www.buergerschaffenwissen.de/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

[18] Europäische Citizen Science Plattform: https://eu-citizen.science/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

[19] Mückentatlas, https://mueckenatlas.com/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

[20] Code for Network: https://www.codefor.de/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

und entsprechende Zugänge zu Citizen Science-Projekten sind auf der Seite *Forschungsdaten.org*[21] aufgeführt.

5.1.3 Geodaten

Von großem Wert für die Public Health, insbesondere für das Aufdecken potenzieller räumlicher Disparitäten, ist nicht nur die Verschneidung von Sachdaten untereinander, sondern insbesondere jene mit Geodaten [28, 29]. Letztere können als thematisch aufbereitete *Geofachdaten* oder liegenschaftsbeschreibende und topographische *Geobasisdaten* von Verwaltung, Forschung, staatlichen, regionalen oder kommunalen Statistikämtern, privaten Unternehmen (z. B. *Google Maps*), den bereits eingeführten Crowd Sourced Initiativen *(z. B. OSM)* bezogen oder mittels systematische Beobachtungen (z. B. via *Google Street View*) bezogen bzw. erfasst und mit Studiendaten verknüpft werden. Nationale COVID-19-Dashboards[22] nutzen derartige Verlinkungen von Sach- und Raumdaten beispielsweise, um Inzidenzen oder auch Impfdaten regionalisiert ausweisen. Vornehmlich für die Messung des Zugangs (Verfügbarkeit und Erreichbarkeit) zu gesundheitsrelevanten Dienstleistungs- und Versorgungsangeboten, und damit der Möglichkeit der Identifikation (sozial-) räumlicher Ungleichheiten, sind Geodaten von großem Wert, denn häufig ist es (u. a. aufgrund von Datenschutzbestimmungen) herausfordernd, Primärdaten über die tatsächliche Inanspruchnahme von z. B. Gesundheitsdienstleitungen zu erhalten. Mit Informationen aus Geodatenbanken können Standort und Verteilung bzw. Koordinaten einer Vielzahl sogenannter *Points of Interests* (POIs)[23], wie Lebensmittelgeschäfte, öffentliche Erholungsräume, Parks, Wander- und Fahrradwege, Einrichtungen zu Gesundheitsversorgung, etc. erfasst und damit Unter- und Überbeanspruchungen identifiziert werden. Auch bei der Bestimmung von Einzugsbereichen bzw. der Operationalisierung der geografischen Einheit, für die der jeweilige gesundheitsrelevante Kontext analysiert werden soll, spielen Entfernungen eine Rolle. Die Autor*innen der im Rahmen des systematischen Reviews (*Artikel 3*) analysierten Forschungsarbeiten definierten ihre zu betrachtenden Räume (Nachbarschaften) beispielsweise größtenteils

[21] Forschungsdatenwiki: https://www.forschungsdaten.org/index.php/Citizen_Science [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[22] Gesundheits-Dashboard Deutschland: https://www.dashboard-deutschland.de/gesundheit/gesundheit [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[23] Ein Point of Interest (POI) ist ein spezifischer Punkt oder Ort von potentiellem Interesse, der durch seine geografischen Koordinaten (Längen- und Breitengrad) definiert ist.

über euklidische oder netzwerkbasierte Distanzen. Verschiedene Geodatenressourcen, die Routen- und Straßennetzwerkdaten sowie Informationen zu Verbindungen im Wegenetz (Knotenpunkte) ausweisen können, bilden hierfür, aber auch zur Messung von Erreichbarkeiten und Konnektivitäten, die Grundlage.

Die Arbeit mit Geodaten beginnt allerdings häufig nicht erst mit dem reinen Messen von Entfernungen auf Basis vorhandener Geodaten (z. B. Standort-Koordinaten oder Routen), sondern bereits mit der Geokodierung der POIs. Für den Praxisartikel dieser Dissertation (*Artikel 2*) erfolgte in diesem Zusammenhang beispielsweise ein Rückgriff auf verschiedene Quellen: Adressdaten potenzieller Studienteilnehmer*innen wurden zunächst über die Register der Einwohnermeldeämter angefragt, und im Anschluss über eine API-Schnittstelle[24] des Onlinekartendienstes des privatwirtschaftlichen Unternehmens Google (*Google Maps*) geokodiert. Daten zum routingfähigen Straßen- und Wegenetz entstammen wiederum der OSM-Datenbank.

Die meisten objektiven Aspekte der physischen Umwelt, die, wie in *Kapitel 3.4.3* vorgestellt, beispielsweise Indikatoren, wie Bodenbedeckung (Anteil von Frei-, Grün- und Erholungsflächen), Bebauungsdichte und Bodenversiegelung umfassen, und gleichzeitig potenzielle Hinweise auf klimarelevante Belastungen geben, können über OGD-Angebote, Geodatenportale (inklusive OSM), amtliche Statistiken oder Fachdatenportale bezogen werden. Die am einfachsten zugänglichen Daten, deren erhebliche thematische Relevanz bereits verdeutlicht wurde, sind jene zur Wohndichte (z. B. Einwohner*innen pro Quadratmeter), die auf vielen verschiedenen räumlichen Ebenen über verschiedene Zugänge bezogen werden können. Überdies lassen sich mittels GIS-Anwendungen und auf Basis verfügbarer Geoinformationen zu Punkten (Koordinaten), Flächen (Polygonen) und Strecken (Linien-Daten) Flächennutzungsmischungen eigenständig berechnen.

Für die Erforschung der KA oder zur Messung gesundheitsrelevanter Expositionen der Umgebung haben sich inzwischen Erfassungsmethoden etabliert, die, basierend auf freien Geodaten (z. B. *Google Maps*), Global Positioning System (GPS)- und GIS-Technolo-

[24] Einige Daten sind, z B. aufgrund häufiger Aktualisierungen, nicht dazu geeignet, als herunterladbare Dateien bereitgestellt zu werden. Stattdessen werden Maschinenschnittstellen bzw. Anwendungsprogrammierschnittstellen (APIs) angeboten.

gien, raumzeitliche Aspekte aufklären und individuelle Aktivitäten kartieren bzw. personenbezogene Aktionsradien messen können [210]. Ma et al. (2020) setzten beispielsweise mobile Luftschadstoffsensoren und GPS-Geräte ein, um die individuelle Luftschadstoffaufnahme zeitlich und räumlich zu verfolgen [211]. Satellitendaten[25], wie sie z. B. über den *Copernicus Open Access Hub*[26] der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) bereitgestellt werden, können, u. a., für die Vorhersage von Überschwemmungen, Bränden oder extremer Wetterereignisse nützlich sein [212]. Informationen über den Wasserstand von mehr als 7300 km Flüssen und Kanälen in Deutschland, deren Relevanz sich im deutschen „Dürre-Sommer“ 2022 eindrücklich zeigte, bietet *Pegel-Online*[27], eine offene Datenanwendung der deutschen Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Überdies können meteorologische Daten, aber auch Daten zur Boden-, Wasser- und Luftqualität, also der Emission der Stoffe Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak und Feinstaub, die als Fachdaten (z. B. vom Umweltbundesamt (UBA) oder dem DWD), in allgemeinen Open Data-Portalen oder auf kommunalen bzw. städtischen Webseiten angeboten werden, von Interesse sein.

Anzumerken bleibt allerdings, dass viele Daten primär zweckgebunden konzipiert sind und eine Eignung für darüberhinausgehende Fragestellungen individuell abgewogen werden muss.

5.2 Offenheit relevanter Daten

Treibende Kraft hinter dem „*Open*“-Gedanken ist die Open Knowledge Foundation (OKNF), nach deren Definition Daten (in technischer und rechtlicher Hinsicht) insbesondere dann offen sind, wenn sie maschinenlesbar (bzw. maschinenverarbeitbar) als auch strukturiert vorliegen und von jedermann über eine offene Schnittstelle, zu jedem Zweck und ohne Einschränkungen, Diskriminierungen oder Gebühren frei (wieder)verwendet und verbreitet werden können [206, 207]. Bestenfalls werden die Daten in nicht-bearbeiteter Form (als Rohdaten) veröffentlicht. Entscheidend für die Weiternutzung sind die

[25] In Planung ist in diesem Zusammenhang das Environmental Mapping Analysis Program (EnMAP): https://www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2440/3586_read-28911/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[26] Informationen zum Datenzugang des Copernicus-Programms sind auf dazugehöriger Website einsehbar: https://www.d-copernicus.de/daten/datenzugang/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[27] Pegel Online: https://pegelonline.wsv.de/gast/start [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

jeweils ausgewiesenen Bedingungen, unter denen Daten kopiert, verbreitet und anderweitig verwendet werden können. Folglich wird die Offenheit beispielsweise dann limitiert, wenn die Nutzung, Bearbeitung und Weitergabe seitens der Datenbereitsteller*innen grundsätzlich verwehrt oder nur begrenzt gestattet wird, aber auch dann, wenn die Daten in Formaten angeboten werden, die eine weitere Nutzung erschweren oder gar verhindern. Neben den spezifischen Nutzungsbestimmungen (Lizenzierungen) ist grundsätzlich der allgemeine Rechtsrahmen verbindlich, der sowohl sensible, personenbezogene Daten, aber auch Rechte von Datenbesitzer*innen schützen soll.

5.2.1 Offenheit von Daten aus dem öffentlichen Sektor

Für Daten aus dem deutschen öffentlichen Sektor wurde mit der *Datenlizenz Deutschland* eine Empfehlung für einheitliche Nutzungsregeln erarbeitet, die inzwischen in der Version 2.0[28] vorliegt, sich allerdings bis heute nicht für Geodaten durchgesetzt hat, was insbesondere für ein Data Linkage noch eine Hürde darstellt. Konsequenterweise streben einige Metadatenportale für OGD, wie *GOVdata.de,* an, ausschließlich Daten mit einer solchen Lizenz auszuweisen. Zum Zeitpunkt der letzten umfassenden Evaluation deutscher OGD-Kataloge und Datenbanken, im Jahr 2015, waren nur 59 % der entsprechenden Angebote unter einer offenen Lizenz veröffentlicht [213]. Auch im Jahr 2022 können im Bereich der OGD zahlreiche Kriterien offener Daten noch nicht erfüllt werden, wie die eigene Recherchen (*Artikel 1*) ergaben. Dass nicht alle veröffentlichten Daten zwangsläufig auch offen (sowohl technisch als auch rechtlich) sein müssen, zeigt sich beispielsweise daran, dass zahlreiche amtliche Informationen nach wie vor im nicht-maschinenlesbaren Portable Document (PDF)-Format bereitgestellt oder dieselben Informationen in verschiedenen Bundesländern nicht gleichermaßen barrierefrei und in offenen Formaten angeboten werden. Dies betrifft unter anderem polizeiliche Kriminalitätsstatistiken (PKS) in verschiedenen Bundesländern oder Kreisen. Dazu kommen Informations-

[28] Beschreibung der Datenlizenz Deutschland auf dem Open Data Portal für OGD: https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0 [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

portale, die zwar webbasierte Einsichten in Daten sowie individuell kombinierbare Verschneidungen von Informationen ermöglichen, aber keine offensichtliche Möglichkeit anbieten, diese Daten herunterzuladen[29].

Viele Datenplattformen weisen die jeweiligen Datenformate und Nutzungsbestimmungen in den Beschreibungen der aufgeführten Datensätze separat aus. Hilfreich ist hierbei, dass sich im Zuge von Recherchen Treffer bereits nach den gewünschten Lizenzierungen und Datenformaten filtern lassen. Einige Daten aus dem öffentlichen Sektor sind nur auf Anfrage (z. B. auf Grundlage der IFG) und nicht selten verbunden mit umfangreichen Auflagen, wie der Einreichung von Vorhabensbeschreibungen oder Projektinformationen, erhältlich, und demnach definitionsgemäß nicht *offen*. Größte Herausforderung bezüglich der rechtlichen Offenheit sind die unübersichtlichen Regelungen im Rahmen der IFG und Datenschutzgesetze, die durch die 16 Länder und den Bund sehr heterogen ausgestaltet sind oder teils komplett fehlen.

5.2.2 Offenheit von Forschungsdaten

Die Öffnung der einzelnen Stationen im wissenschaftlichen Forschungszyklus[30] folgt der Forderung nach Transparenz und Wissensaustausch im Sinne einer *Open Science*, nach dessen Idee Forschungsdaten so früh wie möglich weitestgehend zur Nachnutzung, z. B. in einem Repositorium, zur Verfügung gestellt werden sollten [214]. Im Diskurs über eine offene Wissenschaft wird aktuell die Anwendung der *FAIR-Prinzipien* stark vorangetrieben, nach denen eine optimale Nutzung vor allem dann gewährleistet werden kann, wenn die zur Verfügung gestellten Daten die Voraussetzungen ***F**indable* (auffindbar), ***A**ccessible* (zugänglich), ***I**nteroperable* (interoperabel) und ***R**eusable* (nachnutzbar) erfüllen [215]. Allerdings sind FAIRe Daten nicht automatisch offene Daten, die zugleich eine Weiterverwendung gewährleisten. So wurden von den in *Kapitel 3.4.1* angesprochenen Indikatorensysteme zur Messung sozioökonomischer Deprivation zwar die Daten des

[29] Zum Beispiel die Website zum Monitoring des Flächenverbrauchs in Deutschland auf Basis von Copernicus-Daten: https://incora-flaeche.de/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

[30] Dieser Forschungszyklus beginnt mit der Ideenfindung und initialen Literaturrecherche, erstreckt sich über die Planung des Forschungsvorhabens und die nachfolgende, eigentliche Forschungsarbeit (u. a. Datenerzeugung und -Analyse), bis hin zur Publikation der Ergebnisse und Daten [214].

German Index of Socioeconomic Deprivation (GISD) [74] öffentlich und in maschinenlesbarer Format zur Verfügung gestellt[31], allerdings gestatten die rechtlichen Bedingungen keine wünschenswerte Weiternutzung.

Insbesondere aufgrund des Schutzes personenbezogener Gesundheitsdaten, aber auch angesichts rechtlicher Fragen, wie dem Urheberschutz von Forschungsdaten, ist das freie Teilen häufig auf das Gebot "*as open as possible, as closed as necessary*" beschränkt [216]. Diesen Grundsatz verfolgt auch die Europäische Kommission und weist bezüglich ihrer *Horizont Europa*-Projekte darauf hin, im Rahmen von Publikationen von der komplett offenen Bereitstellung von Forschungsdaten abzusehen [217]. Hintergrund können sowohl die Interessen der Europäischen Union (EU) sein, eigene Forschungsergebnisse zunächst selbst zu verwerten, aber auch rechtliche Verpflichtungen oder sonstige nationale oder internationale Bestimmungen, die einem freien Zugang entgegenstehen [217]. Für die Nutzenseite beschränken sich die Zugangsmöglichkeiten von Forschungsdaten in einigen Fällen auf rein wissenschaftliche Zwecke und schließen eine kommerzielle Verwendung, Weiterverarbeitung und Verbreitung aus. Dies betrifft vor allem Datensätze, die nur zu einem geringen Teil anonymisiert sind und nur nach Antragstellung in Form von Scientific Use Files (SUF) unter dezidierten Auflagen genutzt werden dürfen.

5.2.3 Offenheit von Geodaten

Geodaten werden in den letzten Jahren zunehmend entgeltfrei zur Verfügung gestellt, sind aber, je nach Thematik, von amtlicher Seite mitunter weiterhin mit Kosten verbunden. Überdies werden in Regionaldatenbanken zwar teilweise kartenfähige Datensätze zum Download angeboten, allerdings handelt es sich auch bei diesen nicht notwendigerweise um rechtlich offene Daten, die eine uneingeschränkte Weiternutzung erlauben. Auch das GIS-Softwareunternehmen ESRI stellt umfangreiche Geodaten mit freien Lizenzen zur nicht-kommerziellen Nutzung bereit, jedoch größtenteils mit der stark limitierenden Einschränkung, dass diese nur unter Verwendung der hauseigenen proprietären Software (ArcGIS) bearbeitet werden können. Insbesondere für Geodaten wird am Beispiel der Offenheit das besondere Potenzial von Crowd Sourced–Quellen, wie OSM,

[31] Kroll LE, Schumann M, Hoebel J et al. (2017): German Index of Socioeconomic Deprivation (GISD) Version 1.0. GESIS Datenarchiv. Datensatz. http://doi.org/10.7802/1460 [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

deutlich, deren frei verfügbare, technisch und rechtlich offene Daten unter der Open Database License (ODbL) von jedermann kostenlos und für jegliche (auch kommerzielle) Zwecke (weiter-) genutzt werden können [218].

5.3 Datenverfügbarkeiten

Für Daten, die sozioökonomische Kriterien, wie Bildungsstand, Beschäftigung, Einkommen, etc., abbilden können, existieren auf vielen räumlichen Ebenen (Stadtteile, Kommunen, Kreise, Länder) ausreichende Zugänge zu offenen Daten. Für bundesländerübergreifende Vergleiche in tief gegliederten thematischen Themenfeldern bieten das Statistische Bundesamt mit der Datenbank *GENESIS-online*[32] und das *Statistikportal des Bundes und Länder*[33] gute Einstiegsmöglichkeiten. Geeignete Zugänge für kleinräumigere Untersuchungen sind Regionalstatistiken (z. B. regionale Statistikatlanten[34] oder Regionalmonitore[35]), aber auch kommunale und städtische Datenportale. Die INKAR-Datenbank[36] des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), die regionalstatistische Informationen aus verschiedenen behördlichen Quellen sammelt, ermöglicht – auch über den sozioökonomischen und demografischen Kontext hinaus – eine unkomplizierte Erfassung einer Vielzahl relevanter Determinanten auf verschiedenen räumlichen Ebenen innerhalb der in dieser Arbeit betrachteten Dimensionen, also auch zu jenen, die z. B. *Faktoren des Zugangs und der Erreichbarkeit,* die *physische Umgebung* sowie *klimatische und umweltbedingte Belastungen* abbilden können.

Vergleichbare OGD sind je nach Bundesland, Kreis oder Kommune teils schwer auffindbar oder nicht vorhanden. So bieten einige Gebietskörperschaften offene Daten zu ausgewählten Themen an, während andere diese wiederum entweder nicht erheben oder keine Weiternutzung gewähren. Einige Portale für OGD, wie der von der Europäischen Kommission geförderte europaweite *Open Data Monitor*[37] oder das nationale Metadatenportal

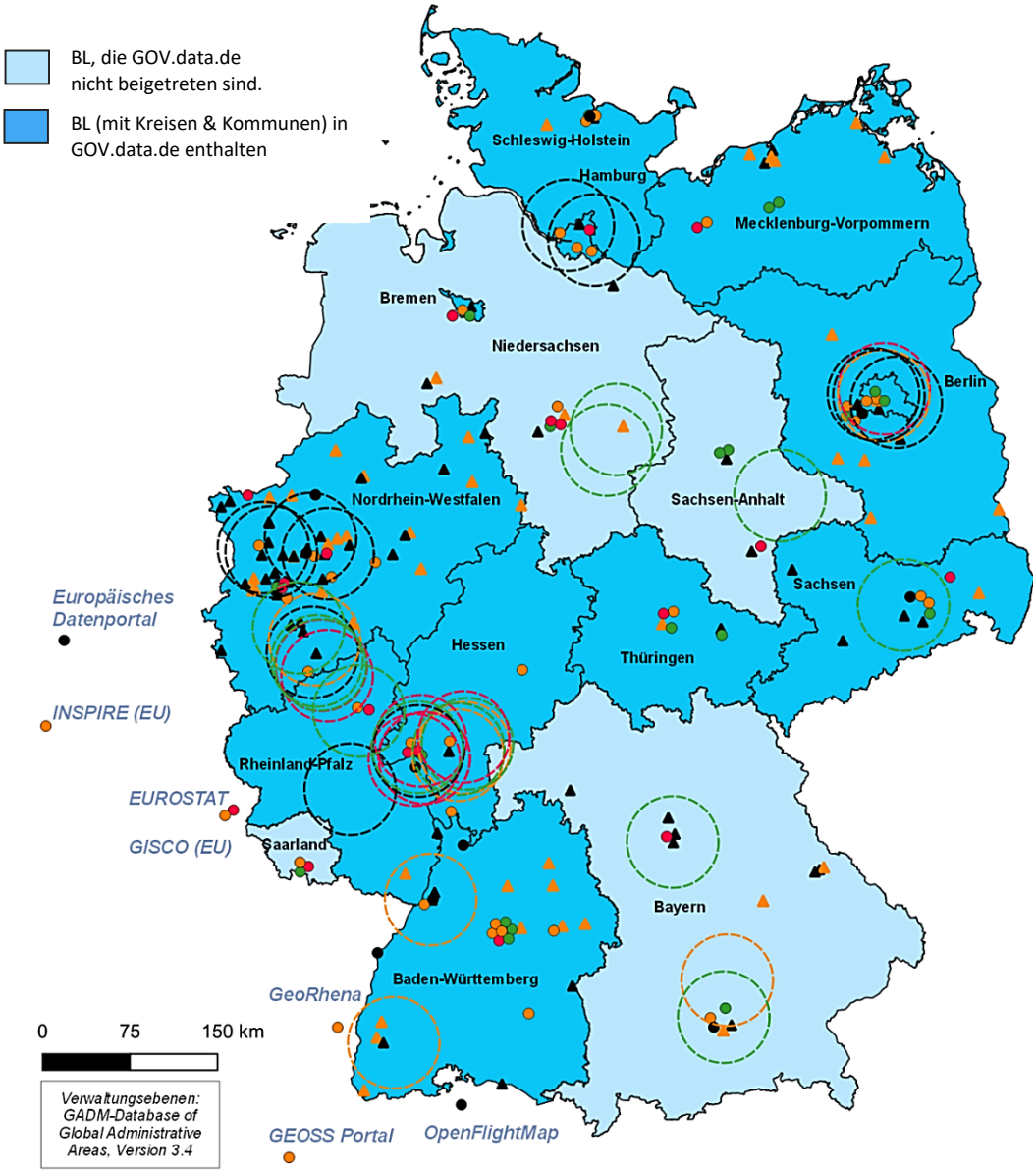
[32] Statistische Datenbank des Bundes: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[33] Statistikportal des Bundes: https://www.statistikportal.de/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[34] z. B. der Statistikatlas Bayern: https://www.statistik.bayern.de/produkte/datenbanken_karten/statistikatlas/index.html/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[35] z. B. der Regionalmonitor der Metropolregion Nürnberg: https://www.metropolregionnuernberg.de/daten-fakten/regional-monitor/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[36] Indikatoren zur Raumbeobachtung (INKAR) Online: ttps://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/InteraktiveAnwendungen/INKAR/inkar_online.html/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[37] Europäischer Open Data Monitor: https://opendatamonitor.eu/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

GovData.de sammeln Metadaten aus Datenkatalogen verschiedener föderaler Ebenen und verweisen auf diese Quellen, ohne selbst eigene Daten vorzuhalten. Daher sind sowohl der Umfang als auch die Themenbereiche jeweils abhängig von der jeweiligen datenbereitstellenden Institution. Zudem integrieren Portale für OGD bislang keine Daten privater, wissenschaftlicher oder anderer Einrichtungen.

Limitierend kommt hinzu, dass *Gov.Data.de* aufgrund heterogen ausgestalteter rechtlicher Bedingungen im föderalen System nicht alle Bundesländer (und damit deren Datensätze) integriert (*Abbildung 4*). Stattdessen haben einige Bundesländer eigene Portale eingerichtet. Auch einige Bundesministerien stellen ihre Daten ausschließlich auf hauseigenen Portalen, andere hingegen nur über Open Data-Portale bereit, was bereits ein Wissen um derartige Zugänge voraussetzt. Inzwischen werden vermehrt auch in städtischen, kommunalen und regionalen Portalen offene Daten aus verschiedenen Quellen gebündelt, wobei sich prägnante regionale Unterschiede – sowohl bezüglich der Anzahl der zugrundeliegenden Ressourcen, Themen und Datenanbieter*innen und Datenumfänge feststellen lassen. Dass einige Akteure regelmäßig aktuelle und umfangreiche, andere jeweils thematisch nicht vergleichbare oder überhaupt keine offenen Daten bereitstellen (insbesondere in finanzschwachen Kommunen) stellt insbesondere für Vergleiche verschiedener Regionen ein enormes Hindernis dar.

Zentrale Recherche-Zugänge für verfügbare offene Geodaten auf allen föderalen Ebenen bieten *GovData.de* und *Geoportal.de*. Insbesondere für die Betrachtung zahlreicher Determinanten der physischen Umgebung, wie Bodenbedeckung, Bodenversiegelung, Grünflächenanteile, Bebauungsdichte, aber auch bezüglich liegenschaftsbeschreibender Daten (z. B. amtlicher und nichtamtlicher Verwaltungsgebiete) und topografischer Informationen eignen sich die direkten Zugänge des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG), der Geoinformationsportale der Länder oder regionaler und örtlicher Katasterämter.

Abbildung 4: Verfügbarkeit offener Daten nach räumlicher Ebene und Datenquelle



Ebene		Art des Portals	
▲	Kommunal (z. B. Städte & Gemeinden)	rot	Portal für amtliche Daten
◌	National	grün	Fachdatenportal (z. B. Umwelt, Klima)
●	International und regional (Bundesländer und Metropolregionen	orange	Geodatenportal
		schwarz	Open Data-Portal oder -Ressource

Anmerkungen: BL = Bundesländer, GISCO = Geografisches Informationssystem der Europäischen Kommission, INSPIRE = Infrastructure for Spatial Information in Europe. Stand der Daten: April 2021. Abgebildet ist jeweils der geokodierte Standort der Datenbereitsteller*innen. Einige Koordinaten wurden verschoben, um eine Überlagerung in der Visualisierung zu umgeben. Die Symbole für die nationalen Portale (Ringe) bilden nicht die Reichweite ab und wurden ausschließlich aus Darstellungsgründen gewählt. Eine detailliertere Darstellung sowie Links zu den genannten Ressourcen finden sich in der Publikation Peters & Zeeb (2022) [159] und der zugehörigen Webvisualisierung „Open Data for Health“: https://sciencemap.github.io/Open-Data-for-Health/.

Des Weiteren bieten auch internationale Projekte flächendeckende, kleinräumige Geodaten für den deutschen Kontext an. Die *Database of Global Administrative Areas* (GADM)[38] liefert beispielsweise Daten zu sämtlichen Verwaltungsbereichen aller Länder in hoher räumlicher Auflösung zur wissenschaftlichen Weiternutzung, gestattet aber ausdrücklich keine Weiterverbreitung oder kommerzielle Nutzung ohne vorherige Genehmigung. In der OSM-Datenbank sind vielfältige Geodaten in feingranulierter Skalierung verfügbar und auf direktem Wege oder aber über den kommerziellen IT-Dienstleister *Geofabrik*[39], der ergänzend Datenextraktionen aus OSM für verschiedene Bedürfnisse (z. B. für Erreichbarkeitsanalysen oder Kartierungen) zusammenstellt, zugänglich. Mehrere Studien deuten darauf hin, dass das aktuelle Straßennetz in Städten in OSM weltweit relativ vollständig abgedeckt ist [219]. Weitere wertvolle, globale Ressourcen sind *Natural Earth*[40] (für globale kleinmaßstäbige Vektor[41]- und Rasterdaten[42]) sowie Geonames[43], eine freie, unter Creative Commons (Namensnennung) lizenzierte Datenbank, die Ortsnamen in verschiedenen Sprachen, Geo-Koordinaten, Einwohnerzahlen, Verwaltungseinheiten, Postleitzahlen, etc. anbietet.

Während Daten zur Boden- und Wasserqualität auf vielen Ebenen überwiegend verfügbar sind, variiert das Angebot an Klimafunktions- und Lärmkarten regional und mit der räumlichen Ebene und ist teils nur für Großstädte mit mehr als 100.000 Einwohnern verfügbar. Insbesondere dort, wo einheitliche Erfassungen bzw. Angebote von offizieller Seite fehlen, sind auch bezüglich dieser Thematiken Daten aus Crowd Sourced-Initiativen wertvolle Alternativen. Die *Sensor.community*[44], ein von vielen Mitwirkenden betriebenes, globales Sensornetzwerk, erhebt beispielsweise Luftdaten (Temperatur, Feuchte, Feinstaub, Stickoxide, etc.) mithilfe einfacher Sensoren und macht diese, teils bereits für spezifische Fragestellungen aggregiert, öffentlich zugänglich und nachnutzbar.

---

[38] Database of Global Administrative Areas (GADM): https://gadm.org/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]
[39] Geofabrik: https://www.geofabrik.de/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]
[40] Natural Earth Data: https://www.naturalearthdata.com/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]
[41] Vektordaten stellen räumliche Objekte als Punkte, Linien und Flächen dar. Dabei werden Flächen durch den Linienzug (Polygon) beschrieben. Nichttopologische Vektordaten bilden Lage und Form eines Objektes ab, während topologische Vektordaten zusätzlich Informationen über die räumlichen Beziehungen zwischen Objekten enthalten [220].
[42] Rasterdaten enthalten Bildinhalte (z. B. Fotos) oder räumliche Objekte, die als (quadratische) Rasterzellen in einer zweidimensionalen Datenmatrix abgebildet werden [221].
[43] Geonames: https://www.geonames.org/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]
[44] Sensor Community: https://sensor.community/de/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]

Das Auffinden verfügbarer Forschungsdaten wird durch die über 2000 Repositorien umfassende internationale *Registry of Research Data Repositories* (Re3data)[45] erleichtert. Im Jahr 2009 startete zudem die *Europäische Open Access Infrastructure* (OpenAIRE)[46], die sich als Forschungsinformationssystem versteht und u. a. Metadaten aus Repositorien, und wissenschaftlichen Daten EU-finanzierter Forschung bereithält. Für die Betrachtung im Rahmen von Raum und Gesundheit finden sich dort beispielsweise Verweise auf Datensätze des Projektes *OpenSky*[47], in dem Freiwillige in Zusammenarbeit mit der Wissenschaft Luftverkehrsdaten während der COVID-19-Pandemie sammelten.

5.4 Herausforderungen bezüglich der Nutzung und Interpretation raumrelevanter Daten und Ergebnisse

Flächendeckende Informationen zu den meisten Variablen finden sich hauptsächlich auf Kreisebene. Einige Informationen sind auch auf Ebene der Gemeinden in vergleichbarer Form verfügbar. Für kleinere und kleinste Verwaltungseinheiten ergeben sich Probleme häufig auch daraus, dass aus Datenschutzgründen keine Rohdaten veröffentlicht und Daten stattdessen, je nach Verwendungszweck, aggregiert werden oder der Datenumfang für Regionalisierungen grundsätzlich nicht ausreicht (insbesondere im Rahmen großräumiger Bevölkerungs-Surveys). Herausforderungen für die Nutzung und Interpretation von Daten und Ergebnissen resultieren aber nicht nur aus dieser heterogenen Verfügbarkeit von Datensätzen auf verschiedenen räumlichen Ebenen, sondern auch aus der Auswahl und Definition der zu betrachtenden geografischen Räume und der zur Erfassung eingesetzten Messinstrumente. Diese Aspekte werden in den beiden folgenden Abschnitten thematisiert.

5.4.1 Raumeinheiten und Operationalisierung der Nachbarschaft

Zu den räumlichen Einheiten, für die in Deutschland Daten bezogen werden können, zählen administrative Gebietsgliederungen, beispielsweise Länder, Bundesländer, Kreise und Gemeinden, Postleitzahlebenen, Städte, Stadtteile, Ortsteile oder anderweitig zweckgebunden definierte Räume, wie Sozialräume, Wahlbezirke und Planungsräume [222].

[45] Registry of Research Data Repositories (Re3data): https://www.re3data.org [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]
[46] Europäische Open Access Infrastructure (OpenAIRE): https://www.openaire.eu/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]
[47] Open Sky Network: https://opensky-network.org/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]

Der Deutsche Städtetag führt unter der Ortsteilebene mit den *statistischen Bezirken* noch eine weitere administrative Ebene [223]. Überwiegend in angloamerikanischen Untersuchungen wird überdies auf die *Blockebene* skaliert, für die aus Datenschutzgründen allerdings keine statistischen Daten veröffentlicht werden. Nicht selten wird der geografische Maßstab in Untersuchungen zwangsläufig dadurch bestimmt, auf welcher Ebene relevante Sekundärdaten vorliegen [224]. Zudem ist die Verwendung bestehender Raumgrenzen oftmals die einzige Möglichkeit, Daten aus verschiedenen Quellen anhand eines Raumschlüssels zu verknüpfen. Ein entscheidungsrelevanter Faktor ist häufig die Verfügbarkeit (aggregierter) sozioökonomischer Daten, die als Standard-Kontrollvariable in Analysen gelten. Aber auch Umweltdaten, sofern diese nicht in Form von Rasterdaten bezogen oder verarbeitet werden können[48], werden auf Verwaltungsgebiete interpoliert zur Verfügung gestellt, was in der Folge mitunter zu wenig zielgenauen Maßnahmen führen kann [225]. Insbesondere Verwaltungsgebiete, wie Kreise, sind aufgrund der sehr unterschiedlichen Größe und Einwohnerzahl nur eingeschränkt miteinander vergleichbar. Dies deutet bereits die Notwendigkeit an, die limitierende Aussagekraft von Ergebnissen, die auf Basis verschiedener künstlicher Grenzen entstehen, zu berücksichtigen.

Verzerrungen bzw. unterschiedliche Ergebnisse für dasselbe Untersuchungsgebiet, die beispielsweise aus der räumlichen Aggregation von Daten in unterschiedlich definierten Raumeinheiten resultieren können, werden als das *Problem der veränderbaren Flächeneinheit* (Modifiable Areal Unit Problem, MAUP) beschrieben [226-228]. Innerhalb des MAUP lässt sich zwischen Maßstabs- und Zonierungsproblemen unterscheiden. Die „*zoning effects*“ beschreiben Verzerrungen aufgrund administrativer Grenzziehungen. Beim Maßstabsproblem („*scale effects*“) führen Analysen desselben Datensatzes in Abhängigkeit von der Größe der für die Analyse verwendeten Raumeinheiten (z. B. Ortsteile, Gemeinden oder Kreise, etc.) zu unterschiedlichen Ergebnissen. In größeren Maßstäben und somit weniger Verwaltungseinheiten ist die Variabilität innerhalb der Daten tendenziell geringer, sodass z. B. auf Kreisebene zumeist weniger signifikantere Resultate bezüglich der Effekte von Nachbarschaftattributen auf Gesundheitsergebnisse erzielt werden als auf Gemeinde- oder Stadtebene oder darunter. Zudem kann es innerhalb einer

[48] Die Verarbeitung von Rasterdaten erfordert nicht nur die technischen Voraussetzungen (z. B. geeignete GIS-Programme, die diese Daten verarbeiten können), sondern auch Kompetenzen im Umgang mit der nötigen Software und den Methoden.

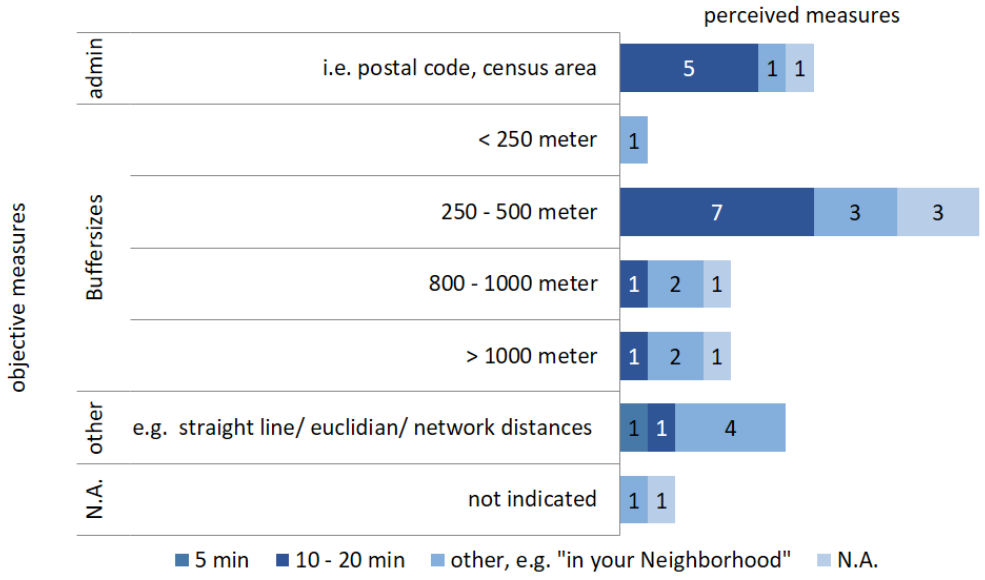
größeren Raum- bzw. Verwaltungseinheit bedeutsame Unterschiede in bestimmten Daten geben, die durch deren Aggregation eliminiert werden. Sie ließe sich auf Basis von Gemeindeanalysen und entsprechend genutzten aggregierten Daten fälschlicherweise annehmen, dass die Bevölkerungskomposition am Beispiel des Bildungsniveaus in einer Kommune einen homogenen Einfluss auf die Gesundheit der gesamten dort ansässigen Bevölkerung habe, denn kleinräumigere Variationen können auf dieser verhältnismäßig großen Ebene nicht identifiziert werden. Dieses Skalierungsproblem betrifft beispielsweise auch die inkludierten Raumeinheiten, die als Limitation der eigenen empirischen Arbeit (*Artikel 2*) benannt werden, und sich aus der unterschiedlichen Größe als Kommunen definierter Verwaltungseinheiten innerhalb des Stadtstaats Bremen und dem Land Niedersachsen ergeben, deren Auswahl sich allerdings mit des eingangs angesprochenen Datenverfügbarkeit (in diesem Fall der Informationen aus der Sozialhilfestatistik) begründete.
Zur Gefahr ökologischer Fehlschlüsse, die aus der Analyse räumlich aggregierter Daten resultieren können [229], addiert sich das Problem, dass sich Verwaltungseinheiten im Laufe der Zeit ändern können, was nicht nur eine Verknüpfung mit Sachdaten erschwert, sondern auch zeitliche Vergleiche.

Zu den alternativen Ansätzen für die Wahl von Räumen, die ebenfalls in enger Verbindung mit den angewandten Methoden steht und sich letztlich auf die Ergebnisse auswirkt, gehört das Konstruieren von Nachbarschaften. Etabliert hat sich in diesem Zusammenhang die Operationalisierung anhand sogenannter Pufferzonen oder auch subjektiver Nachbarschaftsdefinitionen, wobei es zielführend ist, die konkrete Form und Größe je nach Forschungsfrage, beispielsweise für verschiedene Bereiche der KA (zur Fortbewegung oder im Rahmen des Freizeitsports), das untersuchte Verhalten (z. B. Zufußgehen, Radfahren) oder auch die untersuchte Bevölkerungsgruppe (ältere Menschen, Kinder, junge Erwachsene) differenziert zu wählen [110, 230]. Von Interesse sind zunehmend auch Räume, die über die Wohnumgebung hinausgehen und individuelle Aktivitätsräume (*Kapitel 3.2*) umfassen [231], und die methodisch z. B. aus Kerndichteschätzungen, Reiserouten oder individuellen GPS-Monitorings abgeleitet werden [232].

Die Identifikation des genauen, geokodierten Wohnorts eines Individuums im Rahmen der Operationalisierung der Nachbarschaft, aber auch von Einzugsbereichen oder Aktivitätsräumen ist dabei oft der erste Schritt. Sind adressgenaue Koordinaten nicht bekannt, was häufig der Fall ist, lässt sich der Wohnsitz nur einer Verwaltungseinheit zuordnen, sodass die Nachbarschaft in diesen Fällen im Mindesten nur als diese definiert werden kann. Ausgehend von den exakt bekannten Koordinaten oder auch berechneten Mittelpunkten eines Gebietes ist es eine Möglichkeit, Pufferzonen auf Basis möglicher Routen im Wegenetz (Netzwerkpuffer) oder durch luftlineare (gerade, euklidische) Entfernungen (Kreispuffer) zu bestimmen. Kreisrunder Puffer bzw. euklidische Distanzen lassen, im Gegensatz zu routenbasierten Messungen und Netzwerkpuffern, die definierte Entfernungen entlang des Straßen- oder Wegenetzes eingrenzen, Barrieren, wie Bahngleisen, Gewässern oder andere unzugängliche Gebiete, unberücksichtigt [187], weshalb die Auswirkungen der physischen Umgebung auf z. B. die KA vage bleiben. Insgesamt finden Netzwerkpuffer, trotz der genannten Vorteile, sowohl in den analysierten Studien des eigenen Reviews (*Artikel 3*) als auch im Rahmen anderer systematischer Übersichtsarbeiten [187, 202] seltener Anwendung als administrative Bezirke und kreisrunde Puffer.

Insgesamt besteht in der wissenschaftlichen Literatur bislang wenig Konsens über optimale Entfernungen bzw. Pufferabstände. Für Erwachsene quantifizieren einige Studien die zumutbare, fußläufige Entfernung, die Personen bereit wären, ausgehend von ihrem Wohnsitz zu Fuß zu gehen, um Orte zu erreichen, als eine Strecke von einem Kilometer [101, 233]. Für Analysen zur Beteiligung an KA fanden Brownson et al. in ihrem Review die Anwendung von Pufferzonen mit Entfernungen von 400 bis 3.200 m [187], was die Vergleichbarkeit von Studien auf Basis GIS-basierter objektiver Operationalisierung deutlich limitiert. Auch in den untersuchten Studien der eigenen systematischen Übersicht variierte die Definition der Nachbarschaft (inklusive Puffergrößen) bzw. die Wahl der räumlichen Einheit, innerhalb derer die Determinanten des Raums bezüglich ihrer Wirkung auf die KA untersucht wurden (*Abbildung 5*).

Abbildung 5: Operationalisierung der Nachbarschaft im Review von Peters et al. (2020)



Anmerkungen: N = 35. N.A. = not applicable. Buffersizes = Größe der Pufferzonen. Dargestellt ist die Kombination objektiver und subjektiver Messinstrumente. So zeigt die Abbildung beispielsweise, dass die Messmethode des von Studienteilnehmern eingeschätzten Umkreises von 10 bis 15 Gehminuten um die individuelle Wohnadresse bei gleichzeitiger objektiver Operationalisierung von Wegstrecken innerhalb von 250–500 Metern dominiert.

Dabei reichte die Variation in Bezug auf die objektive Operationalisierung von (a) administrativen Spezifikationen, z. B. auf Basis von Postleitzahlen oder Verwaltungseinheiten (n = 7), über (b) Definitionen auf Grundlage von Erreichbarkeiten via euklidischer- oder Netzwerkdistanzen zwischen den geokodierten Wohnorten der Studiensubjekte und relevanten POIs (n = 6) bis zu (c) verschieden großen Pufferzonen um die Wohnadresskoordinaten der Studieneilnehmer*innen (n = 22). Die am häufigsten verwendete Option war die Angabe von Puffergrößen (einschließlich Kreis- und Netzwerkpuffer), die eine Zone von 250 bis 500 Meter um den jeweiligen Wohnstandort definiert (n = 13).

Da bereits bekannt ist, dass das gesundheitsrelevante Verhalten in unterschiedlichen physischen und sozialen Umgebungen variiert, wird diese Variabilität mitunter in verschieden definierten geografischen Umgebungen, aber auch in unterschiedlichen räumlichen Skalierungen untersucht. Bezüglich der KA sind beispielsweise am selben Ort unterschiedliche Ergebnisse, je nach gewählter Puffergröße oder -Art (Netzwerk- oder Kreispuffer), möglich [187, 234]. Folglich werden auch in einigen der in *Artikel 3* einbezogenen Studien, Effekte für verschiedene räumliche Skalierungen (Puffergrößen) berechnet.

Chaskin (1997) argumentiert, dass objektiv definierte geografische Gebiete keine umfassende Beschreibung für das Verständnis von Nachbarschaften erlauben, weist jedoch gleichzeitig die auf die Schwierigkeit einer subjektiven Operationalisierung hin, da Menschen täglich sogenannte „mental maps“ konstruierten, die ihre Beziehung zum Raum, ihre Bewegungsentscheidungen und sozialen Interaktion beeinflussten, und damit die individuelle Wahrnehmung der Nachbarschaft in Bezug auf verschiedene Aktivitäten und Phasen im Lebensverlaufs ständig veränderten [235]. Für subjektive Raumdefinitionen haben sich für Untersuchungen in größeren, westlichen Städten Konzepte, wie das 20-minütige Umfeld etabliert, das eine Raumabgrenzung beschreibt, innerhalb derer tägliche Aktivitäten mittels kurzer, nicht motorisierter Wege von zu Hause erledigt werden können [236]. Dies zeigt sich auch im Rahmen der eigenen Untersuchung (*Artikel 3*), in der sich eine vom Wohnort ausgehende Wegstrecke, mit einem Zeitaufwand von zehn bis 20 Minuten, als am häufigsten genutzte subjektive Definition der wahrgenommenen Nachbarschaft (n = 15) herausstellte. Dreizehn Studien verwendeten andere Definitionen, z. B. die einfache Aufforderung an die Befragten, „an ihre Nachbarschaft zu denken“. In nur einer Studie wurde die Nachbarschaft als fünfminütiges Umfeld definiert. Ein wissenschaftlicher Standard ist aber auch bezüglich dieser Messmethode nicht etabliert und derartige Konzepte sind nicht ohne weiteres auf verschiedene Regionen übertragbar, sodass auch Ergebnisse auf Basis subjektiver Operationalisierungen der Nachbarschaft nur eingeschränkt verglichen werden können.

Überdies bleiben laut Kwan (2018) in den meisten Analysen individuelle, zeit- und mobilitätsabhängige Einflüsse unberücksichtigt [237]. Diese Unsicherheit wird mit dem *uncertain geographic context problem* (UGCoP) beschrieben [238], das auf die Bedeutung des betrachteten Gebietszuschnitts hinweist. Auf dieses Problem wird vor allem bei der Bewertung von Aussagen zum Umfang individueller KA in abgegrenzten Räumen hingewiesen, die über definierte Stadtteilgrenzen oder Pufferzonen hinausgehenden Aktivitäten, also individuelle Aktivitätsräume (siehe dazu auch *Kapitel 3.2*), vernachlässigen [234, 239].

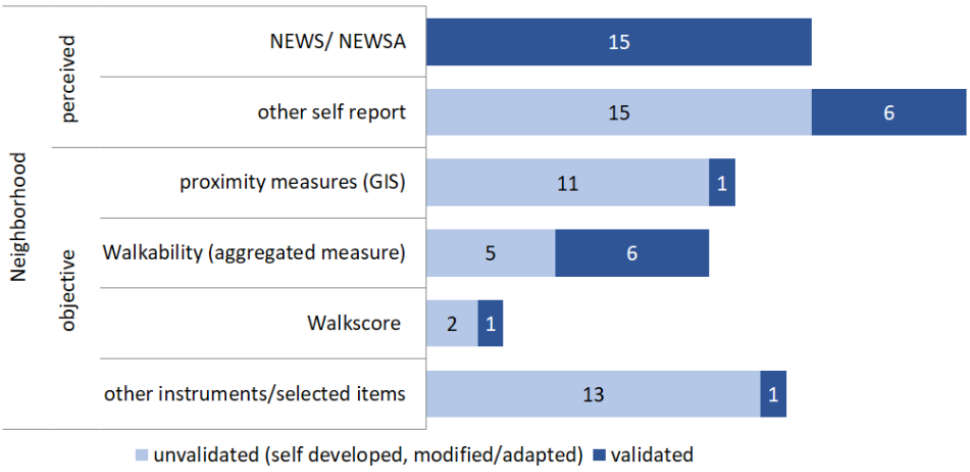
Zudem ist die Analyse zum Zusammenhang von Nachbarschaft und gesundheitsrelevantem Verhalten durch eine gewisse Unklarheit bezüglich der Wirkungsrichtung limitiert.

Dieses Problem wird mit der *neighborhood selection* beschrieben, nach der die Wohngeschichte der untersuchten Personen mitberücksichtigt werden muss [240]. Allerdings liegen Daten, die diese Informationen abbilden können, insbesondere bei rein ökologischen Analysen, selten vor bzw. werden im Rahmen von Befragungen kaum erhoben, wie sich auch im Rahmen des systematischen Reviews (*Artikel 3*) herausstellte.

5.4.2 Messmethode raumrelevanter Determinanten

Im Kapitel zur Datenherkunft (*Kapitel 5.1*) wurde bereits auf die grundsätzlichen Vor- und Nachteile objektiv erhobener und mittels Fragebogen ermittelter, durch Individuen selbst eingeschätzte Faktoren, aber auch auf die Relevanz der Berücksichtigung beider Messmethoden hingewiesen. Allerdings unterscheiden sich Ergebnisse aus Untersuchungen zu räumlichen Determinanten der Umgebung auf gesundheitliche Outcomes nicht nur basierend auf der generellen Form der Erhebung (objektiv oder subjektiv), sondern auch hinsichtlich der jeweils eingesetzten Instrumente zur Erfassung. Während sich die Messung wahrgenommener Aspekte der Umgebung häufig auf etablierte und validierte Fragebogeninstrumenten stützt, die sich – sofern für entsprechende Länder und Regionen adaptiert – für Vergleiche und Synthesen gut eignen kann, lassen die Möglichkeiten, objektive Daten zu operationalisieren, eine größere Variabilität zu. Von den in das Review (*Artikel 3)* eingeschlossenen Artikeln verwendeten beispielsweise 42 % den etablierten Neighborhood Environment Walkability Scale (NEWS), der u. a. die individuelle Wahrnehmung verschiedener Aspekte der Wohnumgebung, wie Wohndichte; Nähe und Erreichbarkeit von Einrichtungen, Straßenanbindung, Vorhandensein von Fuß- und Radwegen, Verkehrssicherheit und allgemeine Sicherheit misst [241]. Weitere 42 % ermittelten die Wahrnehmung ausgewählter Nachbarschafts-Attribute mit selbst entwickelten Instrumenten, und nur wenige gaben andere validierte Instrumente an (*Abbildung 6*). Allerdings ist für derartige Erfassungsmethoden grundsätzlich zu berücksichtigen, dass die Wahrnehmung der Umgebung sowohl durch individuelle Einstellungen und Raumerfahrungen als auch durch personenspezifisches Verhalten (z. B. häufige Spaziergänge in der Nachbarschaft) beeinflusst sein kann [187].

Abbildung 6: Objektive und subjektive Messinstrumente im Review von Peters et al. (2020)



Anmerkungen: N = 35. NEWS = Neighborhood Environment Walkability Scale. NEWSA = angepasste/adaptierte Form des NEWS. GIS = mittels geografischer Informationssysteme gemessen.

Objektive Determinanten des Raumes werden üblicherweise (sekundär) über die in vorherigen Kapiteln benannten Datenquellen bezogen bzw. über GIS-abgeleitete Maße operationalisiert. Letztere waren, beispielsweise in Bezug auf die räumlichen Distanzen, die am häufigsten verwendeten Ansätze der in das Review (*Artikel 3*) inkludierten Studien (*Abbildung 6*). Beinahe genauso häufig basierten Analysen auf der Berechnung aggregierter Maße, wie dem Walkability Index (*Kapitel 3.4.3*) – auch in angepassten und modifizierten Formen. Derartige zusammengesetzte Instrumente enthalten typischerweise Merkmale wie Dichte, Konnektivität und Flächennutzungsmix, nutzen aber, in erweiterter Form, auch Informationen zum Klima oder zur regionalen Kriminalität aus geografischen und/oder staatlichen Datenbanken.

Äquivalente räumliche Bezugsräume und Messinstrumente zur Erfassung relevanter Determinanten der Umgebung sind eine Voraussetzung für zusammenfassende Analysen und Vergleiche. Allerdings zeigt u. a. die eigene Auswertung unterschiedliche Definitionen, Operationalisierungen und Mess- und Erfassungsmethoden, die die Generalisierung von Ergebnissen erschweren.

6. DISKUSSION

Bereits im Jahr 2013 stellte das McKinsey Global Institute Berechnungen vor, nach denen allein in sieben Sektoren ein zusätzlicher globaler wirtschaftlicher Wert von mehr als drei Billionen Dollar pro Jahr durch offene Daten geschaffen werden könnte [242]. Diese Prognose dürfte sich angesichts der beständig zunehmenden Quantität von Daten, aber auch infolge der zunehmenden Expertise in der Nutzung und Bereitstellung dieser (mittels entsprechender Tools) noch erhöht haben. Stehen Datensätze in ausreichender Qualität zur Nachnutzung zur Verfügung, werden bereits durch den Verzicht auf neue/eigene aufwendige Erhebungen erhebliche Kosten eingespart. Zudem können Daten zu einer Identifikation von Überversorgungen und damit zu Einsparungen im Gesundheitswesen beitragen, aber auch die Entwicklung fortschrittlicher Therapien und Präventionsstrategien vorantreiben. Allerdings werden die enormen Potenziale, die sich für die Public Health ergeben, in Deutschland von relevanten Institutionen bzw. Entscheidungsträger*innen und Wissenschaftler*innen, aus verschiedenen Gründen, bislang noch nicht effizient genug ausgeschöpft. Offen zur Verfügung gestellte Daten scheinen aktuell häufig noch als Neben- oder Versuchsprojekt behandelt zu werden, deren Nutzen und Wertigkeit es noch eindeutiger zu beweisen gilt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Relevanz räumlicher Determinanten für die physische und psychische Gesundheit, inklusive gesundheitsrelevanter Verhaltensweisen, verdeutlicht und grundsätzlich geeignete Datenressourcen und entsprechende Nutzungsmöglichkeiten abgebildet. Anhand eines Überblicksartikels wurden schließlich eine Reihe prinzipiell für den Forschungskontext im deutschen Raum zur Verfügung stehende Daten ermittelt, die jedoch teils schwer gefunden werden können. Bislang fehlen geeignete zentrale Recherchezugänge, sodass ein aktueller, vollständiger und umfassender Überblick über die gesamte, relevante Angebotsbreite auf verschiedenen räumlichen Ebenen, vornehmlich aufgrund der sehr dynamischen Datenzuwächse, herausfordernd bleibt. Vor allem für flächendeckende Analysen zeigen sich auf verschiedenen räumlichen Ebenen Lücken in der Verfügbarkeit und eine große inhaltliche Heterogenität bezüglich der inhaltlichen Ausrichtung, des Umfangs und der Qualität verfügbarer Datenangebote. Zu-

dem bleibt häufig zunächst unklar, welche Daten tatsächlich offen – vor allem im Hinblick auf die rechtlichen Rahmenbedingungen – zur Verfügung gestellt werden. Ursächlich sind u. a. föderale Strukturen und die damit einhergehenden landeseigenen oder fehlenden Informationsfreiheits- und Datenschutzgesetze. Daneben werden der Zugang und die Weiterverwendung grundsätzlich verfügbarer Daten durch eine Reihe technischer Hürden erschwert. Ein Review zu OGD aus dem Jahr 2017 stellte bereits fest, dass zahlreiche Daten zwar zunehmend über verschiedene Plattformen im Internet veröffentlicht, aber in den meisten Fällen in nicht-offenen oder nicht-proprietären Formaten angeboten werden [243]. Fünf Jahre nachdem die Plattform *Open Data Barometer* mit der Bewertung von OGD begonnen hat, sind viele Länder, darunter auch Deutschland, die sich ausdrücklich zu offenen Daten verpflichtet haben, sogar zurückgefallen oder verzeichnen kaum Fortschritte [244].

Bezüglich der Interpretation und Vergleichbarkeit von Daten und Studienergebnissen auf Basis relevanter Daten bestehen beachtenswerte Divergenzen hinsichtlich der Definition räumlicher Einheiten bzw. der Operationalisierung der Nachbarschaft, die in der Vergangenheit bereits kritisiert wurde [81, 200]. Überdies bestätigen die eigenen Auswertungen die in früheren Arbeiten identifizierte Variabilität in den Erhebungsmethoden und im geografischen Maßstab [202] sowie die recht einseitige regionale Verortung der Untersuchungsgruppen [203]. Daraus kann eine Reihe von Problemen resultieren, die sich auf die Interpretation und Repräsentativität von Ergebnissen auswirkt. Die folgenden Abschnitte gehen auf einige daraus folgende Implikationen vertiefender ein.

6.1 Potenziale, Hemmnisse und Perspektiven

6.2.1 Finden und (Weiter-)Nutzen von Daten

Durch rapide wachsende Datenbestände haben sich in den letzten Jahren zahlreiche neue Nutzungs- und Bezugsoptionen ergeben. Für die Entwicklung von Gesundheitsstrategien im Verständnis von *Health in all Policies*, in dem gleich mehrere Sektoren auf die ressortübergreifende Nutzung und Verknüpfung von Informationen angewiesen sind, bildet ein offener Zugang zu entsprechenden Daten eine essenzielle Voraussetzung. Angetrieben wird diese Öffnung aktuell vor allem im Bereich der Verwaltungsdaten, für die im

Rahmen des ersten Open-Data-Gesetzes (2017) (§ 12a EGovG)[49] die Verpflichtung für Behörden der unmittelbaren Bundesverwaltung zur offenen Rohdaten-Bereitstellung formuliert wurde, Anforderungen bezüglich der Aktualität und Nutzungsbedingungen der Daten allerdings überwiegend offenließ. In der im Juli 2021 veröffentlichten *Open-Data-Strategie*[50] der Bundesregierung, die aus dem zweiten Open-Data-Gesetz[51] hervorgeht, wurden einige Aspekte, beispielsweise zur rechtlichen Offenheit (durch das „Open by Default"-Prinzip), konkretisiert und zudem auf Behörden der mittelbaren Bundesverwaltung ausgeweitet [245]. Ab dem Jahr 2024 müssen nunmehr auch von der Bundesverwaltung oder im Auftrag erhobene Forschungsdaten und Ergebnisse entgeltfrei, als Open Data, verfügbar gemacht werden. Besonders finanzschwache Kommunen und Länder sehen sich in diesem Zusammenhang zum Teil mit offenen Finanzierungsfragen konfrontiert, die auf der jeweiligen Ebene selbst gelöst werden müssen, obgleich der generelle Umsetzungsrahmen[52] national reglementiert ist. Eine entsprechende Berücksichtigung im Bund-Länder-Finanzausgleich könnte die Bereitstellungsprozesse beschleunigen.

Stärkstes Hemmnis für die Nutzung ist bislang noch die Auffindbarkeit von Daten. So sind einige Informationen versteckt und nur maschinell auffindbar und extrahierbar. Dies betrifft beispielsweise Ressourcen, die in bestimmten Formaten[53] in Webseiten eingebettet sind. Einige Webseiten oder Webdienste[54] bieten allerdings sogenannte API-Schnittstellen für die Abfrage und den Zugriff an. Recherchen über Suchmaschinenabfragen hingegen setzen zunächst eine Indizierung der Daten voraus, z. B. auf Basis technischer Offenheit und ausgestattet mit *Metadaten* (dazu auch *Kapitel 6.2.4*). Zwar existieren aktuell verschiedene Portallösungen, insbesondere für OGD, sowie einige Open Data-Sammelportale, allerdings entwickeln diese sich vielfach parallel zur eigenständigen Bereitstellung verschiedener Datenanbieter*innen. Neben der zunehmenden Unübersichtlichkeit

[49] Gesetz zur Förderung der elektronischen Verwaltung: http://www.gesetze-im-internet.de/egovg/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[50] Open Data Strategie der Bundesregierung: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/moderne-verwaltung/open-data-strategie-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [zuletzt abgerufen am 21.09.2022.]
[51] Zweites Open Data Gesetz und Datennutzungsgesetz: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/zweites-open-data-gesetz-und-datennutzungsgesetz.html [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[52] Richtlinie (EU) 2019/1024 vom 20. Juni 2019: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1024&from=DE [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[53] Beispiele sind JavaScript Object Notation (JSON), Hypertext Markup Language (HTML), Extensible Markup Language (XML) oder das Resource Description Framework (RDF)-Formate.
[54] Beispiele für API-Schnittstellen sind Open Corporates, eine Website, die Daten über Unternehmen teilt (https://api.opencorporates.com/) oder OSM (https://wiki.openstreetmap.org/wiki/API) [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

des Angebotsspektrums führt dies mitunter zusätzlich dazu, dass etablierte Datenstandards unbeachtet bleiben. In einzelnen Bereichen haben sich in der Vergangenheit bereits Initiativen hervorgetan, die daran arbeiten, die Verfügbarkeit, den Zugang und die Weiterverwendung von Daten zu verbessern – beispielsweise die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI)[55] für den Bereich der Forschungsdaten – diese arbeiten jedoch bislang überwiegend unabhängig und kaum vernetzt. Ein einheitliches, themen- und sektorenübergreifendes Datenökosystem, das ein Auffinden und Nachnutzen interessierender Daten erheblich erleichtern und beschleunigen könnte, fehlt hierzulande bislang. Im Rahmen der *Open Data Strategie* arbeitet die Bundesregierung aktuell an einer technischen Lösung zur Anbindung und Verknüpfung aller bestehenden deutschen Datenportale mit dem Ziel eines Dateninstituts [245]. Dies sind vielversprechende Aussichten, denn für wissenschaftliche Analysen und Planungen von Maßnahmen ist es notwendig, nicht nur Daten der öffentlichen Verwaltung, sondern auch jene unterschiedlicher Ressorts, Institutionen und Datenanbieter (wie in *Kapitel 5.1* aufgeführt) übergreifend zusammenzuführen und zu nutzen. Die *Initiative für ein deutsches Dateninstitut*, als deren Vorbild das Open Data Institute (ODI) in Großbritannien dient, legte bereits eine Diskussionsgrundlage vor, wie die Zusammenführung aktuell noch nebeneinander aktiver Sektoren, wie der Verwaltung (OGD), Citizen Science, Open Science und Wirtschaft realisiert werden könnte [246]. Dem Konzept zufolge gelte es vor allen Dingen auch, essenzielle Vorhaben, wie die europäische und nationale Datenstrategie[56], den Data (Governance) Act[57], die NFDI und das Datennutzungsgesetz (DNG)[58] zu begleiten.

Allerdings führt weniger der Umfang als vielmehr die Relevanz des Datenangebots zu einer effizienten Ausschöpfung. Auch lässt sich der Ressourcenaufwand für die Bereitstellung leichter begründen, wenn bekannt ist, dass entsprechende Angebote tatsächlich genutzt werden. Vorgeschlagen wird daher, das Nutzungsverhalten zu evaluieren oder

[55] Website der NFDI: https://www.nfdi.de/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[56] Europäische Datenstrategie: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_de, Datenstrategie der Bundesregierung: https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/datenstrategie-der-bundesregierung-1845632 [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[57] Verordnung (EU) 2022/868 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2022 über europäische Daten-Governance und zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/1724 (Daten-Governance-Rechtsakt): https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32022R0868 [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[58] Gesetz für die Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors (DNG): https://www.gesetze-im-internet.de/dng/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

auch gezielte Anfragen potenzieller Nutzergruppen zu gewünschten Daten und Formaten einzuholen [17]. Einige bereitstellende Einrichtungen, wie das Open Daten Portal NRW[59], erheben bereits, wofür ihre Daten ganz konkret genutzt wurden.

Das Fehlen objektiver Daten in bestimmten Regionen oder in bestimmten Verwaltungsgebieten, insbesondere in kleinsten räumlichen Einheiten, kann methodisch durch räumliche Glättungsverfahren (gleitende Einzugsgebiete, Kernel-Dichte-Schätzung, räumliche Interpolationen etc.) ausgeglichen werden [247]. So basieren beispielsweise flächendekkende, kleinräumige Klima- und Wetterdaten, aber auch Datensätze zur Verteilung von Luftschadstoffen überwiegend auf Interpolationsberechnungen, da sich entsprechende Messstationen nur an spezifischen Standorten befinden. Böhme et al. [248] empfehlen überdies, bei Datenlücken qualitatives Expertenwissen von örtlichen Akteuren aus Stadtentwicklung, Umwelt, Verkehr, Sozialwesen, Nachbarschaftszentren, etc. einzubeziehen bzw. mit objektiven Befunden abzugleichen.

6.2.2 Anforderungen an die Daten

Eine effiziente Weiterverwendung von Daten setzt nicht nur voraus, dass diese aktuell, in hoher Qualität (bestenfalls als Rohdaten), vollständig, dauerhaft, qualitätsgeprüft und ausgestattet mit Nutzungsrechten zur Verfügung stehen, sondern bestenfalls auch in einem einheitlichen Format, das Interoperabilität ermöglicht [249]. Die eigene Auswertung zeigt, dass je nach Thema und Datenquelle unterschiedlichste Daten häufig in differenzierten Formaten, u. a. als statische PDF- oder Bilddateien vorliegen. Einige Sammelportale weisen auch Daten mit nicht-offenen Standards und stark eingeschränkten Nutzungsrechten aus und begründen dies mit der Vorhaltung eines möglichst umfassenden Angebots, um das Interesse an den jeweiligen Informationen nachweisen zu können [250].

Aber auch technisch offene Daten bereiten mitunter Schwierigkeiten. Zu den häufigsten Problemen gehören verschiedene Datumsformate, redundante Daten, unterschiedliche numerische Skalen und Wertebereiche, aber auch Rechtschreibfehler. Inzwischen existieren eine Reihe nützlicher Werkzeuge, z. B. das Tool *OpenRefine*[60], die derartige Fehler

[59] Ein Beispiel ist das Open Daten Portal NRW: https://open.nrw/wofuer-haben-sie-open-data-genutzt-0 [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[60] Open Refine: https://openrefine.org/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

bereinigen und damit die Kombination von Datensätzen aus verschiedenen Quellen unterstützen können. Zudem enthalten offene Dateiformate, wie CSV-Dateien, je nach Quelle, verschiedene Zeichenkodierungen, Spaltentrenner, Dezimaltrennzeichen, etc., die vor einer Datenverknüpfung zunächst korrigiert werden müssen. Zur Lösung dieses Problems bietet beispielsweise die Anwendung *Frictionless Data*[61], eine Initiative der Open Knowledge Foundation, die Möglichkeit einer automatisierten Validierung, inklusive präziser Daten(typen)beschreibungen, die zusätzlich das Auffinden von Informationen erleichtern kann. Die Datensets des Open-Data-Portals Schleswig-Holstein[62] weisen bereits mehrere Datensätze mit derartigen Beschreibungen aus.
Zur Verbesserung der Auffindbarkeit, Wiederverwendung und Interoperationalität von OGD entwickelte die Europäische Kommission das *DCAT-Anwenderprofil* (DCAT-AP)[63], eine Erweiterung des europaweit harmonisierten *Metadatenstandards DCAT*[64], mit dem sich validieren lässt, inwieweit (eigene) Metadaten den erforderlichen Standards entsprechen. Hierfür befindet sich überdies aktuell ein *DCAT-Validator*[65], in Form eines Dashboards in der Betatestphase, mit dem Standards für den Datenaustausch auf europäischer Ebene geprüft werden können. Einige Bundesländer, wie Nordrhein-Westfalen (NRW), stellen bereits eigene Dashboards zur Überprüfung von Metadaten bereit[66].

Die Datenbereitstellungsseite betreffend werden, der letzten jährlichen Evaluation im Rahmen des *Data Majurity Reports* (2021) zufolge, neben Einschränkungen bei der Nutzung etablierter Bereitstellungs-Katalogsysteme, wie zum Beispiel dem *Comprehensive Knowledge Archive Networks* (CKAN)[67], vor allem Schwierigkeiten bezüglich der korrekten Zuordnung von Themen zu den Daten, aber auch nach wie vor bestehende Lücken im Wissen über Linked-Open-Data benannt [251]. In diesem Zusammengang weist der *Arbeitskreis Datenflow* des Interop Councils aktuell (im August 2022) angesichts des

[61] Frictionless Data: https://frictionlessdata.io/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[62] Dies ist ein Beispiel der Open Data Plattform Schleswig Holstein: https://opendata.schleswig-holstein.de/dataset/badegewasser-messungen [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[63] DCAT-Anwenderprofil der Europäischen Kommission: https://joinup.ec.europa.eu/collection/semantic-interoperability-community-semic/solution/dcat-application-profile-data-portals-europe [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[64] Data Catalog Vocabulary (DCAT) - Version 2: https://www.w3.org/TR/vocab-dcat-2/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[65] DCAT-AP.de Validator: https://www.itb.ec.europa.eu/shacl/dcat-ap.de/upload [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[66] Test der Metadatenqualität auf Open NRW: https://mqa2-open.nrw.de/mqa/?locale=de [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[67] CKAN ist eine webbasierte Datenkatalog-Software für das Teilen offener Daten.

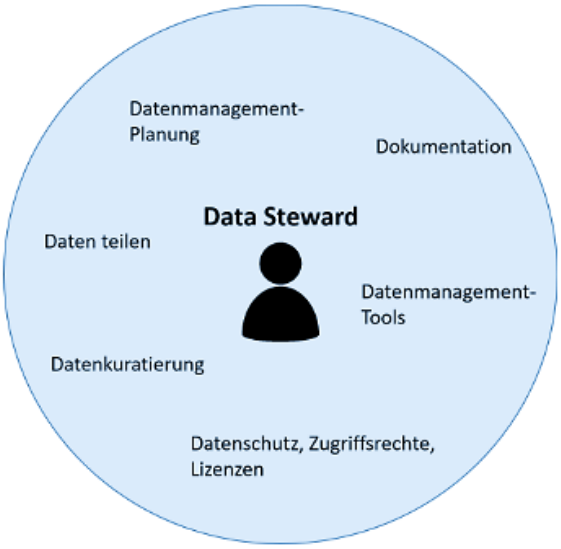
Drucks zur Digitalisierung des Gesundheitswesens, der eine zügige Umsetzung von Interoperabilitätslösungen erfordert, auf den drohenden Fachkräftemangel hin [252]. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der im Rahmen der *Open-Data-Strategie* geplanten Digitalakademie, durch die mittels umfassender Fortbildungsangebote Datenkompetenzen geschaffen bzw. verbessert werden sollen [245]. Vorgeschlagen wird außerdem, nicht-wiederverwendbare, nicht-erweiterbare und international nicht abgestimmte, proprietäre Datenformate künftig zu vermeiden, und sich stattdessen auf eine Sammlung (onkologischer) Basisspezifikationen zu einigen, die, orientiert an *Use Cases*, gegebenenfalls fachspezifisch erweitert werden können [252]. Bezüglich internationaler als auch fachinterner Datenaustauschszenarien zeigt sich allerdings ein noch zu geringer Konsens. So operieren nicht nur nationale Dateninitiativen, wie die NFDI, die u. a. daran arbeitet, Forschungsdaten hinsichtlich der Formate und beschreibenden Metadaten systematisch zu erschließen, und national und international zu vernetzen [253], hauptsächlich neben vergleichbaren Bewegungen in Verwaltung und Wirtschaft, etc. Auch innerhalb dieser Strukturen besteht nach wie vor disziplinenspezifischer Abstimmungsbedarf. Beispielsweise erarbeitet die Nationale Forschungsdateninfrastruktur für personenbezogene Gesundheitsdaten (NFDI4Health)[68] derzeit in ca. 30 thematischen Konsortien zahlreiche Handreichungen und Hilfestellungen. Da aber, u. a., die Betrachtung von Zusammenhängen zwischen Raum und Gesundheit eine Querschnittsaufgabe ist, die verschiedene Bereiche – und aus diesen resultierende Forschungsdaten – wie z. B. die öffentliche Gesundheit, Stadtplanung, Geografie und Psychologie, Sozialwissenschaften umfasst, können viele Probleme, wie die der Interoperationalität, nicht allein fachspezifisch gelöst werden.

Maßgeblich für die effiziente Weiternutzung von Daten ist nicht nur, dass diese in ausreichender Dokumentation (mit Metadaten ausgestattet) vorliegen und Informationen darüber ausweisen, wie diese entstanden (*Provenance*) und zu interpretieren sind, sondern auch, dass diese mit klar definierten Nutzungsrechten ausgewiesen werden. Diese Aspekte werden auch explizit in den *FAIR-Prinzipien* (unter „R“ – **R**eusability) adressiert [215]. Die Europäische Kommission gibt für ihre geförderten Projekte im Rahmen von

[68] Website der NFDI4Health: https://www.nfdi4health.de/en/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

Horizont Europa bereits gezielte Vorgaben, welche Informationen in den Metadaten enthalten sein müssen. Dies inkludiert, neben erforderlichen Beschreibungen zum Datensatz, u. a. Informationen zum Embargo[69], den Lizenzbestimmungen sowie zum Persistent Identifier – bestenfalls für jede der am Forschungsergebnis beteiligten Institutionen [217]. Ein nachhaltiges *Forschungsdatenmanagement* (FDM) ist eine notwendige Voraussetzung zur Erfüllung derartiger Vorgaben, aber auch zur Umsetzung einer *Open Science*, und vermehrt wird gefordert, das FDM in Form von Datenmanagementplänen zu dokumentieren. Zur Unterstützung wurden in den letzten Jahren an den meisten deutschen Universitäten zentrale FDM-Kontaktstellen eingerichtet, die z. B. hilfreiche Hard- und Softwarelösungen bereitstellen, aber auch Beratungsangebote und Schulungen zum Datenmanagement anbieten. In zwei Bundesländern[70] wurde die Bedeutung von *Open Science* bereits explizit in den aktuellen Koalitionsverträgen hervorgehoben und Pläne für ein FDM vorgestellt. Zudem entwickelt sich mit dem sogenannten *Data Steward* aktuell eine neue Rolle, mit den in *Abbildung 7* aufgezeigten Aufgaben, die Wissenschaftler*innen im Zuge zahlreicher Prozesse unterstützen soll.

Abbildung 7: Aufgaben eines Data Stewards



Quelle: Steinke et al. (2022) [254]

[69] Sperrfrist, in denen die Publikationen nach deren Veröffentlichung noch nicht frei online gestellt werden dürfen und die von den Verlagen vorgeben wird [217].

[70] Koalitionsverträge in NRW (https://gruene-nrw.de/dateien/Zukunftsvertrag_CDU-GRUeNE_Vorder-und-Rueckseite.pdf/) und Schleswig Holstein (https://www.cdu-sh.de/sites/www.cdu-sh.de/files/koalitionsvertrag_2022-2027_.pdf/) [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

Als Handreichung für die Wissenschaft hat die Europäische Kommission in der *European Open Science Cloud*[71] und auf der Plattform *Open Research Europe*[72] Instrumente zum FDM zur Verfügung gestellt. Bezüglich der passenden Auswahl von Lizenzierungen bietet das *Europäische Datenportal* einen Lizenzassistenten[73]. Als Teil der *Open Data-Strategie* und auf Grundlage der *FAIR-Prinzipien* ist für Anfang 2023 am RKI die Pilotphase der digitalen Metadaten-Exchange-Plattform „MEx"[74] geplant, die durch eine Katalogisierung von Metadaten die Bereitstellung, das Auffinden und die Weiterverwendung von Daten und Metadaten zu Forschungsaktivitäten vereinfachen soll.

6.2.3 Datenschutz, Datensouveränität und Solidarität

Insbesondere im Bereich der Epidemiologie und den Gesundheitswissenschaften, und dem damit häufig zusammenhängen Umgang mit personenbezogenen Daten, sind Aspekte des Datenschutzes von großer Bedeutung. Auch für Quellen im Rahmen der Citizen Science, wie Geodaten aus OSM-Netzwerk, werden Aspekte der Vertraulichkeit immer wieder kritisch diskutiert [255]. Allerdings limitieren diese die Nutzungsmöglichkeiten für Forschungszwecke, sowie für die Früherkennung und das Monitoring zahlreicher Erkrankungen. Die Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin (DGIM) fordert daher aktuell eine Anpassung der Datenschutzbestimmungen in Deutschland [256] und verweist in diesem Zusammenhang auch auf den enormen Datenschatz, der durch die individuelle Dokumentation von Gesundheitsdaten bzw. Daten zum gesundheitsrelevanten Verhalten mittels digitaler Geräte (Smartwatches, Smartphones, etc.) in einem Umfang entsteht, wie er im Rahmen von Studien kaum erhoben werden könne [257]. Allerdings haben sich zuletzt, im Rahmen der Nutzung individueller Standorts- und Bewegungsdaten im Zuge der COVID-19-Pandemie, immer wieder auch rechtliche Bedenken und Unsicherheiten über die tatsächliche und effektive Anonymisierung personenbezogener Daten seitens der Mobilfunkanbieter offenbart [258, 259]. Grundsätzlich geht mit derartigen sensiblen In-

[71] Europäische Open Science Cloud (EOSC):https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/open-science-cloud [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[72] Open Research Europe: https://open-research-europe.ec.europa.eu/for-authors/data-guidelines/#prepareyourdata [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[73] Lizenzassistent der EU: https://data.europa.eu/de/training/licensing-assistant [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[74] Metadata Exchange Plattform (MEx):https://www.rki.de/DE/Content/Forsch/MEx/MEx_node.html [zuletzt abgerufen am 21.09.2022]. MEx soll nach der aktuellen internen Pilotenphase ab Anfang 2023 auch für die Allgemeinheit zugänglich sein.

formationen der Anspruch einher, vor Zugriffen geschützt zu werden. Die Kontrollierbarkeit von Daten durch einzelne Personen, aber auch durch (Forschungs-) Institutionen, Unternehmen, Behörden oder ganzen Staaten beschreibt unter dem Begriff der *Datensouveränität* die Möglichkeit der Kontrolle über deren Erhebung, Speicherung, Zugänglichkeit, Nutzung und Verarbeitung [260]. Grundsätzliche Voraussetzung ist die Anonymisierung personenbezogener Informationen, aber auch eine entsprechende Infrastruktur zum sicheren Datenaustausch, inklusive unabhängiger Akteur*innen – der Koalitionsvertrag nennt sie *Datentreuhänder* [261] –, die eine vertrauenswürdige Datennutzung garantieren. Für den Themenbereich ökonomischer Daten wurden im Rahmen europäischer und internationaler Initiativen, wie *Gaia-X*[75] oder der *International Data Spaces Association* (IDSA)[76], bereits entsprechende Datenräume und -standards zur Sicherstellung der Datensouveränität entwickelt.

Hinsichtlich der Nutzbarmachung von Daten, inklusive sogenannter *Datenspenden*[77], werden aber auch immer wieder (ethische) Zielkonflikte – im Sinne unterschiedlicher Interessen seitens der Forschung, Gesundheitsversorgung, Versicherungen, Industrie und Nutzer – diskutiert, und damit die Frage, ob derartige Daten tatsächlich solidarisch geteilt und genutzt sollten [262]. Beispielsweise wird argumentiert, dass personenbezogene Daten zwar einerseits wertvolle medizinische Erkenntnisse generieren und Verbesserungen in der Gesundheitsversorgung initiieren können, aber andererseits auch für ökonomisch relevante Berechnungen bei Versicherungen oder zur wettbewerbsorientierten Entwicklung und Optimierung von Produkten infrage kommen [262]. Primär hängen Umfang und Nachnutzungsoptionen sensibler Daten, und damit auch die *Datensolidarität*, von Vereinbarungen der datenerhebenden, -sammelnden bzw. -bereitstellenden Akteur*innen, gesetzlichen Bestimmungen und der Zustimmung der Patient*innen/Studienteilnehmer*innen/Datenspender*innen ab. Insbesondere die Bereitschaft letztgenannter Gruppen wird maßgeblich von individuellen Einstellungen bezüglich der öffentlichen Gesundheitsforschung beeinflusst [263]. In diesem Zusammenhang sind nicht zuletzt aufgrund der in den letzten Jahren global gestiegenen Skepsis gegenüber der Wissenschaft

[75] Deutscher Gaia-X Hub: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[76] International Data Spaces: : https://internationaldataspaces.org/ [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].
[77] Gemäß dem Deutschen Ethikrat kann die erteilte Zustimmung zur Nutzung persönlicher Daten zu medizinischen oder medizinbezogenen Forschungszwecken als „Datenspende“ verstandenen werden [262].

[264] Anstrengungen in der Öffentlichkeitsarbeit, speziell der Wissenschaftskommunikation, notwendig, um das Vertrauen in die Forschung wieder zu stärken. Dazu gehört auch eine mögliche Beteiligung der Bevölkerung an Forschungsprojekten im Rahmen partizipativer Ansätze, wie der Citizen Science.

Eine kürzlich veröffentlichte Studie, die 1792 Manuskripte auf die Einhaltung der Datenverfügbarkeitserklärung (DAS) prüfte, also die Angabe, dass die Autor*innen bereit seien, ihre Forschungsdaten zu in Open-Access-Zeitschriften veröffentlichten Resultaten auf Wunsch bereitzustellen, kam zu dem Ergebnis, dass 93 % der Autor*innen auf entsprechende Nachfragen entweder gar nicht antworteten oder es sogar ablehnten, ihre Daten zu teilen [266]. Auch mehrere Analysen aktueller COVID-19-Studien [267, 268] bestätigen den Befund, dass 50 bis 80 % der Forschenden nicht vorhatten, ihre Daten zu teilen. Li et al. [268] vermuten, dass vielfach noch das Verständnis für die Bedeutung einer gemeinsamen Datennutzung fehle. Häufig bestehen seitens der Wissenschaftler*innen auch Unsicherheiten über die rechtlichen Bedingungen und Eigentumsverhältnisse ihrer Daten. Wünsche et al. [265] schlagen einen Online-Katalog vor, der Textbausteine für entsprechende Verträge und Richtlinien bereitstellt. Zudem empfehlen die Autor*innen einen technischen Ansatz in Form eines virtuellen Assistenten[14], mit dem sich anhand eines strukturierten Fragebogens urheberrechtliche Unsicherheiten klären ließen, aber auch die Frage danach, ob vorliegende Daten als „personenbezogen“ einzustufen sind und somit entsprechenden gesetzlichen Anforderungen unterliegen [265].

Auf kleinräumiger Ebene bzw. in dünn besiedelten Gebieten sind meist nur wenig Daten verfügbar, die aufgrund der zu geringen Anonymisierungsmöglichkeiten nicht genutzt werden können, was dazu führen kann, dass z. B. seltene Erkrankungen, Expositionen oder auch bestimmte Bevölkerungsgruppen unberücksichtigt bleiben. Da derartige Probleme nicht in allen Fällen durch die Verwendung aggregierter Daten gelöst werden können oder auch sollen [269], wurden für vertrauliche, individuelle Daten mit Raumbezug in den letzten Jahren verschiedene Methoden zur Anonymisierung (z. B. Geomaskierung) vorgeschlagen [270, 271]. Ein solcher Ansatz, der die personenspezifischen, geografischen Informationen (z. B. exakt bekannte Koordinaten von Wohnadressen) durch eine

stochastische oder deterministische Störung verändert [269], wurde auch in der empirischen Arbeit (*Artikel 2)* genutzt. Allerdings wirkt sich die aus dieser Methode resultierende Standortverschiebung in räumlichen Analysen auch verzerrend auf die Genauigkeit der Ergebnisse aus. Zudem können derartige Manipulationen räumliche Fehler in den neuen Datensatz einschleusen, die sich z. B. bei der Nach- und Weiternutzung, z. B. durch Unwissenheit, vergrößern kann. Dies verdeutlicht noch einmal mehr die Bedeutung qualitativ hochwertiger Metadaten und einer aussagekräftigen Dokumentation der Methoden für die korrekte Interpretation der Daten und Ergebnisse.

6.2.4 Generalisierbarkeit und Vergleichbarkeit von Daten und Forschungsergebnissen

In *Kapitel 5.4.1* wurden einige Herausforderungen beschrieben, die die Vergleichbarkeit und Interpretation gesundheitsrelevanter Daten und Ergebnisse erschweren. Dazu gehören unterschiedlich definierte Räume, Maßstäbe, geografische Ausdehnungen und damit einhergehende Datenaggregationen. Ein gesicherter Konsens besteht bislang weder für die am besten geeigneten geografischen Maßstäbe und Raumeinheiten [272, 273], noch für eine operationelle Definition der „Nachbarschaft“ [110, 187, 274]. Nicht selten werden Räume entsprechend der Datenverfügbarkeit gewählt, obgleich es sinnvoller wäre, diese nach z. B. sozialen Gesichtspunkten abzugrenzen oder individuelle Wohnumgebungen zu definieren [110]. Bei der Nutzung administrativer Raumabgrenzungen muss vor allem bedacht werden, dass z. B. Wohnumgebungen nicht statisch sind und sich über Grenzen definieren, sondern durch soziale Interaktionen und physische Aktivitäten. Dementsprechend kritisieren Perchoux et al. (2016) Verwaltungseinheiten als ungeeignet, da diese die tatsächlichen, individuellen Erfahrungen mit der Umgebung sowie persönliche Bewegungsmuster nicht repräsentieren können [231]. Einige Autor*innen weisen auf ähnliche Probleme mit Puffern hin, da auch diese ausschließlich die Umgebung des Wohnorts bewerten und nicht notwendigerweise das Gebiet repräsentieren, mit dem eine Person interagiert. Dadurch, so die Argumentation, würde die räumliche Variabilität auf individueller Ebene (z. B. Orte außerhalb des Wohnorts, die während täglicher Aktivitäten aufgesucht werden) außer Acht gelassen und die Exposition gegenüber verschiedenen Umgebungen unterschätzt [275]. Neuere Arbeiten bezeichnen dieses Risiko, den Einfluss

des Kontexts ausschließlich auf die Wohnumgebung zu reduzieren, als „Wohngebietsfalle" [239]. Zwar wurden in der jüngsten Vergangenheit bereits einige neue Theorien und Instrumente, z. B. zu Aktivitätsräumen [42] oder auch Raumsyntaxen entwickelt [276], allerdings basiert ein Großteil der Forschung auf (sekundären) Datensätzen, die in der Regel nur den Wohnort der Personen enthalten.

An einigen Stellen der Arbeit wurde bereits darauf hingewiesen, dass sich verschiedene Informationen und Aussagen, je nach globaler, geografischer Verortung, nur begrenzt auf andere Regionen übertragen lassen. Ursächlich sind die jeweiligen spezifischen Kontexte, wie Klima, lokale Kultur und Geschichte, durch die verschiedene Lokalitäten geprägt sind. Im Rahmen von Analysen zum Zugang und zur Erreichbarkeit werden beispielsweise der Flächennutzungsmix, Entfernungen zu gesundheitsrelevanten Ressourcen, oder auch die Walkability gemessen, aber über diese räumlichen Entfernungen hinausgehende Aspekte vernachlässigt. Dazu gehören soziale und materielle Aspekte, aber auch kulturell gewachsene Charakteristiken im Städtebau oder jene bezüglich der Verkehrsmittelwahl, die sich je nach geografischer Region unterscheiden und zudem zu individuell unterschiedlichen Wahrnehmungen und Bewertungen der Umgebung führen können [277]. In mitteleuropäischen Städten zeigt sich geschichtlich bedingt größtenteils eine geringere Zersiedlung und damit höhere Dichte und Konnektivität als beispielsweise in nordamerikanischen Umgebungen [278]. In diesem Zusammenhang bestätigt die eigene systematische Auswertung (*Artikel 3*) die bereits in früheren Übersichtsarbeiten [163, 202, 279] herausgestellte regionale Selektivität der Studien, die zum Großteil in Nordamerika und überdies überwiegend in städtischen Gebieten durchgeführt wurden. Da die daraus gewonnenen Erkenntnisse weder verallgemeinert noch auf andere Regionen, wie z. B. auch den europäischen Kontext, übertragen werden können, betonten Frank et al. [131] bereits die Notwendigkeit, ähnliche Studien in einem breiteren Spektrum anderer Länder durchzuführen. Alternativ kann es zielführend sein, objektive Faktoren mit anderen Faktoren, die soziale, kulturelle und sozioökonomische Kontexte widerspiegeln, zu verknüpfen. Für städtische Vergleiche hat die Internationale Organisation für Normung (ISO) einheitliche

Standards zur Berechnung einiger relevanter Indikatoren veröffentlicht [280], jedoch geben diese nur aggregierte Werte auf Stadtebene an und lassen damit wesentliche Informationen zur Identifikation kleinräumiger Ungleichheiten unberücksichtigt.

Die große Wertigkeit von OSM, als internationale Datenressource, wurde an vielen Stellen der Arbeit bereits herausgehoben. Dennoch gibt es auch immer wieder Bedenken bezüglich der Qualität und Quantität der Daten, die jeweils von den Beitragenden abhängt. Zwar wird die Vollständigkeit, insbesondere für städtische Gebiete, als sehr hoch eingeschätzt [219], bekannt ist aber auch eine globale Nord-Süd-Verzerrung, die zum Teil aus sozioökonomischen und digitalen Ungleichheiten resultiert [281]. Unterschiede im Umfang der Daten zeigen sich gleichwohl in reichen und armen Stadtteilen, städtischen und ländlichen Gebieten oder Industrie- und Entwicklungsländern [219, 281]. Liu et al. stellen zudem in verschiedenen Studienregionen Unterschiede in der Erfassung, dem Detaillierungsgrad und der Genauigkeit fest [282]. Je nach regionaler Datendichte besteht daher die Gefahr, auf Grundlage von OSM-Daten errechnete Erreichbarkeiten zu über- oder unterschätzen. Zwar können Datenangebote aus offiziellen Quellen oder von privatwirtschaftlichen Unternehmen (wie *Google Maps)* einige Aspekte partiell kompensieren, aber dieser Nutzung stehen teils Beschränkungen in der Anzahl der Abfragen (z. B. für Koordinaten von POIs) oder auch Kosten gegenüber. Inzwischen wurden einige Instrumente zur Validierung und Eignung von OSM-Daten für Analysen entwickelt. Im Rahmen der Erstellung von Indikatoren für die Walkability in Städten konzipierten beispielsweise Liu et al. ein Open-Source-Framework, das potenzielle Verzerrungen durch eine Kombination von quantitativen und qualitativen Datenvalidierungsmethoden identifizieren soll [282]. Um zuverlässigere Ergebnisse zu erzielen und Einschränkungen im Detaillierungsgrad auszugleichen, wird in der Literatur auch die Kombination von Datensets aus verschiedenen Quellen vorgeschlagen [282, 283]. So können beispielsweise Satellitenbilder (z. B. aus der Copernicus-Datenbank) nicht zwischen öffentlichen und privaten Grünflächen unterscheiden, während OSM diese Flächen möglicherweise nicht überall einheitlich und vollständig abbildet.

Im Vergleich zu befragungsbasierten Ergebnissen zum Einfluss verschiedener Faktoren der Wohnumgebung auf die Gesundheit ist der auf objektiv gemessenen Determinanten

basierende Forschungsstand weniger konsistent [195]. Es ist davon auszugehen, dass GIS-basierte Messungen die aktuelle Situation, Bedürfnisse und Erfahrungen, und damit den Einfluss auf individuelles gesundheitsrelevantes Verhalten nur unzureichend widerspiegeln können [284]. Eine entsprechende Variabilität in den Forschungsresultaten zeigt sich sowohl in systematischen Reviews zu Untersuchungen bei älteren Erwachsenen [199, 200, 285], jüngeren Älteren [202] und Kindern [286]. Inwieweit Ergebnisse demnach generalisiert werden können, ist daher noch Gegenstand der wissenschaftlichen Debatte [287]. Hauptursache bleiben die zahlreichen in dieser Arbeit benannten methodischen Unterschiede, die bereits von anderen Autor*innen festgestellt wurden [195, 199, 285]. Um belastbare Erkenntnisse zu gewinnen, sind vergleichbare Methoden sowie standardisierte und validierte Messgrößen, die auf einheitlichen Instrumenten in Bezug auf eine bestimmte Zielgruppe basieren, nötig. Die Harmonisierung von Definitionen und altersgerechten (objektiven und wahrgenommenen) geografischen Skalen kann die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verbessern und ein Zusammenführen von Daten ermöglichen. Praktische Grundlagen in Form standardisierter Vorlagen und Vorgaben für die Auswahl und Operationalisierung von Daten und Instrumenten wurden vom IPEN-Konsortium konzipiert und bereitgestellt [132, 288]. Für eine Betrachtung umweltbedingter Belastungen auf Stadtebene empfiehlt das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) in ihrer *Toolbox Umweltgerechtigkeit*[78] ausgewählte, vergleichbare Basis- und Vertiefungsindikatoren [289].

6.2 Stärken und Schwächen der eigenen Arbeit

In diesem Kapitel sollen die Stärken und Schwächen der Gesamtsynthese benannt und jene der Einzelarbeiten eingeordnet werden, die für die übergeordnete Forschungsfrage von Bedeutung sind. Darüber hinausgehende und dezidierter benannte methodische Limitationen können den jeweiligen Veröffentlichungen [159, 162, 201] entnommen werden.

Diese Dissertation umfasst mit den Recherchen, deren Resultate mit *Artikel 1* veröffentlicht sind, einen – eigenen Wissens nach – ersten und bislang einzigen Aufschlag einer

[78]Toolbox Umweltgerechtigkeit: https://toolbox-umweltgerechtigkeit.de/daten-und-informationen/daten-und-indikatoren [zuletzt abgerufen am 21.09.2022].

Übersicht relevanter Datenressourcen und -zugänge, inklusive Angaben zu deren Offenheit, für den spezifischen Kontext der raumbezogenen Gesundheitsforschung. Die Ergebnisse wurden u. a. als Webkarte visualisiert und über ein Github bereitgestellt, sodass sich die Inhalte von jedermann weiterbearbeiten und ergänzen ließen. Die zusätzlich in einem Repositorium veröffentliche Datenbank erlaubt einen barrierefreien Zugang und eine uneingeschränkte Weiternutzung. Im Rahmen der empirischen Studie (*Artikel 2*) wurden erstmalig räumlich relevante Faktoren wie Nähe, Wetterbedingungen und die sozioökonomische Komposition der Bevölkerung auf der Ebene der Nachbarschaft in einem deutschen Kontext analysiert, um über individuelle Faktoren hinausgehende, mögliche Ungleichheiten bezüglich der Teilnahme und dem Verbleib in einem Interventionsprogramm zu erklären. Bislang ist keine Untersuchung bekannt, die das Studienteilnahmeverhalten mithilfe einer GIS-basierten Netzwerkanalyse untersuchte und damit beispielhaft demonstriert, wie derartige Daten und Analysemethoden zur Bewertung des Zugangs genutzt werden können. Eine weitere Stärke des Praxisartikels ist die Vielfalt der analysierten und verknüpften Daten. Dazu gehören, neben den Forschungsdaten aus der Studie selbst, sowohl geokodierte Positionsdaten als auch offene Daten, wie Straßennetzwerksdaten, Daten der amtlichen Statistik und Wetterdaten. Die Bedeutung des systematischen Methoden-Reviews (*Artikel 3)* ergibt sich aus dem komprimierten Überblick über die verschiedenen konzeptionellen und methodischen Ansätze, die bislang im Rahmen von Analysen zum Einfluss verschiedentlich gemessener Determinanten der Nachbarschaft auf die KA genutzt wurden. Dabei fokussiert die Analyse gezielt auf ältere Menschen, da es Hinweise darauf gibt, dass diese möglicherweise am stärksten von Nachbarschaftsmerkmalen beeinflusst werden und besondere Anforderungen an ihre Wohnumgebung stellen, um körperlich aktiv zu sein [290, 291]. Zudem nimmt die Bedeutsamkeit der Betrachtung dieser Bevölkerungsgruppe im Zuge des demografischen Wandels kontinuierlich zu und erfordert gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen aus den Bereichen der Public Health oder auch Stadtplanung, um entsprechende spezifische Bedarfe zu adressieren.

Ein Großteil der Limitationen der Einzelarbeiten ist bereits in die Synthese der Herausforderungen und Hemmnisse, wie sie im Ergebniskapitel (*Kapitel 5*) und in der Diskussion (*Kapitel 6*) zusammengefasst wurden, eingegangen. Dies betrifft beispielsweise die

Vollständigkeit des Überblicks über derzeit verfügbare Datenquellen (*Artikel 1*), der aus verschiedene Gründen nicht erschöpfend abgebildet werden kann und zudem kontinuierliche Aktualisierungen nötig macht, die wünschenswerter Weise im Zuge der Umsetzung der *Open Data Strategie* erleichtert werden. Zudem stellt die inzwischen 1 ½ Jahre alte Recherche eine Momentaufnahme aus dem April 2020 dar, dessen Ergebnisse sich aufgrund der dynamisch fortschreitenden Situation durchaus verändert/weiterentwickelt haben können.

Für eine Beurteilung der Konsequenz bezüglich der aufgeworfenen Probleme bei der Vergleichbarkeit von Studienergebnissen und dem eigenen Vorgehen ließen sich die im Forschungsstand dieser Synopse als auch die im empirischen Beitrag (*Artikel 2*) zitierten Ergebnisse kritisieren, die vorwiegend auf Studien basieren, die in Ländern durchgeführt wurden, die aufgrund abweichender räumlicher, sozialer und kultureller Kontexte schwer generalisiert werden können. Dies betrifft sowohl Erkenntnisse bezüglich der Entfernungen als auch unterschiedliche klimatische Bedingungen, die nicht zwangsläufig auf den deutschen Kontext übertragbar sind. Ursächlich ist allerdings die in den Ergebnissen bereits thematisierte schwache Evidenz in vielen (u. a. deutschen und europäischen) Untersuchungsräumen. Schließlich ist das Problem des MAUP, das als bekannte Quelle der Verzerrung bei der Erforschung räumlicher Phänomene benannt wurde, auch eine Limitation der eigenen Arbeit (*Artikel 2*). Demnach können die eigenen Ergebnisse durch die Form und den Maßstab der Aggregationseinheit (Verwaltungseinheiten in unterschiedlicher Größe) beeinflusst worden sein. In vielen Fällen, wie auch diesem, sind Daten für Verwaltungseinheiten schneller und kostengünstiger bzw. überhaupt verfügbar. Folglich ist es möglich, dass die Ergebnisse nur für die gewählte räumliche Einheit zutreffen und der Gefahr eines ökologischen Fehlschlusses unterliegen. Obgleich derartige kleinräumige Untersuchungen weniger anfällig für Verzerrungen sind, die durch die Heterogenität innerhalb eines definierten Raumes bestehen, lassen sich diese nicht vollständig ausschließen und der Ausweis kausaler Zusammenhänge zwischen den räumlichen Determinanten und dem betrachteten gesundheitsrelevanten Outcome sind unter diese Maßgabe zu interpretieren.

Aussagen bezüglich der eingeschränkten Generalisierbarkeit und Vergleichbarkeit von Studienergebnissen speisen sich zwar vor allem aus den in *Artikel 3* betrachten Untersuchungen zur KA älterer Erwachsener in ihrem Wohnumfeld, können aber hinsichtlich zahlreicher Aspekte auch auf ähnliche Forschungsfragen und für andere Zielgruppen abgeleitet werden. Allerdings ist als Limitation für die dem Review zugrundeliegende Literaturrecherche und Auswertung anzumerken, dass diese bezüglich der untersuchten Effekte spezieller Nachbarschaftsattribute nicht explizit nach einzelnen Domänen der KA (z. B. für allgemeine KA, Gehen oder Radfahren zur Fortbewegung oder zur Erholung, etc.) abstrahierte, da der Großteil der einbezogenen Studien auf die allgemeine körperliche Aktivität fokussierte. Dies trug zur Vereinfachung der Beschreibung der grundsätzlichen Methoden bei, kann aber in Teilen die Aussagekraft beschränken, da sich einige Operationalisierungen, wie in *Kapitel 5.4.1* beschrieben, domänenspezifisch begründen lassen. Für den Gesamtkontext lässt sich zusätzlich anführen, dass die initiale Recherche sich auf die Betrachtung von NCD als relevantes Outcome konzentrierte, und daher darüberhinausgehenden Datenquellen unberücksichtigt blieben, wenngleich diese im Rahmen der Synopse dieser Arbeit so weit wie möglich, wenn auch nicht vertieft, mit adressiert wurden.

7. FAZIT

Gesundheitliche Risiken (Expositionen und Vulnerabilitäten) sind nicht statisch, sondern dynamisch – sowohl räumlich als auch zeitlich. Insbesondere vor dem Hintergrund der von der WHO als „*re-emerging diseases*“ bezeichneten Krankheiten, die aufgrund aktueller Klima- und Umweltveränderungen, städtebaulicher Umwandlungen, sich verändernder ökonomischer Situationen und politischen Instabilitäten (in vielen Regionen) wieder vermehrt in Erscheinung treten, ist ein engmaschiges Monitoring aktueller Gegebenheiten und Entwicklungen unabdingbar. Gesundheitliche Konsequenzen, die aus Krisen und Schocks – insbesondere deren Gleichzeitigkeit – resultieren, und bereits vorhandene räumliche Ungleichheiten verstärken können, unterstreichen die Dringlichkeit adäquater Aktivitäten und Maßnahmen. Im Jahr 2015 hat sich die Weltgemeinschaft dazu verpflichtet, bis zum Jahr 2030 insgesamt 17 globale Nachhaltigkeitsziele (*Sustainable Development Goals*, SDG) zu erreichen [292]. Dazu gehört, neben der Förderung der Gesundheit und des Wohlergehens der Menschen (*SDG 3*), die Gestaltung sicherer und widerstandsfähiger Städte und Gemeinden, inklusive des Zugangs zu Grünflächen, öffentlichen Räumen und sicheren Verkehrssystemen sowie die Verringerung der von Städten ausgehenden Luftbelastung (*SDG 11*). Dies beinhaltet demnach sowohl die Reduktion umwelt- und klimaschädlicher Expositionen (Mitigation) als auch entsprechende Anpassungsmechanismen (Adaption), inklusive eines kompetenten kommunalen Katastrophenmanagements.

Zur Identifikation besonders betroffener oder gefährdeter Räume und Personengruppen, zur zielgenauen Bewältigung vielfältiger aktueller Probleme (z. B. durch eine adäquate Krisenvor- und Nachsorge) sowie zur Evaluation umgesetzter Maßnahmen sind datenbasierte Informationen, insbesondere auf kleinräumiger Ebene, eine essenzielle Voraussetzung. Gegenwärtige und dringliche Herausforderungen betreffend können dies beispielsweise Daten aus örtlichen Emissionserhebungen sein, aber auch jene, die von extremer Hitze oder Überschwemmungen bedrohte Gebiete, die ortsansässige vulnerable Bevölkerung und die regionale Versorgungssituation (z.B. Zugang, Erreichbarkeit und Verteilung von Kliniken, Not- und Rettungsdiensten) abbilden können. Dabei kommt dem Verknüp-

fen relevanter Informationen eine besondere Bedeutung zu, beispielsweise für die Entwicklung angemessener Hitzewarnsysteme, für die nicht nur ein Wissen um die örtliche Gefahrenlage, sondern auch um die jeweils gegebene Bevölkerungskomposition sinnvoll ist, um z. B. mit handlungsorientierten Information auch schwer zugängliche Personen (wie Ältere, Menschen ohne Internetzugang oder Personen mit einer Sprachbarriere) zu erreichen.

Die Notwendigkeit, die Lage vor Ort zu analysieren, zu monitorieren, regional angepasste Strategien zu entwickeln und spezifische Notfallpläne vorzuhalten, ist unbestritten, aber für eine Vielzahl derzeitiger, langfristiger und globaler Problemlagen (wie die Klimakrise oder COVID-19-Pandemie) reicht ein isoliertes Krisenmanagement mitunter nicht aus. Zudem zeichnen sich lokale Ebenen zwar durch eine große Problemnähe, aber teils durch begrenzte Handlungsoptionen aus. Insbesondere für Ereignisse wie die Früherkennung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten ist ein Wissensaustausch auf einer höheren geografischen (auch internationalen) Aggregationsebene unabdingbar. Sind wesentliche Informationen nicht auffindbar oder nicht in offenen, interoperablen Datenformaten beziehbar, stellt dies, genau wie restriktive oder nicht ausgewiesene Nutzungsbedingungen, eine Barriere für derartige und andere Zwecke dar. Um vorhandene Potenziale bestmöglich auszuschöpfen, muss der entsprechende Bereitstellungsumfang sukzessive erweitert und bestenfalls über Systeme verfügbar gemacht werden, die in der Lage sind, eine Vielzahl relevanter Informationen bündeln. Der geplante Aufbau entsprechender Dateninfrastrukturen und zentraler Stellen sind erfolgversprechende Aussichten. Dementsprechend sind an den aktuellen Koalitionsvertrag der Regierungsparteien, der zahlreiche Ziele im Kontext von (Gesundheits-) Daten, z. B. bezüglich standardisierter und maschinenlesbarer Zugänge zu selbsterzeugten Daten, eine Digitalisierungsstrategie im Gesundheitswesen, ein Datengesetz sowie die Erweiterung technologischer Standards in Aussicht stellt, viele Erwartungen geknüpft. Wünschenswerte Ziele bleiben weiterhin die Harmonisierung rechtlicher Rahmenbedingen, aber auch Verbesserungen bezüglich der Verknüpfungsmöglichkeiten (Interoperabilität, Data Linkage) von Datensets verschiedener Sektoren. So erfordert u. a. die Zunahme chronischer und altersbedingter Erkrankungen (im

Zuge der sich weiter verschärfenden demografischen Alterung) die Vernetzung verschiedener Information (z. b. zu örtlichen Prävalenzen und geografischen Erreichbarkeiten) für eine bedarfsgerechte medizinische Versorgungsplanung.

Erforderlich sind aber nicht nur Verbesserungen auf der Angebots-, sondern auch auf der Nachfrageseite. Das Bewusstsein für – und in der Folge auch die Nachfrage nach – offenen Daten müssen deutlich erhöht werden. Der Mehrwert kostenloser und frei zugänglicher Daten sowie die vorteilhaften Synergieeffekte, die sich erst durch ein Teilen – und damit der Option einer breiten Datenbasis – ergeben, werden womöglich vielfach noch übersehen, weshalb Daten unter Verschluss gehalten werden. Dass das Zögern, Daten weiterzugeben, insbesondere in der Forschung, zu großen Teilen mit rechtlichen und ethischen Fragen sowie unklaren Eigentumsansprüchen zusammenhängt, unterstreicht den Bedarf an noch zu entwickelnden klaren Standards und Richtlinien.

Gegebenenfalls erfordern Öffnungsprozesse ein Umdenken im Verständnis von Daten als exklusives geistiges Eigentum, hin zu deren Betrachtung als Gemeingut; aber auch Investitionen in Technologien und Fachwissen (z. B. Schulungen), die sich jedoch angesichts der Aussicht auf (eigene) Effizienzsteigerungen durchaus lohnen und langfristig amortisieren können.

Werden verfügbare Daten und Informationen, vor allem auch Forschungsergebnisse, wiederum nicht genutzt oder diskutiert, verlieren diese an Wert. Dies impliziert auch, dass öffentliche Einrichtungen, Praktiker*innen und politische Entscheidungsträger*innen sich offen für die Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse zeigen, Zugang zu entsprechenden evidenzbasierten Informationen haben, und diese, u. a., dazu nutzen (können), um strategische Entscheidungen zu begründen. Auf der anderen Seite ist es an der Forschung, sich optimaler auf praktische Implikationen auszurichten. Dies umfasst sowohl eine verständliche und nachvollziehbare Kommunikation und Beschreibung eigener Daten und Resultate, aber auch Interpretationshilfen bezüglich potenzieller Limitationen in der Vergleichbarkeit bzw. (Un-) Möglichkeit raumübergreifender Generalisierungen.

REFERENZEN

1. The economic times (2019). Data is not oil, no need to hoard it. Verfügbar unter: https://economictimes.indiatimes.com/tech/internet/facebook-counters-mukesh-ambani-says-data-is-not-new-oil-shouldnt-be-hoarded-within-nations/articleshow/71095409.cms?utm_source=contentofinterest&utm_medium=text&utm_campaign=cppst/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.
2. World Bank (2019). Starting an Open Data Initiative. Verfügbar unter: http://opendatatoolkit.worldbank.org/en/starting.html . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.
3. OpenGovData Wiki (2007). 8 Principles. Verfügbar unter: https://public.resource.org/8_principles.html . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.
4. Capgemini (2017). Vorteile in Milliardenhöhe durch das neue EU Open-Data-Portal Verfügbar unter: https://www.capgemini.com/at-de/wp-content/uploads/sites/25/2017/08/eu-open-data-portal.pdf . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.
5. Wang H-J, Lo J. Adoption of open government data among government agencies. Government Information Quarterly. 2016;33(1):80-8.
6. Open Data Institute (ODI) (2016). Research: The economic value of open versus paid data. Verfügbar unter: https://theodi.org/article/research-the-economic-value-of-open-versus-paid-data Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.
7. Lancet T. Genomic sequencing in pandemics. Lancet (London, England). 2021;397(10273):445.
8. IPCC, Shukla P, Skea J, Buendia E, Masson-Delmotte V, Pörtner H, et al. Summary for policymakers (2020). In: Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Verfügbar unter: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.
9. Aerzteblatt (2022). Hitze: Knapp neun Millionen Menschen in Deutschland gefährdet. Verfügbar unter: https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/135938/Hitze-Knapp-neun-Millionen-Menschen-in-Deutschland-gefaehrdet/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.
10. Vaidyanathan A, Malilay J, Schramm P, Saha S. Heat-Related Deaths—United States, 2004–2018. Morbidity and Mortality Weekly Report. 2020;69(24):729.
11. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2022). Biden Administration launches Heat.gov with tools for communities facing extreme heat. Verfügbar unter: https://www.noaa.gov/news-release/biden-administration-launches-heatgov-with-tools-for-communities-facing-extreme-heat/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.
12. Klimawandels BLA-hAGAadFd. Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz. 2017;60(6):662-72.
13. Zeit Online; 2022. Mindestens neun Millionen Menschen durch Hitze gefährdet. Verfügbar unter: https://www.zeit.de/politik/deutschland/2022-07/hitze-lebensgefahr-senioren-behinderte-risikogruppe-schutz/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.
14. Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, Capon AG, de Souza Dias BF, et al. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. The lancet. 2015;386(10007):1973-2028.

15. Zukunftsforum Public Health (2022). Eckpunkte einer Public-Health-Strategie für Deutschland. Verfügbar unter: https://zukunftsforum-public-health.de/wp-content/uploads/2021/03/ZfPH_Eckpunkte_PH_Strategie.pdf Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

16. FragDenStaat (2022). Analytics Dashboard. Verfügbar unter: https://publicanalytics.fokus.fraunhofer.de/fragdenstaat/dashboard?minDate=2009-03-01&maxDate=2022-08-09/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

17. Bieker L, Bruns L, Thapa BE, Welzel C. (2019). Open Data zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Kompetenzzentrum Öffentliche IT/ Fraunhofer Institut. Verfügbar unter: https://www.oeffentliche-it.de/documents/10181/14412/Open+Data+-+zwischen+Wunsch+und+Wirklichkeit/ Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

18. Diez-Roux AV. Bringing context back into epidemiology: variables and fallacies in multilevel analysis. American journal of public health. 1998;88(2):216-22.

19. Pickett KE, Pearl M. Multilevel analyses of neighbourhood socioeconomic context and health outcomes: a critical review. Journal of Epidemiology & Community Health. 2001;55(2):111-22.

20. Diez Roux AV, Mair C. Neighborhoods and health. Annals of the New York academy of sciences. 2010;1186(1):125-45.

21. Kistemann T, Schweikart J. Spatial turn. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz. 2017;60(12):1413-21.

22. Gatrell AC, Elliott SJ. Geographies of health: An introduction: John Wiley & Sons; 2014.

23. Macintyre S, Ellaway A Fau - Cummins S, Cummins S. Place effects on health: how can we conceptualise, operationalise and measure them? (0277-9536).

24. Kistemann T, Schweikart J, Claßen T, Lengen C. Medizinische Geografie: Der räumliche Blick auf Gesundheit. Dtsch Arztebl. 2011;108:386-8.

25. Barrett FA. Finke's 1792 map of human diseases: the first world disease map? Social Science & Medicine. 2000;50(7-8):915-21.

26. Snow J. On the mode of communication of cholera: John Churchill; 1855.

27. Davenhall WF, Kinabrew C. GIS in health and human services. Springer handbook of geographic information: Springer; 2011: 557-78.

28. Fletcher-Lartey SM, Caprarelli G. Application of GIS technology in public health: successes and challenges. Parasitology. 2016;143(4):401-15.

29. Nykiforuk CI, Flaman LM. Geographic information systems (GIS) for health promotion and public health: a review. Health promotion practice. 2011;12(1):63-73.

30. Thißen M, Niemann H, Varnaccia G, Rommel A, Teti A, Butschalowsky H, et al. Welches Potenzial haben Geoinformationssysteme für das bevölkerungsweite Gesundheitsmonitoring in Deutschland? Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz. 2017;60(12):1440-52.

31. Kirk SF, Penney TL, McHugh TL. Characterizing the obesogenic environment: the state of the evidence with directions for future research. Obesity reviews. 2010;11(2):109-17.

32. Kent JL, Thompson S. The three domains of urban planning for health and well-being. Journal of planning literature. 2014;29(3):239-56.

33. Kaplan MS, Newsom JT, McFarland BH, Lu L. Demographic and psychosocial correlates of physical activity in late life. American journal of preventive medicine. 2001;21(4):306-12.

34. Stokols D, Grzywacz JG, McMahan S, Phillips K. Increasing the health promotive capacity of human environments. American journal of health promotion. 2003;18(1):4-13.

35. Frank LD, Sallis JF, Conway TL, Chapman JE, Saelens BE, Bachman W. Many pathways from land use to health: associations between neighborhood walkability and active transportation, body mass index, and air quality. Journal of the American planning Association. 2006;72(1):75-87.

36. Giles-Corti B, Vernez-Moudon A, Reis R, Turrell G, Dannenberg AL, Badland H, et al. City planning and population health: a global challenge. The lancet. 2016;388(10062):2912-24.

37. Macintyre S, Maciver S, Sooman A. Area, class and health: should we be focusing on places or people? Journal of social policy. 1993;22(2):213-34.

38. Duncan C, Jones K, Moon G. Context, composition and heterogeneity: using multilevel models in health research. Social science & medicine. 1998;46(1):97-117.

39. Mau S. Das metrische Wir: über die Quantifizierung des Sozialen: Suhrkamp Verlag; 2017.

40. Ham Mv, Manley D, Bailey N, Simpson L, Maclennan D. Neighbourhood effects research: New perspectives. Neighbourhood effects research: New perspectives: Springer; 2012. p. 1-21.

41. Macintyre S. Deprivation amplification revisited; or, is it always true that poorer places have poorer access to resources for healthy diets and physical activity? International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 2007;4(1):1-7.

42. Wong DW, Shaw S-L. Measuring segregation: An activity space approach. Journal of geographical systems. 2011;13(2):127-45.

43. Xu Y, Wen M, Wang F. Multilevel built environment features and individual odds of overweight and obesity in Utah. Applied Geography. 2015;60:197-203.

44. Helbich M. Toward dynamic urban environmental exposure assessments in mental health research. Environmental research. 2018;161:129-35.

45. Thornton LE, Pearce JR, Kavanagh AM. Using Geographic Information Systems (GIS) to assess the role of the built environment in influencing obesity: a glossary. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 2011;8(1):1-9.

46. Sallis JF, Cervero RB, Ascher W, Henderson KA, Kraft MK, Kerr J. An ecological approach to creating active living communities. Annu Rev Public Health. 2006;27:297-322.

47. Stokols D. Establishing and maintaining healthy environments. Toward a social ecology of health promotion. Am Psychol. 1992;47(1):6-22.

48. Maschewsky W. Umweltgerechtigkeit, Public Health und soziale Stadt: VAS; 2001.

49. Bolte G, Bunge C, Hornberg C, Köckler H. Umweltgerechtigkeit als Ansatz zur Verringerung sozialer Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz. 2018;61(6):674-83.

50. Neira M, Prüss-Ustün A. Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the environmental burden of disease.259:S1.

51. Durand M. The OECD better life initiative: How's life? and the measurement of well-being. Review of Income and Wealth. 2015;61(1):4-17.

52. Entwisle B. Putting people into place. Demography. 2007;44(4):687-703.

53. Bronfenbrenner U. The ecology of human development: Experiments by nature and design: Harvard university press; 1979.

54. Sallis JF, Owen N, Fisher E. Ecological models of health behavior. Health behavior: Theory, research, and practice. 2015;5(43-64).

55. Dahlgren G, Whitehead M. Policies and strategies to promote social equity in health. Background document to WHO-Strategy paper for Europe. Institute for Futures Studies; 1991.

56. Barton H, Grant M. A health map for the local human habitat. Journal of the Royal Society for the Promotion of Health. 2006;126(6).

57. Whitehead M. A typology of actions to tackle social inequalities in health. Journal of Epidemiology & Community Health. 2007;61(6):473-8.

58. Stokols D. Translating social ecological theory into guidelines for community health promotion. American journal of health promotion. 1996;10(4):282-98.

59. Baumeister H, Köckler H, Rüdiger A, Claßen T, Hamilton J, Rüweler M, et al. (2019). Leitfaden Gesunde Stadt–Hinweise für Stellungnahmen zur Stadtentwicklung aus dem Öffentlichen Gesundheitsdienst 2016. Verfügbar unter: https://www.lzg.nrw.de/_php/login/dl.php?u=/_media/pdf/service/Pub/2019_df/lzg-nrw_leitfaden_gesunde_stadt_2019.pdf .Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

60. Humpel N, Owen N, Leslie E. Environmental factors associated with adults' participation in physical activity: a review. American journal of preventive medicine. 2002;22(3):188-99.

61. Trost SG, Owen N, Bauman AE, Sallis JF, Brown W. Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. Medicine & science in sports & exercise. 2002;34(12):1996-2001.

62. Glaeser EL, Resseger M, Tobio K. Inequality in cities. Journal of Regional Science. 2009;49(4):617-46.

63. Roux AVD, Mujahid MS, Hirsch JA, Moore K, Moore LV. The impact of neighborhoods on CV risk. Global heart. 2016;11(3):353-63.

64. Baum A, Garofalo J, Yali AM. Socioeconomic status and chronic stress: does stress account for SES effects on health? Annals of the New York academy of Sciences. 1999;896(1):131-44.

65. Maier W, Fairburn J, Mielck A. Regionale Deprivation und Mortalität in Bayern. Entwicklung eines, Index Multipler Deprivation 'auf Gemeindeebene. Das Gesundheitswesen. 2012;74(07):416-25.

66. Hofmeister C, Maier W, Mielck A, Stahl L, Breckenkamp J, Razum O. Regionale Deprivation in Deutschland: Bundesweite Analyse des Zusammenhangs mit Mortalität unter Verwendung des ‚German Index of Multiple Deprivation (GIMD)'. Das Gesundheitswesen. 2016;17(01):42-8.

67. Flacke J, Schüle SA, Köckler H, Bolte G. Mapping environmental inequalities relevant for health for informing urban planning interventions—A case study in the city of Dortmund, Germany. International journal of environmental research and public health. 2016;13(7):711.

68. Briggs D. Environmental pollution and the global burden of disease. British medical bulletin. 2003;68(1):1-24.

69. Wachtler B, Hoebel J. Social inequalities and COVID-19: social-epidemiological perspectives on the pandemic. Gesundheitswesen (Bundesverband der Arzte des Offentlichen Gesundheitsdienstes (Germany)). 2020;82(8-09):670-5.

70. Singer M, Bulled N, Ostrach B, Mendenhall E. Syndemics and the biosocial conception of health. The lancet. 2017;389(10072):941-50.

71. Hoy R. Health and Deprivation P Townsend P Phillimore A Beattie Health and Deprivation Published by Croom Helm212pp£19.950-7099-4351-2.2(17):34-.

72. Carstairs V. The Jarman index. BMJ: British Medical Journal. 1991;302(6777):661-.

73. Bell N, Hayes MV. The Vancouver Area Neighbourhood Deprivation Index (VANDIX): a census-based tool for assessing small-area variations in health status. Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Sante'e Publique. 2012:S28-S32.

74. Kroll LE, Schumann M, Hoebel J, Lampert T. Regionale Unterschiede in der Gesundheit–Entwicklung eines sozioökonomischen Deprivationsindex für Deutschland. 2017.

75. Noble M, Wright G, Smith G, Dibben C. Measuring multiple deprivation at the small-area level. Environment and planning A. 2006;38(1):169-85.

76. Maier W, Schwettmann L. Regionale Deprivation in Deutschland: Der ‚German Index of Multiple Deprivation (GIMD)'.26(4):376-9.

77. Atkinson JL, Sallis JF, Saelens BE, Cain KL, Black JB. The association of neighborhood design and recreational environments with physical activity. American journal of health promotion. 2005;19(4):304-9.

78. Cromley EK, McLafferty SL. GIS and public health: Guilford Press; 2011.

79. Penchansky R, Thomas JW. The concept of access: definition and relationship to consumer satisfaction. Medical care. 1981:127-40.

80. Guagliardo MF. Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. International journal of health geographics. 2004;3(1):1-13.

81. Cummins S, Curtis S, Diez-Roux AV, Macintyre S. Understanding and representing 'place'in health research: a relational approach. Social science & medicine. 2007;65(9):1825-38.

82. Cervero R. Accessible cities and regions: A framework for sustainable transport and urbanism in the 21st century. 2005.

83. Troped PJ, Saunders RP, Pate RR, Reininger B, Ureda JR, Thompson SJ. Associations between self-reported and objective physical environmental factors and use of a community rail-trail. Preventive medicine. 2001;32(2):191-200.

84. Sallis J, Bauman A, Pratt M. Environmental and policy interventions to promote physical activity. American journal of preventive medicine. 1998;15(4):379-97.

85. Kwan MP. Space-time and integral measures of individual accessibility: a comparative analysis using a point-based framework. Geographical analysis. 1998;30(3):191-216.

86. Luo W, Wang F. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region. Environment and planning B: planning and design. 2003;30(6):865-84.

87. Wang F. Measurement, optimization, and impact of health care accessibility: a methodological review. Annals of the Association of American Geographers. 2012;102(5):1104-12.

88. Bundesvereinigung K. Die Bedarfsplanung: Grundlagen, Instrumente und Umsetzung. 2019.

89. Cervero R, Kockelman K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. Transportation research part D: Transport and environment. 1997;2(3):199-219.

90. Morland K, Wing S, Roux AD, Poole C. Neighborhood characteristics associated with the location of food stores and food service places. American journal of preventive medicine. 2002;22(1):23-9.

91. Walker RE, Keane CR, Burke JG. Disparities and access to healthy food in the United States: A review of food deserts literature. Health & place. 2010;16(5):876-84.

92. Day PL, Pearce J. Obesity-promoting food environments and the spatial clustering of food outlets around schools. American journal of preventive medicine. 2011;40(2):113-21.

93. Grubesic TH, Pridemore WA. Alcohol outlets and clusters of violence. International journal of health geographics. 2011;10(1):1-12.

94. Knox PL. The intraurban ecology of primary medical care: patterns of accessibility and their policy implications. Environment and planning A. 1978;10(4):415-35.

95. Lovett A, Haynes R, Sünnenberg G, Gale S. Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: a study using patient registers and GIS. Social science & medicine. 2002;55(1):97-111.

96. Peipins LA, Graham S, Young R, Lewis B, Foster S, Flanagan B, et al. Time and distance barriers to mammography facilities in the Atlanta metropolitan area. Journal of community health. 2011;36(4):675-83.

97. Gruenewald TL, Karlamangla AS, Greendale GA, Singer BH, Seeman TE. Feelings of usefulness to others, disability, and mortality in older adults: The MacArthur study of successful aging. The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences. 2007;62(1):28-37.

98. Levine J, Grengs J, Shen Q, Shen Q. Does accessibility require density or speed? A comparison of fast versus close in getting where you want to go in US metropolitan regions. Journal of the American Planning Association. 2012;78(2):157-72.

99. Giles-Corti B, Broomhall MH, Knuiman M, Collins C, Douglas K, Ng K, et al. Increasing walking: how important is distance to, attractiveness, and size of public open space? American journal of preventive medicine. 2005;28(2):169-76.

100. Saelens BE, Sallis JF, Frank LD. Environmental correlates of walking and cycling: findings from the transportation, urban design, and planning literatures. Annals of behavioral medicine. 2003;25(2):80-91.

101. Lee C, Moudon AV. Correlates of walking for transportation or recreation purposes. Journal of Physical Activity and health. 2006;3(s1):S77-S98.

102. van Lenthe FJ, Brug J Fau - Mackenbach JP, Mackenbach JP. Neighbourhood inequalities in physical inactivity: the role of neighbourhood attractiveness, proximity to local facilities and safety in the Netherlands. (0277-9536 (Print)).

103. Coombes E, Jones AP, Hillsdon M. The relationship of physical activity and overweight to objectively measured green space accessibility and use. Social science & medicine. 2010;70(6):816-22.

104. Cerin E, Sallis JF, Salvo D, Hinckson E, Conway TL, Owen N, et al. Determining thresholds for spatial urban design and transport features that support walking to create healthy and sustainable cities: findings from the IPEN Adult study. The Lancet Global Health. 2022;10(6):e895-e906.

105. Jia P, Zou Y, Wu Z, Zhang D, Wu T, Smith M, et al. Street connectivity, physical activity, and childhood obesity: a systematic review and meta-analysis. Obesity reviews. 2019;22:e12943.

106. Hinckson E, Cerin E, Mavoa S, Smith M, Badland H, Stewart T, et al. Associations of the perceived and objective neighborhood environment with physical activity and sedentary time in New Zealand adolescents. International journal of behavioral nutrition and physical activity. 2017;14(1):1-15.

107. Wolch J, Jerrett M, Reynolds K, McConnell R, Chang R, Dahmann N, et al. Childhood obesity and proximity to urban parks and recreational resources: a longitudinal cohort study. Health & place. 2011;17(1):207-14.

108. Martinez IL, Kim K, Tanner E, Fried LP, Seeman T. Ethnic and class variations in promoting social activities among older adults. Activities, adaptation & aging. 2009;33(2):96-119.

109. Liljas AE, Walters K, Jovicic A, Iliffe S, Manthorpe J, Goodman C, et al. Strategies to improve engagement of 'hard to reach'older people in research on health promotion: a systematic review. BMC public health. 2017;17(1):1-12.

110. Diez Roux AV. Investigating neighborhood and area effects on health. American journal of public health. 2001;91(11):1783-9.

111. Liu X-X, Ma X-L, Huang W-Z, Luo Y-N, He C-J, Zhong X-M, et al. Green space and cardiovascular disease: A systematic review with meta-analysis. Environmental Pollution. 2022:118990.

112. Maas J, Verheij RA, de Vries S, Spreeuwenberg P, Schellevis FG, Groenewegen PP. Morbidity is related to a green living environment. Journal of Epidemiology & Community Health. 2009;63(12):967-73.

113. Labib S, Browning MH, Rigolon A, Helbich M, James P. Nature's contributions in coping with a pandemic in the 21st century: A narrative review of evidence during COVID-19. Science of The Total Environment. 2022:155095.

114. Powe NA, Willis KG. Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO2 and PM10) absorption attributable to woodland in Britain. Journal of environmental management. 2004;70(2):119-28.

115. Eibich P, Kholodilin K, Krekel C, Wagner GG. Fluglärm ist mit einer verringerten Lebensqualität auch abseits der Berliner Flughäfen verbunden. (9):175-81.

116. Beutel ME, Jünger C, Klein EM, Wild P, Lackner K, Blettner M, et al. Noise annoyance is associated with depression and anxiety in the general population-the contribution of aircraft noise. PloS one. 2016;11(5):e0155357.

117. Stansfeld S, Haines M, Burr M, Berry B, Lercher P. A review of environmental noise and mental health. Noise and Health. 2000;2(8):1.

118. Muzet A. Environmental noise, sleep and health. Sleep medicine reviews. 2007;11(2):135-42.

119. Van Kempen EE, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BA, de Hollander AE. The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. Environmental health perspectives. 2002;110(3):307-17.

120. Babisch W. Traffic noise and cardiovascular disease: epidemiological review and synthesis. Noise and health. 2000;2(8):9.

121. Mensink G. Bundesgesundheitssurvey: Körperliche Aktivität. Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Berlin: RKI; 2003.

122. Owen N, Humpel N, Leslie E, Bauman A, Sallis JF. Understanding environmental influences on walking: review and research agenda. American journal of preventive medicine. 2004;27(1):67-76.

123. Saelens B, Papadopoulos C. The importance of the built environment in older adults' physical activity: a review of the literature. Washington State Journal of Public Health Practice. 2008;1(1):13-21.

124. Forsyth A, Oakes JM, Schmitz KH, Hearst M. Does residential density increase walking and other physical activity? Urban studies. 2007;44(4):679-97.

125. Giles-Corti B, Robertson-Wilson J. The role of the changing built environment in shaping our shape. Geographies of Obesity: Routledge; 2016. p. 155-74.

126. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1· 9 million participants. The lancet global health. 2018;6(10):e1077-e86.

127. Ewing R, Schmid T, Killingsworth R, Zlot A, Raudenbush S. Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity. American journal of health promotion. 2003;18(1):47-57.

128. Alessio HM, Bassett DR, Bopp MJ, Parr BB, Patch GS, Rankin JW, et al. Climate change, air pollution, and physical inactivity: is active transportation part of the solution? Medicine and science in sports and exercise. 2021;53(6):1170-8.

129. Sarkodie SA, Owusu PA, Leirvik T. Global effect of urban sprawl, industrialization, trade and economic development on carbon dioxide emissions. Environmental Research Letters. 2020;15(3):034049.

130. Duncan MJ, Spence JC, Mummery WK. Perceived environment and physical activity: a meta-analysis of selected environmental characteristics. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 2005;2(1):11.

131. Frank LD, Sallis JF, Saelens BE, Leary L, Cain K, Conway TL, et al. The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. Br J Sports Med. 2010;44(13):924-33.

132. Adams MA, Frank LD, Schipperijn J, Smith G, Chapman J, Christiansen LB, et al. International variation in neighborhood walkability, transit, and recreation environments using geographic information systems: the IPEN adult study. International journal of health geographics. 2014;13(1):43.

133. Owen N, Cerin E, Leslie E, Coffee N, Frank LD, Bauman AE, et al. Neighborhood walkability and the walking behavior of Australian adults. American journal of preventive medicine. 2007;33(5):387-95.

134. Van Dyck D, Cardon G, Deforche B, Sallis JF, Owen N, De Bourdeaudhuij I. Neighborhood SES and walkability are related to physical activity behavior in Belgian adults. Preventive medicine. 2010;50:S74-S9.

135. Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. The lancet. 2002;360(9341):1233-42.

136. Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, Drummond P, Hughes N, Jamart L, et al. The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future. The Lancet. 2021;398(10311):1619-62.

137. WHO. Ottawa Charter for health promotion. Health Promotion International. 1986;1(4):405-.

138. US Environmental Protection Agency (2016). Integrated Science Assessment for Oxides of Nitrogen Washington, DC. Verfügbar unter: https://www.epa.gov/isa/integrated-science-assessment-isa-nitrogen-dioxide-health-criteria/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

139. Pope Iii CA. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution.287(9):1132.

140. Darçın M. Association between air quality and quality of life. Environmental Science and Pollution Research. 2014;21(3):1954-9.

141. Welsch H. Environment and happiness: Valuation of air pollution using life satisfaction data. Ecological economics. 2006;58(4):801-13.

142. Haseena M, Malik MF, Javed A, Arshad S, Asif N, Zulfiqar S, et al. Water pollution and human health. Environmental Risk Assessment and Remediation. 2017;1(3).

143. Lee LS, Carmosini N, Sassman SA, Dion HM, Sepulveda MS. Agricultural contributions of antimicrobials and hormones on soil and water quality. Advances in agronomy. 2007;93:1-68.

144. Noyes PD, McElwee MK, Miller HD, Clark BW, Van Tiem LA, Walcott KC, et al. The toxicology of climate change: environmental contaminants in a warming world. Environment international. 2009;35(6):971-86.

145. Brulle RJ, Pellow DN. Environmental justice: human health and environmental inequalities. Annu Rev Public Health. 2006;27:103-24.

146. Haines A, Kovats RS, Campbell-Lendrum D, Corvalán C. Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health. Public health. 2006;120(7):585-96.

147. Vicedo-Cabrera AM, Scovronick N, Sera F, Royé D, Schneider R, Tobias A, et al. The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. Nature climate change. 2021;11(6):492-500.

148. Pickford R, Kraus U, Frank U, Breitner S, Markevych I, Schneider A. Kombinierte Effekte verschiedener Umweltfaktoren auf die Gesundheit: Luftschadstoffe, Temperatur, Grünflächen,

Pollen und Lärm. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz. 2020;63(8):962-71.

149. Winklmayr C, Muthers S, Niemann H, Mücke H-G, Heiden MAd. Heat-related mortality in Germany from 1992 to 2021. Deutsches Ärzteblatt International. 2022.

150. Statistisches Bundesamt (Destatis) (2022). Sonderauswertung zu Sterbefallzahlen der Jahre 2020 bis 2022. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Sterbefaelle-Lebenserwartung/sterbefallzahlen.html/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

151. Tucker P, Gilliland J. The effect of season and weather on physical activity: a systematic review. Public health. 2007;121(12):909-22.

152. Stamatakis E, Nnoaham K, Foster C, Scarborough P. The influence of global heating on discretionary physical activity: An important and overlooked consequence of climate change. J Phys Act Health. 2013;10:765-8.

153. Kaczan DJ, Orgill-Meyer J. The impact of climate change on migration: a synthesis of recent empirical insights. Climatic Change. 2020;158(3):281-300.

154. Brasseur GP, Jacob D, Schuck-Zöller S. Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven: Springer Nature; 2017.

155. European Centre for Disease Prevention and Control (2016). Aedes albopictus - Factsheet for experts. Verfügbar unter: https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/aedes-albopictus/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

156. Institut RK. FSME: Risikogebiete in Deutschland (Stand: Januar 2022). Epidemiol Bull. 2022;9:3-21.

157. Mora C, McKenzie T, Gaw IM, Dean JM, von Hammerstein H, Knudson TA, et al. Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change. Nature Climate Change. 2022.

158. Ebi KL, Vanos J, Baldwin JW, Bell JE, Hondula DM, Errett NA, et al. Extreme weather and climate change: population health and health system implications. Annual review of public health. 2021;42:293.

159. Peters M, Zeeb H. Availability of open data for spatial public health research. GMS German Medical Science. 2022;20.

160. Sunlight Foundation (2010). Ten Principles for Opening Up Government Information. Verfügbar unter: https://sunlightfoundation.com/wp-content/uploads/sites/2/2016/11/Ten-Principles-for-Opening-Up-Government-Data.pdf . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

161. Peters M, Zeeb H. Data from: Availability of open data for spatial public health research. Dryad Digital Repository. 2022.

162. Peters M, Ratz T, Wichmann F, Lippke S, Voelcker-Rehage C, Pischke CR. Ecological Predictors of Older Adults' Participation and Retention in a Physical Activity Intervention. International journal of environmental research and public health. 2022;19(6):3190.

163. Barnett DW, Barnett A, Nathan A, Van Cauwenberg J, Cerin E, Environment obotCo, et al. Built environmental correlates of older adults' total physical activity and walking: a systematic review and meta-analysis. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 2017;14(1):103.

164. Levasseur M, Généreux M, Bruneau J-F, Vanasse A, Chabot É, Beaulac C, et al. Importance of proximity to resources, social support, transportation and neighborhood security for mobility and social participation in older adults: results from a scoping study. BMC public health. 2015;15(1):1-19.

165. Franke T, Sims-Gould J, Chaudhury H, Winters M, McKay H. Re-framing mobility in older adults: an adapted comprehensive conceptual framework. Qualitative Research in Sport, Exercise and Health. 2020;12(3):336-49.

166. Odierna DH, Bero LA. Retaining participants in outpatient and community-based health studies: researchers and participants in their own words. SAGE open. 2014;4(4):2158244014554391.

167. Roigk P, Kampe K, Rapp K, Rupp K, Pfeiffer K. Teilnahmebereitschaft und Adhärenz von Teilnehmern an „Trittsicher "-Bewegungskursen. physioscience. 2019;15(02):53-62.

168. Belza B, Chiang K-C, Seman L, Tsai JH-C. Peer Reviewed:"It Is Our Exercise Family": Experiences of Ethnic Older Adults in a Group-Based Exercise Program. Preventing chronic disease. 2008;5(1).

169. Jancey J, Lee A, Howat P, Clarke A, Wang K, Shilton T. Reducing attrition in physical activity programs for older adults. Journal of aging and physical activity. 2007;15(2):152-65.

170. Boyette LW, Lloyd A, Boyette JE, Watkins E, Furbush L, Dunbar SB, et al. Personal characteristics that influence exercise behavior of older adults. Journal of rehabilitation research and development. 2002;39(1):95-104.

171. Humpel N, Owen N Fau - Leslie E, Leslie E. Environmental factors associated with adults' participation in physical activity: a review. (0749-3797 (Print)).

172. Díaz J, Garcia R, De Castro FV, Hernández E, López C, Otero A. Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. International Journal of Biometeorology. 2002;46(3):145-9.

173. Böcker L, Priya Uteng T, Liu C, Dijst M. Weather and daily mobility in international perspective: A cross-comparison of Dutch, Norwegian and Swedish city regions. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2019;77:491-505.

174. Clarke PJ, Yan T, Keusch F, Gallagher NA. The Impact of Weather on Mobility and Participation in Older US Adults. American Journal of Public Health. 2015;105(7):1489-94.

175. Clarke PJ, Yan T, Keusch F, Gallagher NA. The Impact of Weather on Mobility and Participation in Older U.S. Adults. American journal of public health. 2015;105(7):1489-94.

176. Böcker L, Dijst M, Prillwitz J. Impact of everyday weather on individual daily travel behaviours in perspective: a literature review. Transport reviews. 2013;33(1):71-91.

177. Basche M, Barón AE, Eckhardt SG, Balducci L, Persky M, Levin A, et al. Barriers to enrollment of elderly adults in early-phase cancer clinical trials. Journal of oncology practice. 2008;4(4):162-8.

178. Muellmann S, Bragina I, Voelcker-Rehage C, Rost E, Lippke S, Meyer J, et al. Development and evaluation of two web-based interventions for the promotion of physical activity in older adults: study protocol for a community-based controlled intervention trial. BMC public health. 2017;17(1):512.

179. Muellmann S, Buck C, Voelcker-Rehage C, Bragina I, Lippke S, Meyer J, et al. Effects of two web-based interventions promoting physical activity among older adults compared to a delayed intervention control group in Northwestern Germany: Results of the PROMOTE community-based intervention trial. Preventive medicine reports. 2019;15:100958.

180. Geyer S. Einzelindikator oder index? Masse sozialer Differenzierung im Vergleich. Das Gesundheitswesen. 2008;70(05):281-8.

181. Rosenbloom S. Sustainability and automobility among the elderly: An international assessment. Transportation. 2001;28(4):375-408.

182. Rosenbloom S, Waldorf B. Older travelers: does place or race make a difference? Transportation research circular. 2001(E-C026):103-20.

183. Giles-Corti B, Donovan RJ. The relative influence of individual, social and physical environment determinants of physical activity. Social science & medicine. 2002;54(12):1793-812.

184. Manini TM, Pahor M. Physical activity and maintaining physical function in older adults. British journal of sports medicine. 2009;43(1):28-31.

185. Yorston LC, Kolt GS, Rosenkranz RR. Physical Activity and Physical Function in Older Adults: The 45 and U p S tudy. Journal of the American Geriatrics Society. 2012;60(4):719-25.

186. Kerr J, Rosenberg D, Frank L. The role of the built environment in healthy aging: Community design, physical activity, and health among older adults. Journal of planning Literature. 2012;27(1):43-60.

187. Brownson RC, Hoehner CM, Day K, Forsyth A, Sallis JF. Measuring the built environment for physical activity: state of the science. American journal of preventive medicine. 2009;36(4):S99-S123. e12.

188. Sallis JF, Bowles HR, Bauman A, Ainsworth BE, Bull FC, Craig CL, et al. Neighborhood environments and physical activity among adults in 11 countries. American Journal of Preventive Medicine. 2009;36(6):484-90.

189. McCormack GR, Shiell A. In search of causality: A systematic review of the relationship between the built environment and physical activity among adults. The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity Vol 8 2011, ArtID 125. 2011;8.

190. Ding D, Sallis JF, Norman GJ, Frank LD, Saelens BE, Kerr J, et al. Neighborhood environment and physical activity among older adults: Do the relationships differ by driving status? Journal of Aging and Physical Activity. 2014;22(3):421-31.

191. Adams MA, Ryan S, Kerr J, Sallis JF, Patrick K, Frank LD, et al. Validation of the Neighborhood Environment Walkability Scale (NEWS) items using geographic information systems. Journal of physical activity and health. 2009;6(s1):S113-S23.

192. Gebel K, Bauman AE, Sugiyama T, Owen N. Mismatch between perceived and objectively assessed neighborhood walkability attributes: prospective relationships with walking and weight gain. Health & place. 2011;17(2):519-24.

193. McGinn AP, Evenson KR, Herring AH, Huston SL, Rodriguez DA. Exploring associations between physical activity and perceived and objective measures of the built environment. Journal of urban health. 2007;84(2):162-84.

194. Gebel K, Bauman A, Owen N. Correlates of non-concordance between perceived and objective measures of walkability. Annals of behavioral medicine. 2009;37(2):228-38.

195. Orstad SL, McDonough MH, Stapleton S, Altincekic C, Troped PJ. A systematic review of agreement between perceived and objective neighborhood environment measures and associations with physical activity outcomes. Environment and Behavior. 2017;49(8):904-32.

196. Arvidsson D, Kawakami N, Ohlsson H, Sundquist K. Physical activity and concordance between objective and perceived walkability. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(2):280-7.

197. van Lenthe FJ, Kamphuis CB. Mismatched perceptions of neighbourhood walkability: need for interventions? Health Place. 2011;17(6):1294-5.

198. Barnett DW, Barnett A, Nathan A, Van Cauwenberg J, Cerin E, Council on E, et al. Built environmental correlates of older adults' total physical activity and walking: a systematic review and meta-analysis. Int J Behav Nutr Phys Act. 2017;14(1):103.

199. Van Cauwenberg J, Nathan A, Barnett A, Barnett DW, Cerin E. Relationships between neighbourhood physical environmental attributes and older adults' leisure-time physical activity: a systematic review and meta-analysis. Sports medicine. 2018;48(7):1635-60.

200. Cerin E, Nathan A, Van Cauwenberg J, Barnett DW, Barnett A. The neighbourhood physical environment and active travel in older adults: a systematic review and meta-analysis. International journal of behavioral nutrition and physical activity. 2017;14(1):1-23.

201. Peters M, Muellmann S, Christianson L, Stalling I, Bammann K, Drell C, et al. Measuring the association of objective and perceived neighborhood environment with physical activity in older adults: challenges and implications from a systematic review. International journal of health geographics. 2020;19(1):1-20.

202. Chandrabose M, Cerin E, Mavoa S, Dunstan D, Carver A, Turrell G, et al. Neighborhood walkability and 12-year changes in cardio-metabolic risk: the mediating role of physical activity. International journal of behavioral nutrition and physical activity. 2019;16(1):1-11.

203. Annear M, Keeling S, Wilkinson T, Cushman G, Gidlow B, Hopkins H. Environmental influences on healthy and active ageing: a systematic review. Ageing and Society. 2014;34(4):590.

204. Schaefer-McDaniel N, Caughy MOB, O'Campo P, Gearey W. Examining methodological details of neighbourhood observations and the relationship to health: a literature review. Social science & medicine. 2010;70(2):277-92.

205. MacKerron G, Mourato S. Life satisfaction and air quality in London. Ecological Economics. 2009;68(5):1441-53.

206. Paderta D; 2012. Open Data - Raumbezogene Daten. Verfügbar unter: https://openall.info/open-culture-offene-kultur/open-data/opendata-raumbezogene-daten/. Zuletzt abgerufen am

207. Open Knowledge Foundation Deutschland e. V. und Wikimedia Deutschland – Gesellschaft zur Förderung Freien Wissens e. V; (2019). Open Data Berlin. Verfügbar unter: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/ABC_der_Offenheit_-_Brosch%C3%BCre_%282019%29.pdf . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

208. Bonn A, Richter A, Vohland K, Pettibone L, Brandt M, Feldmann R, et al. Grünbuch Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland. 2017.

209. Pernat N, Kampen H, Jeschke JM, Werner D. Citizen science versus professional data collection: Comparison of approaches to mosquito monitoring in Germany. Journal of Applied Ecology. 2021;58(2):214-23.

210. Kwan MP. GIS methods in time-geographic research: Geocomputation and geovisualization of human activity patterns. Geografiska Annaler: Series B, Human Geography. 2004;86(4):267-80.

211. Ma J, Tao Y, Kwan M-P, Chai Y. Assessing mobility-based real-time air pollution exposure in space and time using smart sensors and GPS trajectories in Beijing. Annals of the American Association of Geographers. 2020;110(2):434-48.

212. Kotchi S, Bouchard C, Ludwig A, Rees E, Brazeau S. Using Earth observation images to inform risk assessment and mapping of climate changerelated infectious diseases. Canada Communicable Disease Report. 2019;45(5):133-42.

213. Open Data Monitor (2015). Verfügbar unter: https://opendatamonitor.eu/frontend/web/index.php?r=dashboard%2Fviewcountry&code=DE . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

214. Schmitz J. Offene Wissenschaft (Open Science)–ein Überblick. GMS Medizin-Bibliothek-Information. 2020;20(3).

215. Wilkinson MD, Dumontier M, Aalbersberg IJ, Appleton G, Axton M, Baak A, et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Scientific data. 2016;3(1):1-9.

216. Landi A, Thompson M, Giannuzzi V, Bonifazi F, Labastida I, da Silva Santos LOB, et al. The "A" of FAIR–as open as possible, as closed as necessary. Data Intelligence. 2020;2(1-2):47-55.

217. Bundesministerium für Bildung und Forschung (o. J.) Open Science und Open Data. Verfügbar unter: https://www.horizont-europa.de/de/Open-Science-und-Open-Data-1767.html . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

218. OpenStreetMap Foundation; (o. .J.) Licence. Verfügbar unter: https://wiki.osmfoundation.org/wiki/Licence . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

219. Barrington-Leigh C, Millard-Ball A. The world's user-generated road map is more than 80% complete. PloS one. 2017;12(8):e0180698.

220. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH (o. J.) Vektordaten. Verfügbar unter: https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/vektordaten/8542 Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

221. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH (o. J.) Rasterdaten. Verfügbar unter: https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/rasterdaten/6416 . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

222. Böhme C, Bunzel A. (2014). Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum. Expertise" Instrumente zur Erhaltung und Schaffung von Umweltgerechtigkeit". Verfügbar unter: https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/222012/ Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

223. Deutscher Städtetag. Kommunale Gebietsgliederung: Empfehlungen zur Ordnung des Straßen-/Hausnummernsystems und Gliederung des Gemeindegebiets nach Gemeindeteilen, Blöcken und Blockseiten sowie DV-Organisation. DST-Beiträge zur Statistik und Stadtforschung: Reihe H. 1991;39.

224. Krieger N, Zierler S, Hogan JW, Waterman P, Chen J, Lemieux K, et al. Geocoding and measurement of neighborhood socioeconomic position: a US perspective. Neighborhoods and health. 2003:147-78.

225. Cummins S, Macintyre S, Davidson S, Ellaway A. Measuring neighbourhood social and material context: generation and interpretation of ecological data from routine and non-routine sources. Health & place. 2005;11(3):249-60.

226. Flowerdew R, Manley DJ, Sabel CE. Neighbourhood effects on health: does it matter where you draw the boundaries? Social science & medicine. 2008;66(6):1241-55.

227. Wong DW. The modifiable areal unit problem (MAUP). WorldMinds: Geographical perspectives on 100 problems: Springer; 2004. p. 571-5.

228. Openshaw S. Ecological fallacies and the analysis of areal census data. Environment and planning A. 1984;16(1):17-31.

229. Robinson WS. Ecological correlations and the behavior of individuals. International journal of epidemiology. 2009;38(2):337-41.

230. Giles-Corti B, Timperio A, Bull F, Pikora T. Understanding physical activity environmental correlates: increased specificity for ecological models. Exercise and sport sciences reviews. 2005;33(4):175-81.

231. Perchoux C, Chaix B, Brondeel R, Kestens Y. Residential buffer, perceived neighborhood, and individual activity space: New refinements in the definition of exposure areas–The RECORD Cohort Study. Health & place. 2016;40:116-22.

232. Sherman JE, Spencer J, Preisser JS, Gesler WM, Arcury TA. A suite of methods for representing activity space in a healthcare accessibility study. International journal of health geographics. 2005;4(1):1-21.

233. Lee C. Activity-Friendly Communities: Correlates of transportation or recreation walking, and correlates of physical activity for different sub-populations: University of Washington; 2004.

234. Lee K, Kwan M-P. The effects of GPS-based buffer size on the association between travel modes and environmental contexts. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2019;8(11):514.

235. Chaskin RJ. Perspectives on neighborhood and community: a review of the literature. Social Service Review. 1997;71(4):521-47.

236. Thornton LE, Schroers R-D, Lamb KE, Daniel M, Ball K, Chaix B, et al. Operationalising the 20-minute neighbourhood. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 2022;19(1):1-18.

237. Kwan M-P. The limits of the neighborhood effect: Contextual uncertainties in geographic, environmental health, and social science research. Annals of the American Association of Geographers. 2018;108(6):1482-90.

238. Kwan M-P. The uncertain geographic context problem. Annals of the Association of American Geographers. 2012;102(5):958-68.

239. Cummins S. Commentary: investigating neighbourhood effects on health—avoiding the 'local trap'. International journal of epidemiology. 2007;36(2):355-7.

240. Root ED. Moving neighborhoods and health research forward: using geographic methods to examine the role of spatial scale in neighborhood effects on health. Annals of the Association of American Geographers. 2012;102(5):986-95.

241. Saelens BE, Sallis JF, Black JB, Chen D. Neighborhood-based differences in physical activity: An environment scale evaluation. American Journal of Public Health. 2003;93(9):1552-8.

242. McKinsey Global Institute; 2013. Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information. Verfügbar unter: https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/open-data-unlocking-innovation-and-performance-with-liquid-information. Zuletzt abgerufen am

243. Martin EG, Law J, Ran W, Helbig N, Birkhead GS. Evaluating the quality and usability of open data for public health research: a systematic review of data offerings on 3 open data platforms. Journal of Public Health Management and Practice. 2017;23(4):e5-e13.

244. Open Data Barometer; 2018. From Promise to progress. Verfügbar unter: https://opendatabarometer.org/leadersedition/report/. Zuletzt abgerufen am

245. Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat (2021). Open-Data-Strategie der Bundesregierung. Verfügbar unter: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/moderne-verwaltung/open-data-strategie-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=4/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

246. Initiative für ein deutsches Dateninstitut; 2022. Vorschlag zum Aufbau eines Dateninstituts für Deutschland (2022). Verfügbar unter: https://github.com/Dateninstitut-de/Pitchpaper/blob/main/220531%20Vorschlag%20zum%20Aufbau%20eines%20Dateninstitutes%20f%C3%BCr%20Deutschland_V6_korr%202022-06-08%20final.pdf . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

247. Wang F. Why public health needs GIS: a methodological overview. Annals of GIS. 2020;26(1):1-12.

248. Böhme C, Franke T, Preuß T. Umsetzung einer integrierten Strategie zu Umweltgerechtigkeit. Pilotprojekt in deutschen Kommunen. Abschlussbericht. 2019.

249. Kany C, Klein U, Osterhold M, Riecken J, Sandmann S, Schaffert M, et al. Wert von Geoinformation. zfv. 2018;6(2018):390-7.

250. Senatskanzlei. Geschäfts- und Koordinierungsstelle GovData (2020). Fragen und Antworten zu GovData Hamburg. Verfügbar unter: https://www.govdata.de/web/guest/faq/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

251. European Union; 2021. Data Maturity Report (2021). Verfügbar unter: https://data.europa.eu/de/impact-studies/open-data-maturity/ Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

252. Deutsches Ärzteblatt (2022). Digitalisierungs-experten unterbreiten Empfehlungen zur Interoperabilität. Verfügbar unter: https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/136798/Digitalisierungsexperten-unterbreiten-Empfehlungen-zur-Interoperabilitaet?rt=dbc7f7ca3b8b177a4173035c1acbfb8a/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

253. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2022). Nationale Forschungsdateninfrastruktur. Verfügbar unter: https://www.dfg.de/foerderung/programme/nfdi/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

254. Steinke B, Hausen D, Kuberek M, Hora M, Kessler K, Kramer C, et al. Data Stewards an den TU9-Universitäten–Bestandsaufnahme, Handlungsfelder und Kooperationspotenzial. Bausteine Forschungsdatenmanagement. 2022(1):1-12.

255. Kalasek R, Weninger K. Open GeoData. Der Öffentliche Sektor. 2015;1:17-28.

256. Ärzteblatt (2022). Datenschutz darf kein Hemmschuh für Forschung sein. Verfügbar unter: https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/136389/Datenschutz-darf-kein-Hemmschuh-fuer-Forschung-sein?rt=dbc7f7ca3b8b177a4173035c1acbfb8a/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

257. EPatient Analytics (2022). Self Tracking Report 2022. Verfügbar unter: https://www.epatient-analytics.com/aktuelles/pm-self-tracking-report/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

258. Gesellschaft für Informatik (2020). Standortdaten zur Coronabekämpfung. Verfügbar unter: https://gi-radar.de/259-standortdaten-opfern/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

259. Simon J, Rieder G. Trusting the Corona-Warn-App? Contemplations on trust and trustworthiness at the intersection of technology, politics and public debate. European Journal of Communication. 2021;36(4):334-48.

260. Hummel P, Braun M, Augsberg S, Ulmenstein Uv, Dabrock P. Datensouveränität als informationelle Freiheitsgestaltung. Datensouveränität: Springer; 2021. p. 1-12.

261. SPD, Bündnis 90 /Die Grünen, Freie Demokraten (2021). Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP. Verfügbar unter: https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

262. Nisser A, Herrmann B, Arentz O, Horn N, Becker S, Nemat A. Datebnraum Gesundheit. Denkimpuls Digitale Ethik. 2022.

263. Kostkova P, Brewer H, De Lusignan S, Fottrell E, Goldacre B, Hart G, et al. Who owns the data? Open data for healthcare. Frontiers in public health. 2016;4:7.

264. Philipp-Muller A, Lee SW, Petty RE. Why are people antiscience, and what can we do about it? Proceedings of the National Academy of Sciences. 2022;119(30):e2120755119.

265. Wünsche S, Soßna V, Kreitlow V, Voigt P. Urheberrechte an Forschungsdaten – Typische Unsicherheiten und wie man sie vermindern könnte: Ein Diskussionsimpuls. Bausteine Forschungsdatenmanagement. 2022(1):26-42.

266. Gabelica M, Bojčić R, Puljak L. Many researchers were not compliant with their published data sharing statement: mixed-methods study. Journal of clinical epidemiology. 2022.

267. Tan AC, Askie LM, Hunter KE, Barba A, Simes RJ, Seidler AL. Data sharing—trialists' plans at registration, attitudes, barriers and facilitators: A cohort study and cross-sectional survey. Research Synthesis Methods. 2021;12(5):641-57.

268. Li R, von Isenburg M, Levenstein M, Neumann S, Wood J, Sim I. COVID-19 trials: declarations of data sharing intentions at trial registration and at publication. Trials. 2021;22(1):1-5.

269. Buck C, Dreger S, Pigeot I. Anonymisation of address coordinates for microlevel analyses of the built environment: a simulation study. BMJ open. 2015;5(3).

270. Armstrong MP, Rushton G, Zimmerman DL. Geographically masking health data to preserve confidentiality. Statistics in medicine. 1999;18(5):497-525.

271. Kwan M-P, Casas I, Schmitz B. Protection of geoprivacy and accuracy of spatial information: How effective are geographical masks? Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization. 2004;39(2):15-28.

272. Thornton LE, Pearce JR, Macdonald L, Lamb KE, Ellaway A. Does the choice of neighbourhood supermarket access measure influence associations with individual-level fruit and vegetable consumption? A case study from Glasgow. International journal of health geographics. 2012;11(1):29.

273. Learnihan V, Van Niel K, GILES-CORTI B, Knuiman M. Effect of scale on the links between walking and urban design. Geographical Research. 2011;49(2):183-91.

274. Gauvin L, Robitaille É, Riva M, McLaren L, Dassa C, Potvin L. Conceptualizing and operationalizing neighbourhoods: the conundrum of identifying territorial units. Canadian Journal of Public Health. 2007;98(1):S18-S26.

275. Boruff BJ, Nathan A, Nijënstein S. Using GPS technology to (re)-examine operational definitions of 'neighbourhood'in place-based health research. International journal of health geographics. 2012;11(1):1-14.

276. McCormack GR, Koohsari MJ, Turley L, Nakaya T, Shibata A, Ishii K, et al. Evidence for urban design and public health policy and practice: Space syntax metrics and neighborhood walking. Health & Place. 2019:102277.

277. Gould PR. Spatial Diffusion, Resource Paper No. 4. 1969.

278. Van Dyck D, Cerin E, Conway TL, De Bourdeaudhuij I, Owen N, Kerr J, et al. Associations between perceived neighborhood environmental attributes and adults' sedentary behavior: findings from the USA, Australia and Belgium. Social science & medicine. 2012;74(9):1375-84.

279. Van Cauwenberg J, De Bourdeaudhuij I, De Meester F, Van Dyck D, Salmon J, Clarys P, et al. Relationship between the physical environment and physical activity in older adults: a systematic review. Health Place. 2011;17(2):458-69.

280. Standardization IOf. Sustainable Cities and Communities: Indicators for City Services and Quality of Life: International Organization for Standardizaiton; 2018.

281. Sui D, Goodchild M, Elwood S. Volunteered geographic information, the exaflood, and the growing digital divide. Crowdsourcing geographic knowledge: Springer; 2013. p. 1-12.

282. Liu S, Higgs C, Arundel J, Boeing G, Cerdera N, Moctezuma D, et al. A generalized framework for measuring pedestrian accessibility around the world using open data. Geographical Analysis. 2022;54(3):559-82.

283. Ludwig C, Hecht R, Lautenbach S, Schorcht M, Zipf A. Mapping public urban green spaces based on OpenStreetMap and Sentinel-2 imagery using belief functions. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2021;10(4):251.

284. Weden MM, Carpiano RM, Robert SA. Subjective and objective neighborhood characteristics and adult health. Social science & medicine. 2008;66(6):1256-70.

285. Barnett DW, Barnett A, Nathan A, Van Cauwenberg J, Cerin E. Built environmental correlates of older adults' total physical activity and walking: A systematic review and meta-analysis. The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity Vol 14 2017, ArtID 103. 2017;14.

286. Ding D, Sallis JF, Kerr J, Lee S, Rosenberg DE. Neighborhood environment and physical activity among youth: a review. American journal of preventive medicine. 2011;41(4):442-55.

287. Gray JA, Zimmerman JL, Rimmer JH. Built environment instruments for walkability, bikeability, and recreation: Disability and universal design relevant? Disability and health journal. 2012;5(2):87-101.

288. Adams MA, Chapman J, Sallis J, Frank LD. Built Environment and Physical Activity: GIS Templates and Variable Naming. International Physical Activity and Environment Network (IPEN) Study Coordinating Centre: University of California, San Diego, CA, USA. 2012.

289. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (2021). Toolbox Umweltgerechtigkeit. Verfügbar unter: https://toolbox-umweltgerechtigkeit.de/ . Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

290. Sugiyama T, Thompson CW. Outdoor Environments, Activity and the Well-Being of Older People: Conceptualising Environmental Support. Environment and Planning A: Economy and Space. 2007;39(8):1943-60.

291. Horgas AL, Wilms HU, Baltes MM. Daily life in very old age: everyday activities as expression of successful living. The Gerontologist. 1998;38(5):556-68.

292. Assmann D, Honold J, Grabow B, Roose J. (2018). SDG-Indikatoren für Kommunen. Indikatoren zur Abbildung der Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen in deutschen Kommunen. 2018. Verfügbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/sdg-indikatoren-fuer-kommunen/ Zuletzt abgerufen am 21.09.2022.

ÜBERSICHT IM TEXT AUFGEFÜHRTER WEBRESSOURCEN

(*Alle Quellen zuletzt geprüft am 20.09.2022*)

- Bayerisches Landesamt für Statistik (o. J.). Statistikatlas Bayern: https://www.statistik.bayern.de/produkte/datenbanken_karten/statistikatlas/index.html
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR) (o. J.). Indikatoren zur Raumbeobachtung (INKAR) Online: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/InteraktiveAnwendungen/INKAR/inkar_online.html
- Bundesamt für Justiz (2013). Gesetz zur Förderung der elektronischen Verwaltung: http://www.gesetze-im-internet.de/egovg/
- Bundesamt für Justiz (2021). Gesetz für die Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors (DNG): https://www.gesetze-im-internet.de/dng/
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (o. J.). Geoportal des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie: www.Geoportal.de
- Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2021). Open Data Strategie der Bundesregierung: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/moderne-verwaltung/open-data-strategie-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022). Zweites Open Data Gesetz und Datennutzungsgesetz: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/zweites-open-data-gesetz-und-datennutzungsgesetz.html
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (o. J.). Deutscher Gaia-X Hub: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html
- Bündnis 90/Die Grünen/ Landesverband Schleswig-Holstein (2022). Koalitionsvertrag Schleswig-Holstein: https://www.cdu-sh.de/sites/www.cdu-sh.de/files/koalitionsvertrag_2022-2027_.pdf
- Code for Science & Society (o. J.). Open Refine: https://openrefine.org
- Creative Commons. Lizenzen (o. J.): https://creativecommons.org/licenses/?lang=de
- Deutsche Bahn AG (o. J.). Datenportal: https://data.deutschebahn.com
- Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (2021). Toolbox Umweltgerechtigkeit: https://toolbox-umweltgerechtigkeit.de/daten-und-informationen/daten-und-indikatoren
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) (o. J.). Environmental Mapping Analysis Program (EnMAP).: https://www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2440/3586_read-28911
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) (o. J.). Erdbeobachtungsprogramm Copernicus : https://www.d-copernicus.de/daten/datenzugang
- Die Bundesregierung (2021). Datenstrategie der Bundesregierung: https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/datenstrategie-der-bundesregierung-1845632
- Europäische Kommission (o. J.). DCAT Application Profile for data portals in Europe (DCAT-AP): https://joinup.ec.europa.eu/collection/semantic-interoperability-community-semic/solution/dcat-application-profile-data-portals-europe
- Europäische Kommission (o. J.). DCAT-AP.de Validator (BETA) : https://www.itb.ec.europa.eu/shacl/dcat-ap.de/upload
- Europäische Kommission (o. J.). Europäische Datenstrategie: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_de
- Europäische Kommission (o. J.). Europäische Open Science Cloud (EOSC): https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/open-science-cloud

- Europäische Kommission (o. J.). Open Research Europe: https://open-research-europe.ec.europa.eu/for-authors/data-guidelines/#prepareyourdata
- Europäische Kommission. Aufruf zum Einreichen digitaler Lösungen (2022) (#smartdevelopmenthack): https://germany.representation.ec.europa.eu/news/smartdevelopmenthack-sucht-digitale-losungen-fur-die-entwicklungszusammenarbeit-der-corona-pandemie-2020-04-20_de
- Europäische Union (o. J.). Verordnung (EU) 2022/868 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2022 über europäische Daten-Governance und zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/1724 (Daten-Governance-Rechtsakt): https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32022R0868
- Europäische Union (2019). Richtlinie (EU) 2019/1024 vom 20. Juni 2019: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1024&from=DE
- Geofabrik GmbH (o. J.) Geofabrik: https://www.geofabrik.de
- GeoNames (o. J.). Geonames: https://www.geonames.org
- Geschäfts- und Koordinierungsstelle GovData (o. J.). Informationen zur Datenlizenz Deutschland: https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0
- Geschäfts- und Koordinierungsstelle GovData (o. J.). Verwaltungsdatenportal für Deutschland: https://GOVdata.de
- Global Administrative Areas (2022). GADM database of Global Administrative Areas. Version 4.1. https://gadm.org
- Google Heath. COVID-19 Open-Data Github (2022): https://github.com/GoogleCloudPlatform/covid-19-open-data
- Grüne/ NRW (2022). Koalitionsvertrag NRW: https://gruene-nrw.de/dateien/Zukunftsvertrag_CDU-GRUeNE_Vorder-und-Rueckseite.pdf
- Helmholtz-Zentrum Potsdam (2015). Forschungsdatenwiki: https://www.forschungsdaten.org/index.php/Citizen_Science
- ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH (o. J.). Monitoring des Flächenverbrauchs in Deutschland auf Basis von Copernicus-Daten: https://incora-flaeche.de
- International Data Spaces e. V. (o. J.). International Data Spaces: https://internationaldataspaces.org
- Kroll, LE (2017). German Index of Socioeconomic Deprivation (GISD), Version 1.0. GESIS Datenarchiv-Datensatz. http://doi.org/10.7802/1460
- Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie - BIPS GmbH (o. J.). Website der NFDI4Health: https://www.nfdi4health.de
- Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V (o. J.). Mückenatlas: https://muekkenatlas.com
- Ministère de la Santé et la Prévention (2021). Information zum Hitzeregister auf der Website des französischen Gesundheitsministerium: https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-climatiques/article/les-populations-concernees-et-leur-recensement
- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung (2018). Open Data Portal Schleswig-Holstein: https://opendata.schleswig-holstein.de/dataset/badegewasser-messungen
- Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (o. J.). Open Daten Portal NRW: https://open.nrw/wofuer-haben-sie-open-data-genutzt-0
- Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (o. J.). Open Government in Nordrhein-Westfalen: www.Open.nRW
- Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen (2021). Open NRW: https://mqa2-open.nrw.de/mqa/?locale=de

- National Integrated Heat Health Information System (NIHHIS) (o. J.). Webportal für das US-amerikanische „National Integrated Heat Health Information System“: https://www.heat.gov
- Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) e.V. (o. J.). Webseite der NFDI: https://www.nfdi.de
- Natural Earth (o. J.). Natural Earth Data: https://www.naturalearthdata.com
- Open Knowledge Foundation (2022). Frictionless Data: https://frictionlessdata.io
- Open Knowledge Foundation (o. J.). Open Database Lizenzen der OKF: https://opendatacommons.org/licenses/odbl
- Open Knowledge Foundation Deutschland e.V. (o. J.). Code for Germany Network: https://www.codefor.de
- Open Knowledge Foundation Deutschland e.V. (o. J.). Frag den Staat-Portal: www.FragDenStaat.de
- OpenAIRE (o. J.). OpenAIRE: https://www.openaire.eu
- OpenCorporates (2022). Open Corporates API-Schnittstelle: https://api.opencorporates.com
- OpenSky Network (o. J.). Open Air Traffic Data for Research: https://opensky-network.org
- OpenStreetMap Wiki contributors (2022). OpenSteetMap - API-Schnittstelle: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/API
- Peters, M. (2022). Open Data for Health. https://sciencemap.github.io/Open-Data-for-Health/#6.5/51.201/11.792
- Professur für Geodäsie und Geoinformatik, Universität Rostock (2020). Open Data Portal von OpenGeoEdu (2020): https://portal.opengeoedu.de
- Publications Office of the European Union (o. J.). Lizenzassistent der EU: https://data.europa.eu/de/training/licensing-assistant
- Re3data.org Project Consortium (o. J.). Registry of Research Data Repositories: https://www.re3data.org
- Robert Koch-Institut (2022). MEx: Metadata Exchange Plattform: https://www.rki.de/DE/Content/Forsch/MEx/MEx_node.html
- Schulferien.org (o. J.). Infoportal zum Thema Schulferien, Kalender, Feiertage: www.schulferien.org
- Sensor Community (o. J.). Sensor Community: https://sensor.community/de
- Statistisches Bundesamt (2022). Gesundheitsdashboard Deutschland: https://www.dashboard-deutschland.de/gesundheit/gesundheit
- Statistisches Bundesamt (o. J.). GENESIS-Online: https://www-genesis.destatis.de/genesis/online
- Statistisches Bundesamt (o. J.). Statistikportal des Bundes: https://www.statistikportal.de
- SYNYO GmbH (o. J.). Europäischer Open Data Monitor: https://opendatamonitor.eu
- Tursics, T. (2021.). Open Data Atlas: http://opendata.tursics.de
- Verein der Europäischen Bürgerwissenschaften – ECSA e.V. (o. J.). Europäische Citizen Science Plattform: https://eu-citizen.science
- Verein EMN Europäische Metropolregion Nürnberg e. V. (2018). Regionalmonitor der Metropolregion Nürnberg: https://www.metropolregionnuernberg.de/daten-fakten/regional-monitor
- Verkehrsverbund Rhein-Ruhr AöR (o. J.). Open Data-Plattform ÖPNV: https://www.opendata-oepnv.de/ht/de/willkommen
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) (o. J.).Aktuelle Wasserstände der Wasserstraßen in Deutschland: https://pegelonline.wsv.de/gast/start
- Wissenschaft im Dialog gGmbH (o. J.). Deutsche Citizen Science Plattform: https://www.buergerschaffenwissen.de

- World Wide Web Consortium (W3C) (o. J.). Data Catalog Vocabulary (DCAT) - Version 2: https://www.w3.org/TR/vocab-dcat-2
- World Wide Web Foundation (2017). Open Data Barometer: https://opendatabarometer.org/leadersedition/report

ANHANG

Anhang 1: Darstellung des Eigenanteils

Die vorliegende kumulative Dissertation basiert auf drei Veröffentlichungen, die in internationalen Zeitschriften mit Peer-Review-Verfahren veröffentlicht wurden. Gemäß § 6 (2) Punkt 2 und 4 der Promotionsordnung der Universität Bremen für die Verleihung des Grades Dr. rer. nat. im Fachbereich 11 vom 06.07.2011 werden in *Tabelle 2* die Eigenleistungen der Verfasserin an den Arbeitsschritten der verwendeten Publikationen anhand von drei Abstufungen beschrieben. Die Abstufungen sind dabei wiefolgt zu interpretieren: *Vollständig* meint, dass der betreffende Arbeitsschritt zwar alleine durchgeführt wurde, jedoch ein Austausch mit den Mitautoren*innen stattfand und deren Anregungen in die Arbeitsschritte eingeflossen sind. Ü*berwiegend* meint, dass ein Großteil der Arbeitsschritte eigenständig durchgeführt wurde, und *gleichwertig* (in keiner der Arbeiten der Fall) würde ausdrücken, dass die Arbeitsschritte zu gleichen Teilen von von allen Autor*innen durchgeführt wurden.

Tabelle 2: Überblick der Eigenanteile in den Einzelarbeiten

Arbeitsschritt	*Publikation 1*	*Publikation 2*	*Publikation 3*
Theoretische Konzeption (inklusive Fragestellung)	vollständig	vollständig	vollständig
Literaturrecherche	vollständig	vollständig	vollständig
Datenerhebung	vollständig	überwiegend	überwiegend
Datenauswertung	vollständig	vollständig	überwiegend
Diskussion und Interpretation	vollständig	vollständig	vollständig
Manuskripterstellung	vollständig	überwiegend	überwiegend
Revision	vollständig	vollständig	überwiegend

Anmerkungen:

Publikation I = Peters M, Zeeb H. Availability of open data for spatial public health research. GMS German Medical Science. 2022;20: Doc01. https://doi.org/10.3205/000303;

Publikation II = Peters M, Ratz T, Wichmann F, Lippke S, Voelcker-Rehage C, Pischke CR. Ecological predictors of older adults' participation and retention in a physical activity intervention. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(6):3190.; https://doi.org/10.3390/ijerph19063190

Publikation III =Peters M, Müllmann S, Christianson L, Stalling I, Bammann K, Drell C, Forberger S. Measuring the association of objective and perceived neighborhood environment with physical activity in older adults: Challenges and implications from a systematic review. International Journal of Health Geographics. 2020; 19:47. https://doi.org/10.1186/s12942-020-00243-z

Anhang 2: Versicherung der eigenständigen Verfassung

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine weiteren als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die ich wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken entnommen habe, sind unter Angabe der Quellen als solche kenntlich gemacht. Des Weiteren versichere ich, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt wurde und ich bisher auch keine weiteren Versuche zur Promotion unternommen habe.

Manuela Peters

Rostock, den 23.10.2022

Anhang 3: Liste wissenschaftlicher Veröffentlichungen mit peer review

Meyer J, Ratz T, Pauls A, Hellmers S, Boll S, Fudickar S, Hein A, Bauer JM, Koppelin F, Lippke S, **Peters M**, Pischke CR, Voelcker-Rehage C, Zeeb H, Forberger S. Designing and applying technology for prevention - Lessons learned in AEQUIPA and and its implications for future research and practice. Front. Public Health. DOI: 10.3389/fpubh.2022.832922

Lippke S, Ratz T, Keller FM, Juljugin D, **Peters M**, Pischke CR, Voelcker-Rehage C. Mitigating feelings of loneliness and depression by means of web-based or print-based physical activity interventions: Pooled analysis of two community-based intervention trials. JMIR Aging. 18/01/2022:36515

Peters M, Ratz T, Wichmann F, Lippke S, Voelcker-Rehage C, Pischke CR. Ecological predictors of older adults' participation and retention in a physical activity intervention. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(6):3190. https://doi.org/10.3390/ijerph19063190

Peters M, Zeeb H. Availability of open data for spatial public health research. GMS German Medical Science. 2022;20:Doc01. https://doi.org/10.3205/000303

Auerswald T, Hendker A, Ratz T, Lippke S, Pischke CR, **Peters M**, Meyer J, von Holdt K, Voelcker-Rehage C. Impact of activity tracker usage in combination with a physical activity intervention on physical and cognitive parameters in healthy adults aged 60+: A randomized controlled trial. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(7):3785. https://doi.org/10.3390/ijerph19073785

Pischke CR, Voelcker-Rehage C, Ratz T, **Peters M**, Buck C, Meyer J, von Holdt K, Lippke S. A web-based versus a print-based physical activity intervention for community-dwelling older adults: Randomized trial with a cross-over design. JMIR mHealth and uHealth. 2022;10(3):e32212. https://doi.org/10.2196/32212

Peters, **M;** Ratz T, Muellmann S, Meyer, J., von Holdt K, Lippke, S, Voelcker-Rehage, C, Pischke, C. Die Fit im Nordwesten“-Toolbox - Entwicklung und Bereitstellung von Materialien und Empfehlungen zur Förderung körperlicher Aktivität älterer Menschen im kommunalen Setting. Prävention und Gesundheitsförderung. DOI https://doi.org/10.1007/s11553-021-00926-w

Ratz, T., Voelcker-Rehage, C., Pischke, C. R., Muellmann, S., **Peters, M**., & Lippke, S. (2021). Health-related lifestyle and dropout from a web-based physical activity intervention trial in older adults: A latent profile analysis. Health Psychology, 40(8), 481.

Peters M, Bammann K, Müllmann S, Stalling I, Christianson L, Drell C, Forberger S. Measuring the association of objective and perceived neighborhood environment with physical activity in older adults: Challenges and implications from a systematic review. International Journal of Health Geographics. 2020; 19:47. https://doi.org/10.1186/s12942-020-00243-z

Wichmann F, Pischke C, Jürgens D, Darmann-Finck I, Koppelin F, Lippke S, Pauls A, **Peters M**, Zeeb H, Muellmann S. Anforderungen an die Gestaltung von (web-basierten) Bewegungsinterventionen für Erwachsene ab 65 Jahren - Eine qualitative Analyse der Akzeptanz und Bedürfnisse von Teilnehmenden und Nicht-Teilnehmenden. BMC Public Health. DOI: 10.1186/s12889-020-08927-8

Kebede M, **Peters M**, Heise T, Pischke CR. Comparison of three meta-analytic methods using data from digital interventions on type 2 diabetes. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy. 2019; 12:59-73. DOI: 10.2147/DMSO.S180106

Gansefort D, **Peters, M**, Brand, T. Is my community ready? The Community Readiness-Model and its exemplary application in community-based health promotion. Das Gesundheitswesen 2019. DOI: 10.1055/a-1119-6181

Müllmann S, Buck C, Voelcker-Rehage C, Lippke S, Meyer J, **Peters M**, Pischke CR. Comparison of the effects of two web-based interventions promoting physical activity among older adults vs. a waitlisted control group in Northwestern Germany: results of the PROMOTE community-based intervention trial**.** Preventive Medicine Reports 15:100958. DOI: 10.1016/j.pmedr.2019.100958

Wichmann F, Jahn I, Brandes M, Müllmann S, **Peters M,** Pischke C, Zeeb H. DEVASYS – Development of an online tool to support systematic evaluation of intervention projects in prevention and health promotion. Das Gesundheitswesen. 2019. DOI: 10.1055/a-1005-6755

Kebede M, Zeeb H, **Peters M**, Heise T, Pischke CR. Effectiveness of digital interventions for improving glycemic control in persons with poorly controlled type 2 diabetes: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression analysis. Diabetes Technology & Therapeutics. 2018;20(11):767-782. DOI: 10.1089/dia.2018.0216

Ratz T, Buck C, Lippke, S; Muellmann, S; **Peters, M**; Pischke, C; Meyer, J; Bragina, I; Voelcker-Rehage, C. Effects of two web-based Interventions on Stage of Change regarding Physical Activity in Older Adults. July 2019. Applied Psychology Health and Well-Being. DOI: 10.1111/aphw.12174

Pischke, C. Voelcker-Rehage, C **Peters**, **M;** Ratz T, Pohlabeln H, Meyer, J., von Holdt K, Lippke, S; Examining implementation and effects of a web- vs. print-based intervention for the promotion of physical activity among community-dwelling older adults – Study protocol of a randomized trial with a cross-over design. JMIR Research Protocols. 2019. DOI: 10.2196/15168

Wichmann F, Müllmann S, Darmann-Finck, **Peters M**, Pischke C, Zeeb H. Anforderungen an die Gestaltung von Bewegungsinterventionen für ältere Menschen – Eine qualitative Analyse der Akzeptanz und der Bedürfnisse von Teilnehmenden und Nicht-Teilnehmenden. August 2019. Konferenzpaper. Das Gesundheitswesen 81(8) DOI: 10.1055/s-0039-1694655

Anhang 4: Einzelpublikationen der kumulativen Dissertation

I. **Peters M,** Zeeb H. Availability of open data for spatial public health research. GMS German Medical Science. 2022;20:Doc01. https://doi.org/10.3205/000303

II. **Peters M,** Ratz T, Wichmann F, Lippke S, Voelcker-Rehage C, Pischke CR. Ecological predictors of older adults' participation and retention in a physical activity intervention. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(6):3190.; https://doi.org/10.3390/ijerph19063190

III. **Peters M,** Müllmann S, Christianson L, Stalling I, Bammann K, Drell C, Forberger S. Measuring the association of objective and perceived neighborhood environment with physical activity in older adults: Challenges and implications from a systematic review. International Journal of Health Geographics. 2020;19:47. https://doi.org/10.1186/s12942-020-00243-z