



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung

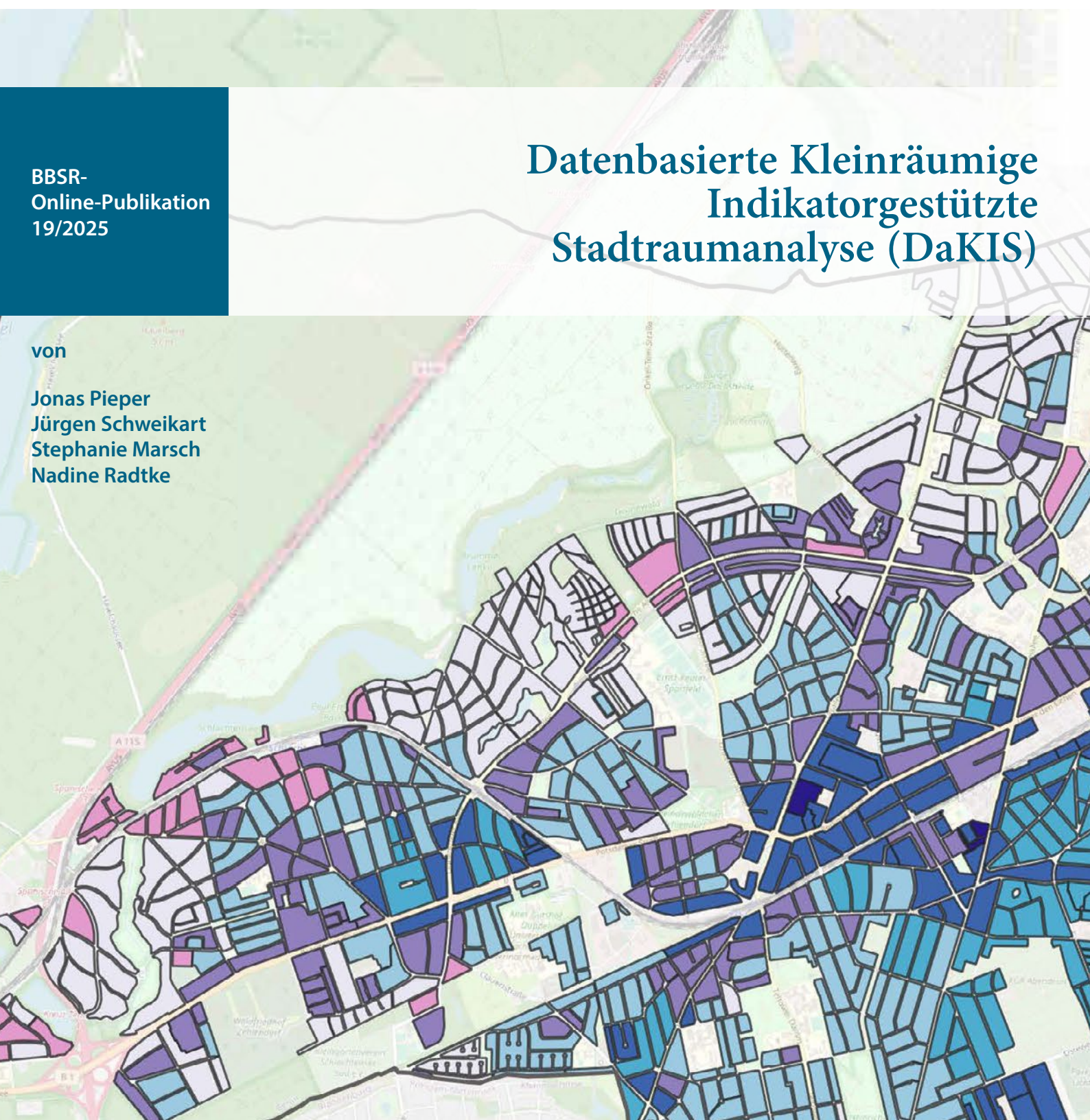


BBSR-
Online-Publikation
19/2025

Datenbasierte Kleinräumige Indikatorgestützte Stadtraumanalyse (DaKIS)

von

Jonas Pieper
Jürgen Schweikart
Stephanie Marsch
Nadine Radtke



Datenbasierte Kleinräumige Indikatorgestützte Stadtraumanalyse (DaKIS)

Handreichung zur Bewertung umweltbezogener
Gesundheitsrisiken und -chancen

Das Projekt des Forschungsprogramms „Allgemeine Ressortforschung“ wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) durchgeführt.

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat RS 6 „Stadt-, Umwelt- und Raumb Beobachtung“
Dr. Brigitte Adam
brigitte.adam@bbr.bund.de

Silas Eichfuss

Dr. Fabian Dosch
fabian.dosch@bbr.bund.de

Begleitung im Bundesministerium

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
Referat S II 5 „Lebendige Zentren, Nationale Projekte des Städtebaus“
Kathrin Geffken

Auftragnehmer

WEEBER+PARTNER Institut für Stadtplanung und Sozialforschung W+P GmbH, Berlin
Stephanie Marsch
Nadine Radtke
wpberlin@weeberpartner.de

in Zusammenarbeit mit
Prof. Dr. Jürgen Schweikart (Berliner Hochschule für Technik)
Jonas Pieper (Berliner Hochschule für Technik)

Beratung von Prof. Dr. Gesine Bär (Alice-Salomon-Hochschule Berlin),
Jonas Schupp und Karl Wefers (SWUP GmbH – Landschaft | Stadt | Kommunikation)

Stand

April 2024

Gestaltung

ORCA Affairs GmbH, Berlin

Bildnachweis

Titelbild: OpenStreetMap® lizenziert unter der Open Data Commons Open Database-Lizenz (ODbL) von der OpenStreetMap Stiftung (OSMF) und lizenziert nach Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY-SA 2.0), <https://www.openstreetmap.org/copyright>

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

Pieper, J.; Schweikart, J.; Marsch, S.; Radtke, N., 2025: Datenbasierte Kleinräumige Indikatorgestützte Stadtraumanalyse (DaKIS): Handreichung zur Bewertung umweltbezogener Gesundheitsrisiken und -chancen. Herausgeber: BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. BBSR-Online-Publikation 19/2025. Bonn. <https://doi.org/10.58007/1dm2-7e09>

DOI 10.58007/1dm2-7e09

ISSN 1868-0097

Bonn 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	In vier Phasen zur DaKIS	9
2.1	Phase 1: Vorbereiten	9
2.2	Phase 2: Konzipieren	10
2.2.1	Auswahl der umweltbezogenen und sozialräumlichen Faktoren	10
2.2.2	Datensichtung und -recherche	13
2.2.3	Auswahl der räumlichen Bezugsebenen	19
2.2.4	Definition der Einzelindikatoren	20
2.2.5	Auswahl der Werkzeuge	25
2.3	Phase 3: Umsetzen	25
2.3.1	Einzelindikatoren berechnen/bestimmen	27
2.3.1.1	Umsetzungsbeispiel „Thermische Belastung“ in der Stadt München	27
2.3.1.2	Umsetzungsbeispiel „Wohnungsnaher Grünversorgungsindex“ in der Stadt Gelsenkirchen	28
2.3.2	Vergleichbarkeit herstellen (Klassifizieren/Normieren)	31
2.3.2.1	Klassifizierung	31
2.3.2.2	Normierung	32
2.3.3	Gesamtindikatoren (Mehrfachbelastung) berechnen	34
2.3.3.1	Gesamtbelastungsindikator	35
2.3.3.2	Gesamtentlastungsindikator	37
2.3.3.3	Univariater Gesamtindikator (Gesamtlast)	38
2.3.3.4	Bivariater Gesamtindikator (Gesamtlast)	40
2.3.4	Kartografisch darstellen und mit sozialen Ungleichheiten kombinieren	41
2.4	Phase 4: Integrieren	44
3	Limitationen der DaKIS	45
4	Fazit	46
	Literatur und Quellen	47
	Verzeichnisse	51

1 Einleitung

Diese Handreichung ist Teilergebnis des Forschungsprojektes Gesundheit in der Stadt: Maßnahmen für einen gesunden Lebensraum (BBSR 2021). Im Rahmen des Projektes wurde exemplarisch für zwei Berliner Fallstudienbezirke eine Datenbasierte Kleinräumige Indikatorgestützte Stadtraumanalyse (DaKIS) aufgebaut. Durch dieses Werkzeug wird eine normative Perspektive zur Analyse räumlicher Ungleichheiten hinzugefügt. Es ermöglicht eine detaillierte Analyse und Visualisierung von Stadtmerkmalen, die auf geografischen Informationen basieren. Die DaKIS kann verwendet werden, um Fragen im Zusammenhang mit städtischer Planung, Infrastruktur, Wohnsituation, sozialer Gerechtigkeit, Umweltauswirkungen und anderen städtischen Herausforderungen zu beantworten und die daraus resultierenden Erkenntnisse in Planungsprozessen zu integrieren (vgl. Flacke et al. 2015).

Die Handreichung richtet sich an Akteurinnen und Akteure der Kommunalverwaltungen und an Beteiligte, die kommunale Prozesse unterstützen, wie Stadtplanerinnen und Stadtplaner, Bürgerinitiativen und kommunale Interessenverbände, Sozial- und Gesundheitsdienste sowie lokale Unternehmen. Interessierten soll mit dieser Handreichung eine Hilfestellung gegeben werden, eine kommunenspezifische DaKIS aufzubauen, um sie in kommunale Entscheidungsprozesse einfließen zu lassen.

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt eines möglichen Ergebnisses einer DaKIS. Dargestellt ist ein Gesamtindikator auf der kleinräumigen Basis von Baublocken. Er basiert auf einer Auswertung mehrerer Einzelindikatoren zu gesundheits- und umweltbezogenen Be- und Entlastungsfaktoren. Die Legende zeigt, inwieweit die Bewohner innerhalb jeden Blocks gesundheitlich relevanten Belastungen ausgesetzt sind und ob sie wohnungsnah Möglichkeiten zur Entlastung haben. Die bipolare Karte ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung des dualen Ansatzes, bestehend aus den Polen gesundheitlicher Belastung und Entlastung. Mittels der bivariaten Darstellung können Baublocke identifiziert werden, die sowohl durch hohe Belastung als auch durch geringe Entlastung charakterisiert sind. Es lassen sich jedoch auch Blöcke erkennen, die durch eine Mischung der beiden Pole gekennzeichnet sind.

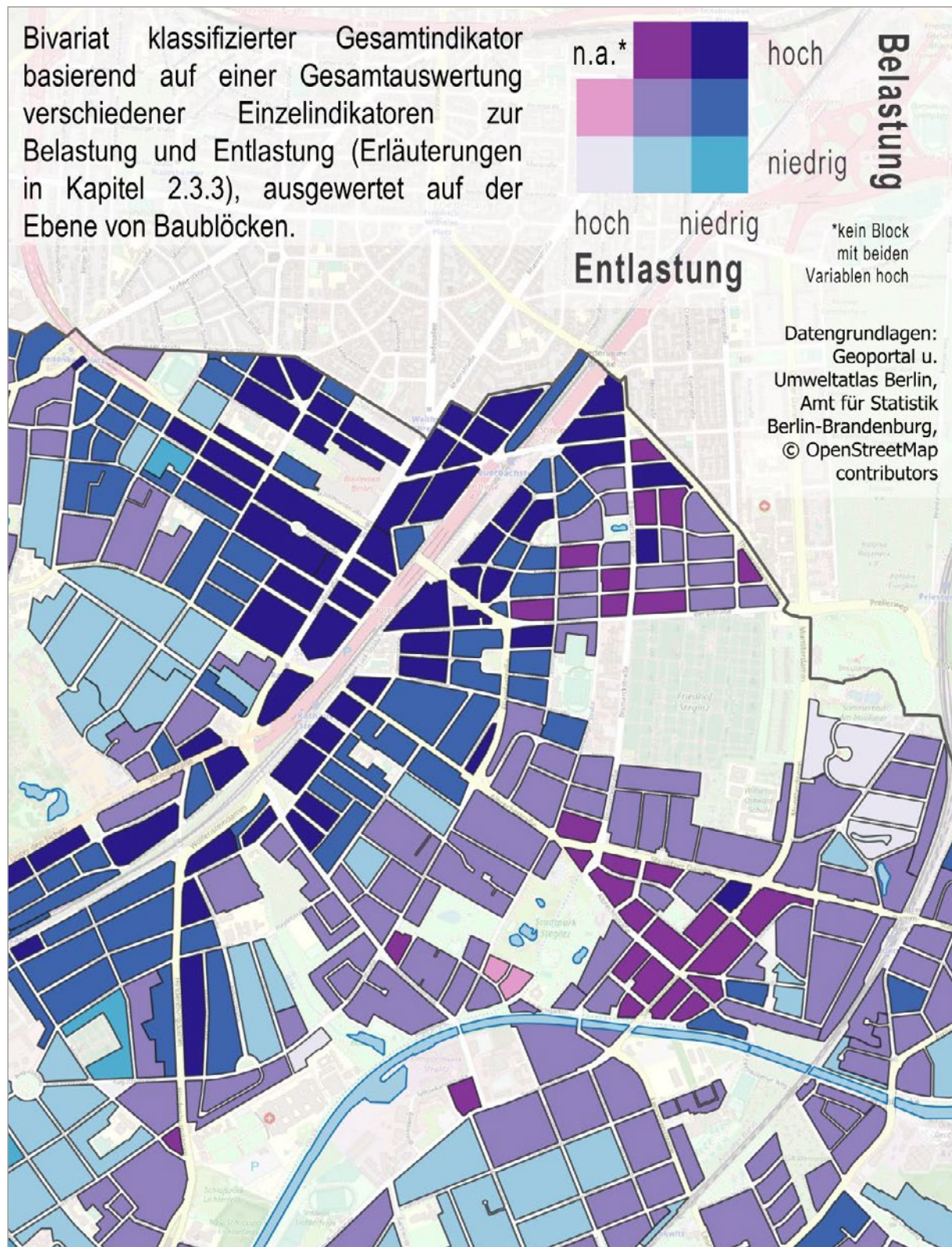
Sowohl die Einzelindikatoren einer DaKIS als auch die Auswertung von Mehrfachbelastungen, insbesondere im Vergleich mit Sozialindikatoren zur Identifizierung vulnerabler Gebiete, stellen einen erheblichen Mehrwert dar. Die DaKIS liefert datengestützte Informationen, die es Stadtplanenden, Entscheidungsträgern und anderen Akteuren ermöglichen sollen, fundierte Entscheidungen zu treffen. Dies trägt zur Effizienz und Qualität der städtischen Planung und Entwicklung bei. Die Analyse auf kleinräumiger Basis ermöglicht es, Ressourcen gezielt und effizient einzusetzen. Dies kann dazu beitragen, Budgets und Investitionen in Bereichen zu priorisieren, wo sie am dringendsten benötigt werden. Die DaKIS identifiziert Räume mit ihren spezifischen Anforderungen. Dies ermöglicht es, maßgeschneiderte Maßnahmen und Programme zu entwickeln, um diesen Bedürfnissen gerecht zu werden. Die Analyse von sozialen Indikatoren kann zusätzlich dazu beitragen, soziale Ungleichheiten und Benachteiligungen sichtbar zu machen.

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse einer DaKIS-Analyse dazu verwenden, die Lebensqualität in städtischen Gebieten zu verbessern, die Ressourcen effizienter zu nutzen, Ungleichheiten zu reduzieren und die Stadtentwicklung insgesamt zielgerichteter und nachhaltiger zu gestalten. Auch können sie als wichtige Grundlage dienen, um Maßnahmen im urbanen Raum zu planen.

Die Handreichung verweist im Folgenden auf vielfältige Datenbeispiele. Die dafür zugrunde liegenden URLs wurden letztmalig im Juni 2024 überprüft. Aufgrund des dynamischen Bereitstellungsgeschehens kann keine Gewähr für die fortwährende Erreichbarkeit der URLs gegeben werden. Es wird empfohlen bei Bedarf direkt die entsprechenden Datenportale zu konsultieren.

Abbildung 1

Ausschnitt aus einer Ergebnisdarstellung einer DaKIS



Quelle: Datengrundlagen vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Einwohnerdichte/Lebensweltlich Orientierte Planungsräume LOR), Geoportal Berlin/Gesundheits- und Sozialstrukturatlas: Gesundheits- und Sozialindex 2022 (GESIx); Kartendaten: ©OpenStreetMap Mitwirkende, Lizenz: Open Database License (ODbL) lizenziert nach Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY-SA 2.0), <https://www.openstreetmap.org/copyright>; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Der Aufbau einer DaKIS zur Ermittlung umweltbezogener Risiken und Chancen stellt für jede Kommune eine Herausforderung dar, da es sich um ein digitales und sektorenübergreifendes Projekt handelt, an dem verschiedene Ressorts einer Kommune beteiligt sein sollten. Die vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) herausgegebene Handreichung für Kommunen mit dem Titel „Die digitale Stadt gestalten“ bietet Orientierungshilfen in diesem Kontext (vgl. BBSR 2022). Die größte Herausforderung einer DaKIS besteht darin, frei verfügbare und/oder amtliche Geodaten, insbesondere solche aus dem kommunalen Bestand, aus unterschiedlichen Ämtern und weiteren Quellen zusammenzuführen, in einem Geoinformationssystem (GIS) zu verarbeiten, zu analysieren und handlungsrelevante Informationen in Form von Indikatoren abzuleiten. Heterogene Datengrundlagen müssen hinsichtlich ihres räumlichen Bezugs und ihrer Merkmalsausprägungen vereinheitlicht werden, um sie zu verknüpfen und multivariate Indikatoren zur Bewertung der Gesamtsituation abzuleiten.

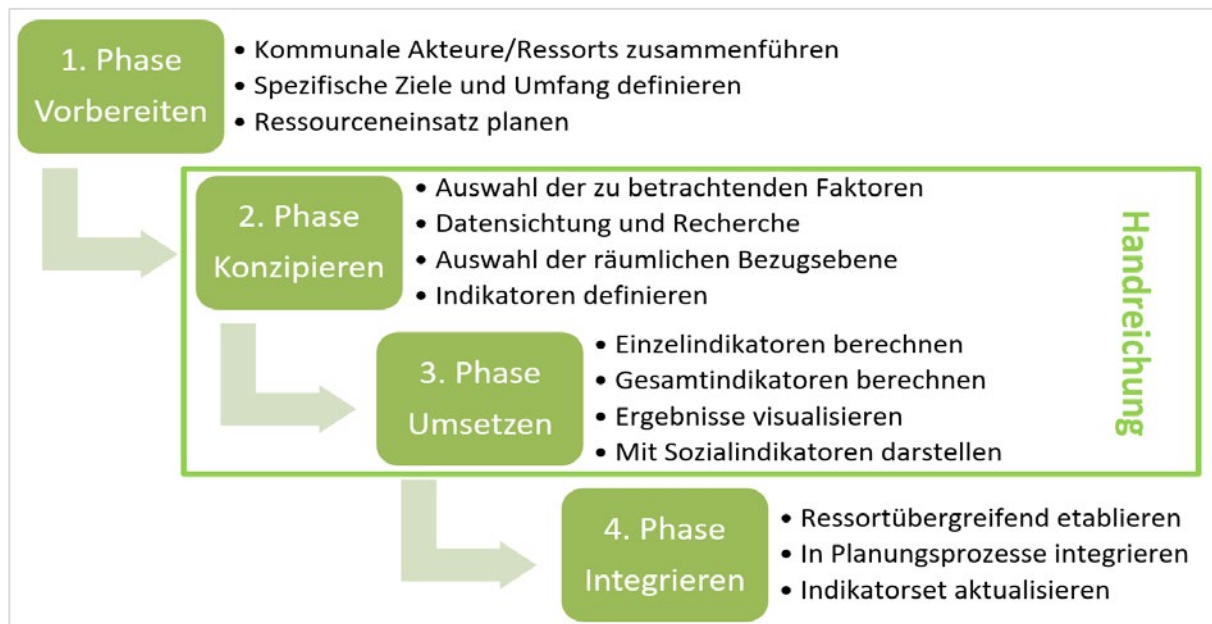
Die Inhalte dieser Handreichung können von jeder Kommune, angepasst auf ihre spezifische Zielsetzung und Datenverfügbarkeit, umgesetzt werden. Dabei ist freigestellt, den Umfang der vorgeschlagenen Daten zu modifizieren, zu reduzieren oder zu erweitern. Die Handreichung beschreibt den konzeptionellen Rahmen des Ansatzes, zeigt geeignete Daten und Indikatoren auf und bietet Hilfestellungen und praktische Tipps für die Umsetzung anhand von Arbeitsschritten. Um gesundheitsbezogene Ungleichheiten in einer Kommune zu analysieren, sollte die DaKIS lokal kontextualisiert werden, das heißt der Schwerpunkt bei der Entwicklung von Indikatoren sollte sich auf spezifische Fragen und Probleme im Fallstudiengebiet beziehen (vgl. Flacke et al. 2015). Eine Standardlösung auf Basis bundesweit zur Verfügung stehender Daten ist auch deshalb nicht empfehlenswert, da der oft detailliertere kommunale Datenschatz so nicht in Wert gesetzt werden könnte.

Fokus der Handreichung

In dieser Handreichung liegt der Fokus darauf, Kommunen eine praxisorientierte Unterstützung für die Implementierung einer Datenbasierte Kleinräumigen Indikatorgestützten Stadtraumanalyse (DaKIS) zu bieten. Der Schwerpunkt liegt nicht auf der Befähigung komplexe Datenmodellierungen für einzelne Umweltfaktoren selbstständig vorzunehmen, sondern auf der Identifikation geeigneter und bestehender Daten, Modelle oder Indikatoren und deren Weiterverarbeitung, um relevante Informationen zur Unterstützung von Planungsprozessen bereitzustellen. Limitationen der Anwendung, die sich bspw. aus der Notwendigkeit einer Normierung ergeben, um Vergleichbarkeit zwischen den unterschiedlichen Daten herzustellen, werden in Kapitel 3 diskutiert. Der Aufbau einer DaKIS ist ein komplexer Prozess, der in vier grobe Phasen eingeteilt werden kann (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 2

Vier-Phasen-Modell einer Datenbasierten Kleinräumigen Indikatorgestützten Stadtraumanalyse (DaKIS)



Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Die Gliederung des Kapitels 2 dieser Handreichung richtet sich nach den vier Phasen und die Feingliederung der Kapitel 2.2 und 2.3 nach den Arbeitsschritten, die jeweils zu Beginn dieser Kapitel in Abbildungen zusammengefasst werden. Hier finden sich konkrete Hilfestellungen zur konzeptionellen und praktischen Umsetzung. Es wird empfohlen, die Abfolge der Arbeitsschritte einzuhalten, um den Aufwand für die Datenrecherche zu minimieren und durch die Datensichtung die notwendigen Informationen zur Entscheidung für eine räumliche Bezugsebene und die Definition der Einzelindikatoren zu erhalten.

2 In vier Phasen zur DaKIS

2.1 Phase 1: Vorbereiten

Zur ersten Phase, der Vorbereitung der DaKIS, finden sich in dieser Handreichung keine ausführlichen Hilfestellungen oder konkrete Empfehlungen. In der folgenden Box sind aber Leitfragen zusammengefasst, die vor der praktischen Umsetzung einer DaKIS geklärt werden sollten.

Leitfragen Phase 1: Vorbereiten

- Welche Ziele verfolgen wir mit einer DaKIS?
- Welche Ressorts sollen/können dafür zusammenarbeiten?
- Wie umfangreich soll das Indikatorenset sein? Eher wenige Indikatoren, die sich schnell und mit geringerem Arbeitseinsatz umsetzen lassen, oder ein detailliertes, ressourcenintensives Modell mit vielen Einzelindikatoren auf kleinräumiger Basis?
- Welche personellen und technischen Ressourcen stehen zur Verfügung?
- Kann das Projekt vollständig innerhalb unserer Verwaltung umgesetzt werden, oder sind externe Auftragnehmer für Teilaufgaben zu beteiligen?
- Mit welchen Werkzeugen zur Geodatenanalyse kann das Vorhaben in der Kommune umgesetzt werden?

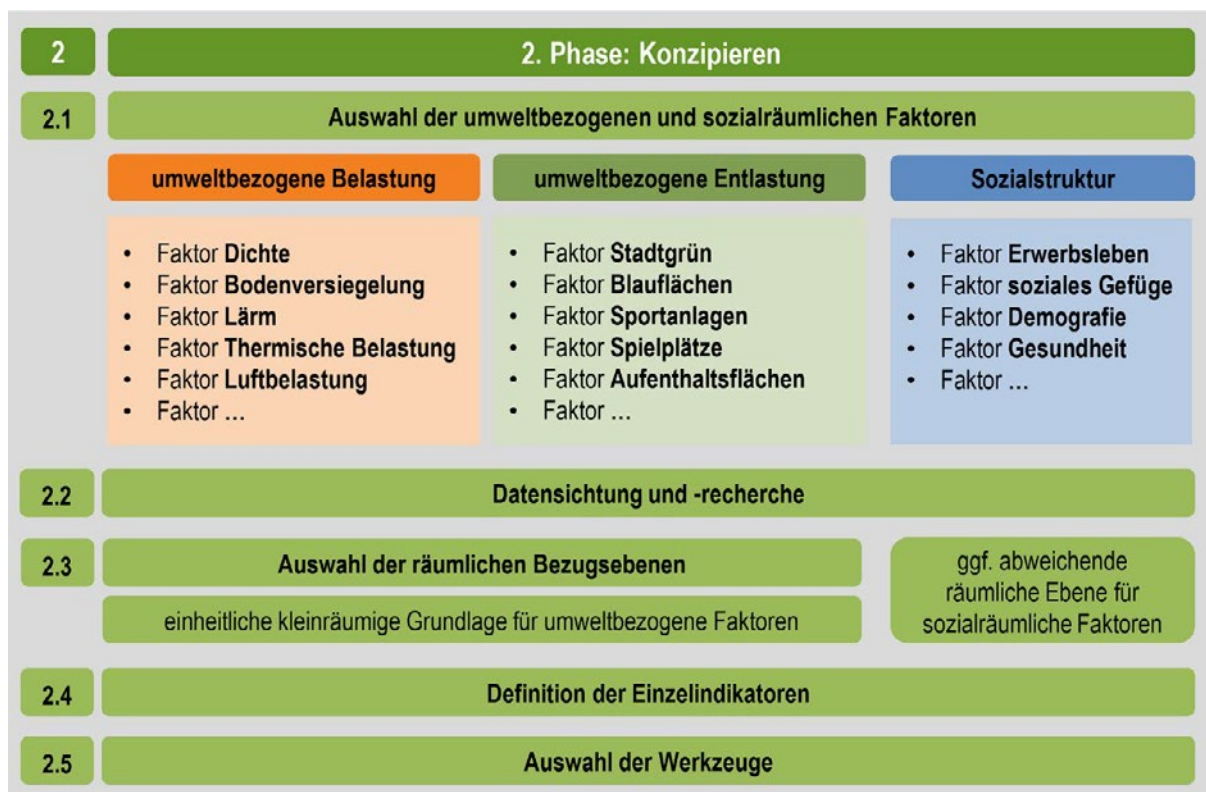
Eine wichtige Frage ist die nach Umfang und Detailgrad der DaKIS. Bereits Anwendungen auf Basis weniger Indikatoren für vergleichsweise größere Raumeinheiten haben hohes Nutzungspotenzial. In Deutschland zeigen das bspw. die Ergebnisse von Flacke et al. (2016), die 170 Statistische Unterbezirke in Dortmund, Köckler et al. (2020), die 78 Monitoringräume in Herne, und Vittinghoff et al. (2023), die 46 Ortsteile in Duisburg untersucht haben. Auch bei diesen Modellen werden überwiegend kommunale Datengrundlagen verwendet. Bundesweit vorliegende Datengrundlagen weisen nicht für alle Faktoren das erforderliche Potenzial hinsichtlich einer kleinräumigen Auswertung auf. Detailliertere Modelle mit einer höheren Anzahl an Einzelindikatoren, die verschiedene Aspekte der Be- und Entlastung kleinräumiger und damit realitätsnäher betrachten, erfordern einen höheren Aufwand, bieten aber auch ein höheres Potenzial für zielgenaue Interventionen.

Eine DaKIS umzusetzen, erfordert Fachwissen in verschiedenen Bereichen, darunter Geodatenanalyse, Datenmanagement, Stadtplanung, Geoinformatik und Statistik. Soll eine umfangreiche und detaillierte DaKIS entwickelt werden und verfügt die Kommune verwaltungsintern nicht über die notwendigen Möglichkeiten, gibt es Anbieter und Organisationen, die bei der Umsetzung einer DaKIS unterstützen können. Geeignet sind Unternehmen mit spezifischen Arbeitsschwerpunkten in der Geoinformatik und Geodatenanalyse. Sie haben Expertise in der Sammlung, Verarbeitung und Analyse von geografischen Daten und können umfassende raumbezogene Analysen durchführen. Außerdem gibt es Unternehmen, die auf die Entwicklung von maßgeschneiderter Software für Datenanalyse und -visualisierung spezialisiert sind, oder Anbieter von GIS-Software und -Dienstleistungen, die Lösungen für die Implementierung einer DaKIS bieten. Gegebenenfalls kommen auch Hochschulen und Forschungseinrichtungen mit Schwerpunkt auf Geografie, Geoinformationswesen oder Stadtplanung in Frage. Eine Reihe von Stadtplanungsbüros weisen ebenfalls Kompetenzen im Bereich der Geodatenanalyse auf.

2.2 Phase 2: Konzipieren

In der konzeptionellen Phase werden die umweltbezogenen und sozialräumlichen Faktoren ausgewählt, die mit der DaKIS betrachtet werden sollen. Die zur Verfügung stehenden Daten werden gesichtet und recherchiert, die räumliche Bezugsebene für das Indikatorenset wird ausgewählt und die Einzelindikatoren werden durch eine Festlegung auf die zu verwendenden Daten und die Methoden zur Berechnung definiert. In Abbildung 3 sind die einzelnen Arbeitsschritte dargestellt, die in den folgenden Unterkapiteln behandelt werden.

Abbildung 3
Arbeitsschritte der Phase 2 - Konzipieren



Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

2.2.1 Auswahl der umweltbezogenen und sozialräumlichen Faktoren

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die verschiedenen umweltbezogenen und sozial-räumlichen Faktoren gegeben, die mit einer DaKIS in den Blick genommen werden können. Es sollten jeweils Faktoren aus den Bereichen Belastung und Entlastung betrachtet werden, um daraus eine Gesamtlast abzuleiten. Mindestens zwei Faktoren aus beiden Bereichen sind sinnvoll, bis zu fünf oder mehr Faktoren können für DaKIS mit einer großen Anzahl an Einzelindikatoren betrachtet werden. Die Anzahl der gewählten Faktoren aus den Bereichen muss nicht gleich sein.

Die Auswahl der Faktoren ist gemäß der Definition der Ziele und des Umfangs der DaKIS aus Phase 1 vorzunehmen. Kommunenspezifische Zielsetzungen sind zu berücksichtigen und eine Priorisierung von Faktoren ist sinnvoll.

Von den Belastungsfaktoren (Tabelle 1) sollten mindestens zwei in einem DaKIS betrachtet werden. Dichte, Bodenversiegelung und Thermische Belastung folgen häufig einem ähnlichen räumlichen Muster. In Bereichen mit einer hohen Anzahl von Gebäuden ist in der Regel eine verstärkte Versiegelung vorhanden, was zu einer erhöhten thermischen Belastung führt. Gegebenenfalls ist es daher ausreichend nur einen dieser drei Indikatoren in der DaKIS abzubilden. Lärm und Luftbelastung folgen ebenfalls ähnlichen räumlichen Mustern, da Verkehr und Industrie meist gleichzeitig Lärm- und Luftemissionen verursachen. Für Lärm gibt es häufig exaktere kleinräumige Modellierungen als für Luftemissionen, daher ist es hier sinnvoll den Faktor Lärm auszuwählen. Auch wenn verschiedene Faktoren ähnlichen groben räumlichen Mustern folgen, variieren sie häufig in der kleinräumigen Betrachtung. Bei guter Datenlage und entsprechenden Kapazitäten ist es empfehlenswert, mehr als zwei Belastungsfaktoren in die DaKIS zu integrieren, um die Gesamtlast möglichst differenziert darzustellen. Die gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm und Luftbelastung sind unmittelbarer als die der anderen drei Faktoren. Bei DaKIS-Anwendungen, in denen die Gesundheit im Mittelpunkt steht, ist es daher möglich, diese Belastungsfaktoren höher zu gewichten.

Bei Entlastungsfaktoren (Tabelle 2) kommt dem Stadtgrün die größte Bedeutung zu. Die potenziell positiven gesundheitlichen Wirkungen von Stadtgrün sind vielfältig, da sie neben dem Erholungsfaktor auch positive Wirkungen auf das Stadtklima, bspw. auf Thermische Belastung und Luftbelastung, haben.

Studien zeigen auf, wie stark die Gesundheit von der sozialen und bebauten Umwelt abhängt. Sozial benachteiligte Gebiete unterliegen dabei häufig verschiedenen umweltbedingten Problemlagen (vgl. Marmot, Wilkinson 2005). Deshalb ist die Integration von Sozialindikatoren (Tabelle 3) sinnvoll. Indikatoren aus dem Bereich Sozialstruktur werden in dieser Handreichung nicht so intensiv betrachtet wie umweltbezogene Indikatoren, da sie nicht extra für eine DaKIS modelliert werden müssen, sondern den meisten Kommunen bereits vorliegen. Sie werden auch nicht mit den umweltbezogenen Indikatoren zu Gesamtindikatoren kombiniert, sondern im letzten Schritt (Kapitel 2.3.4) zu einem visuellen Vergleich hinzugezogen.

Tabelle 1
Beschreibung der Belastungsfaktoren

Faktoren: umweltbezogene Belastung
Dichte
Die Dichte ist ein Konzentrationsmaß. Es ist der Quotient der Bevölkerung, Gebäude, Aktivitäten etc. bezogen auf eine Fläche und beschreibt die Intensität der Raumnutzung. Hohe Bevölkerungs- und Gebäudedichten können zu erhöhtem Verkehrsaufkommen, höherem Energieverbrauch und anderen Umweltauswirkungen führen. Sozialer Stress kann durch hohe Dichte das psychische Wohlbefinden beeinträchtigen (vgl. Claßen 2020; Baumgart/Rüdiger 2022; Brüggemann 2022). Zu geringe Dichte kann sich allerdings ebenfalls negativ auf die Versorgung oder Nachbarschaftsbeziehungen auswirken. Eine einfache Antwort auf die Frage nach einem verträglichen Maß an Dichte gibt es indes leider nicht (vgl. Köckler/Sieber 2020).
Bodenversiegelung
Bodenversiegelung bezeichnet das Bedecken des natürlichen Bodens durch Bauwerke wie Straßen, Gebäude etc. Eine hohe Bodenversiegelung kann zu Problemen wie vermehrter Oberflächenabfluss und Überschwemmungen beitragen und die Versickerung von Niederschlägen behindern, was zu einer Verschlechterung der Wasserqualität führen kann. Dazu kommt, dass eine stark versiegelte künstliche Umgebung langfristig das psychische Wohlbefinden negativ beeinflussen kann und der Entstehung positiv besetzter sozialer Interaktionsräume entgegensteht – im Gegensatz zu minimaler Versiegelung, die dergleichen fördert (vgl. Barankay 2019).

Thermische Belastung

Die thermische Belastung beschreibt die Erwärmung eines städtischen Gebiets aufgrund von menschlichen Aktivitäten und versiegelten Oberflächen. Dies kann zu sogenannten „Wärmeinseln“ führen, die städtische Hitzeinseln sind und das Mikroklima beeinflussen. Der Wärmehaushalt des Menschen ist eng verknüpft mit der atmosphärischen Umwelt. Die daraus resultierende Hitzebelastung erhöht das Risiko von Hitzschlag und Hitzeerschöpfung, insbesondere bei gefährdeten Bevölkerungsgruppen wie älteren Menschen und Kindern. Höhere Temperaturen erhöhen auch das Risiko der Verkeimung des Trinkwassers und verursachen einen Anstieg von Pollen, Infektionskrankheiten und vektorbasierten Krankheiten (vgl. BBSR 2020; Intelmann 2019).

Lärm

Der Faktor Lärm ist ein maßgebliches Gesundheitsrisiko in urbanen Räumen. Hohe Lärmpegel können zu Schlafstörungen führen und das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Stress und psychischen Gesundheitsproblemen erhöhen (vgl. UBA 2019b, UBA 2010). Es gibt verschiedene Verursacher wie Straßen- und Schienenverkehrslärm, Fluglärm, Lärm von Industrie- und Windenergieanlagen oder auch Freizeitlärm im Kontext städtischer Aufenthaltsräume, mit jeweils unterschiedlicher Berechnungs- und Bewertungsgrundlage. Die Erstellung von Lärmkarten für Hauptverkehrsstraßen, Großflughäfen und Haupteisenbahnstrecken ist gemäß EU-Umgebungslärmrichtlinie 2002/49/EG seit 2007 verpflichtend. Diese sind als Grundlage geeignet, daraus Indikatoren abzuleiten (vgl. Hegewald 2020; Krefis et al. 2018).

Luftbelastung

Luftbelastung betrifft die Konzentration von Schadstoffen in der Luft, wie beispielsweise Schadstoffe aus Verkehrsemissionen oder Industrie. Dazu gehören Schadstoffe wie Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Stickstoffdioxid (NO₂), Schwefeldioxid (SO₂), Kohlenmonoxid (CO) und bodennahes Ozon. Eine hohe Luftbelastung kann die Luftqualität verschlechtern und zu einer Vielzahl von Gesundheitsproblemen führen. Dies umfasst Atemwegserkrankungen wie Asthma und Bronchitis, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und sogar Krebs (vgl. UBA 2019; Kessinger 2017).

Quelle: Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Tabelle 2
Beschreibung der Entlastungsfaktoren

Faktoren: umweltbezogene Entlastung

Stadtgrün

Stadtgrün bezieht sich auf öffentliche Grünflächen, Parks und Gärten innerhalb einer Stadt. Diese Flächen bieten Erholungsmöglichkeiten, fördern die körperliche Aktivität, dienen der Luftreinigung und tragen zur Schaffung eines angenehmen städtischen Umfelds bei. Sie können dazu beitragen, die Temperaturen zu regulieren und das städtische Mikroklima zu verbessern. Grünflächen, die sich auf privatem Grund befinden, wie Vorgärten, Hinterhöfe, Balkone und grüne Innenhöfe von Wohnanlagen, haben ebenfalls positive Wirkungen auf Erholung, Luftqualität und Gemeinschaft. Die Kombination von Indikatoren zu öffentlichem und privatem Grün spielt eine entscheidende Rolle für die Bewertung von Lebensqualität und Wohlbefinden der städtischen Bevölkerung (vgl. BMUB 2015; BMUB 2017; BMU 2019).

Blaflächen

Blaflächen umfassen Flüsse, Seen, Teiche und Bäche sowie deren Uferzonen. Sie sind nicht nur landschaftlich reizvoll, sondern dienen auch als Lebensraum für Tiere und bieten Möglichkeiten für Freizeitaktivitäten wie Schwimmen, Angeln und Wassersport. Sie tragen zur Kühlung und zur Verbesserung der Luftqualität bei. Studien zeigen, dass die Nutzung von Stadtblau signifikant mit einer besseren mentalen Gesundheit verbunden ist (vgl. Völker/Baumeister 2020).

Sportanlagen

Sportanlagen wie Sportplätze, Stadien und Fitnessparks fördern die körperliche Aktivität und die Gesundheit der Bewohner. Sie bieten Raum für Sport und Bewegung, tragen zur sozialen Interaktion bei und können zur Reduzierung von Gesundheitsproblemen beitragen. Zur besseren Wirksamkeit sollten sie nahäumlich erreichbar und öffentlich zugänglich sein (vgl. Baumgart et al. 2018).

Spielplätze

Spielplätze sind wichtige Orte für Kinder und Familien, um sich zu erholen und zu spielen. Sie unterstützen die körperliche, geistige und soziale Entwicklung von Kindern und schaffen Gemeinschaftsräume. Die Nähe zu Spielplätzen kann die Lebensqualität von Familien erhöhen (vgl. BMUB 2015).

Aufenthaltsflächen

Diese Flächen können Stadtplätze, Cafés, Marktplätze, Gärten oder andere Orte sein, an denen Menschen sich treffen, interagieren und Zeit miteinander verbringen können. Sie erfüllen vielfältige Funktionen, fördern die soziale Bindung und das Gemeinschaftsgefühl durch soziale Begegnungsmöglichkeiten und tragen damit zur Verbesserung der Lebensqualität bei (vgl. Fehr/Homberg 2018). Voraussetzung ist, dass sie möglichst frei von Belastungsfaktoren wie Lärm oder schlechter Luft sind.

Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Tabelle 3

Beschreibung der Faktoren der Sozialstruktur

Faktoren: Sozialstruktur
Erwerbsleben
Dieser Faktor bezieht sich auf die Beschäftigungs- und Arbeitsbedingungen in einem bestimmten Gebiet. Er kann die Arbeitslosenquote, die Art der Beschäftigung (z. B. Vollzeit, Teilzeit, Selbstständigkeit) und die Wirtschaftsstruktur (z. B. dominierende Industrien) beinhalten. Das Erwerbsleben hat direkte Auswirkungen auf das Einkommen und den Lebensstandard der Bewohner, was wiederum die Lebensqualität beeinflusst.
Soziales Gefüge
Das soziale Gefüge schließt Aspekte wie Einkommensverteilung, Bildungsniveau, soziale Integration und soziale Sicherheit ein und kann bspw. durch die SGB-II-Quote beschrieben werden. Ein positives soziales Gefüge trägt dazu bei, soziale Ungleichheit zu reduzieren und die Lebensbedingungen für benachteiligte Bevölkerungsgruppen zu verbessern.
Demografie
Demografische Faktoren umfassen Altersstruktur, Bevölkerungszusammensetzung nach Geschlecht und ethnischer Herkunft, Geburten- und Sterberaten sowie Wanderungsbewegungen. Die demografische Zusammensetzung beeinflusst die Bedürfnisse der Bevölkerung, die Nachfrage nach Dienstleistungen und die soziale Infrastruktur.
Gesundheit
Der Gesundheitszustand einer Bevölkerung in einem bestimmten Gebiet ist ein entscheidender Faktor für die Lebensqualität. Dies umfasst Gesundheitsindikatoren wie Lebenserwartung, Prävalenz von Krankheiten, Zugang zur Gesundheitsversorgung und gesundheitsbezogene Verhaltensweisen. Ein guter Gesundheitszustand ist ein wesentlicher Bestandteil des Wohlbefindens.

Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

2.2.2 Datensichtung und -recherche

Die Datenverfügbarkeit ist oft uneinheitlich und schwer zu durchschauen, jedoch in der Regel sehr umfangreich. Zunächst sollten ressortübergreifend kommuneninterne Daten gesichtet werden, da diese oft kleinräumiger sind als Daten übergeordneter Behörden. Zusätzlich gibt es potenziell geeignete Geodaten der Bundes- und Landesbehörden sowie freie Geodaten wie OpenStreetMap (OSM).

Es ist notwendig, nicht nur Daten, die direkt mit den ausgewählten Faktoren in Verbindung stehen, zu berücksichtigen, sondern auch Daten zur Modellierung von Indikatoren. Dazu gehören netzwerkfähige Straßen- und Wegenetze, um zum Beispiel die Erreichbarkeit von Entlastungsflächen zu berechnen. In der nachfolgenden Aufzählung der Faktoren werden Hinweise darauf gegeben, welche Art von Daten für jeden Faktor geeignet sein könnten, um kleinräumige Indikatoren zu modellieren. Zudem werden Links zu frei verfügbaren Datenbeispielen bereitgestellt, um dies zu veranschaulichen. Sie wurden zuletzt im Juni 2024 überprüft. Aufgrund des dynamischen Bereitstellungsgeschehens kann keine Gewähr für die fortwährende Erreichbarkeit der URLs gegeben werden. Es wird empfohlen bei Bedarf direkt die entsprechenden Datenportale zu konsultieren.

Leitfragen Phase 2 (Konzipieren), Arbeitsschritt 2 (Datensichtung und -recherche)

- Welche Daten stehen innerhalb der Kommune in den verschiedenen Ressorts zur Verfügung?
- Welche Zugangsmöglichkeiten zu den Daten gibt es? Sind sie einfach und kostenfrei zugänglich, oder gibt es technische und finanzielle Hürden?
- Welche Daten stehen außerhalb, auf Bundes- und Landesebene oder in anderer Open Data Portalen oder aus Projekten zur Verfügung?
- In welchen Datenformaten und mit welcher räumlichen Auflösung liegen diese Daten vor?

Bei den Daten werden zwei Modelle unterschieden: Vektor- und Rasterdaten. Vektordaten repräsentieren geometrische Objekte wie Punkte, Linien oder Polygone und eignen sich für präzise räumliche Analysen in GIS. Beispiele sind Straßennetze, Flussverläufe oder Points of Interest (POI). Gängige Formate sind Shapefile, GML, GeoJSON, GeoPackage. Häufig werden Vektordaten über WFS-Dienste zur Verfügung gestellt. Rasterdaten repräsentieren Informationen in gleichmäßigen Zellen und werden vor allem in Fernerkundung und Umweltmodellierung verwendet. GeoTIFF und ASCII-Raster sind gängige Formate für die Speicherung von georeferenzierten Rasterdaten.

Tabelle 4
Datenbeispiele zu den Belastungsfaktoren

Datenbeispiele: umweltbezogene Belastung
Dichte
Um Indikatoren zur Quantifizierung der Dichte zu entwickeln, sind einerseits feingliedrige Bevölkerungsdaten und andererseits Informationen zur baulichen Dichte erforderlich. Insbesondere kleinräumige Daten zur Bevölkerung sind datenschutzkonform zu bearbeiten, und die Anonymität ist zu gewährleisten. Bevölkerungsdaten sind häufig als CSV-Dateien oder in Tabellenformaten verfügbar und müssen über geeignete Schlüssel an Geodaten angebunden werden. Datenbeispiele: ■ Bundesweite gitterzellenbasierte Ergebnisse des Zensus 2011 (Ergebnisse des Zensus 2022 werden gitterbasiert voraussichtlich 2024 veröffentlicht): https://www.zensus2022.de/DE/Ergebnisse/_inhalt.html bspw. zur Bevölkerung im 100 Meter-Gitter; Zugriff per Download im CSV-Format mit Geokoordinaten für jede Gitterzelle zur Geokodierung im GIS: https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/DemografischeGrunddaten.html ■ Absolute Anzahl an Einwohnern und Einwohnerdichte (Einwohner/ha) auf Ebene der Block- und Blockteilstflächen in der Stadt Berlin; Zugriff auf Vektordaten per WFS-Dienst: https://gdi.berlin.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/home ■ Informationen zu den beiden Kenngrößen der städtebaulichen Dichte GRZ (Grundflächenzahl) und GFZ (Geschossflächenzahl) auf Ebene der Block- und Blockteilstflächen in der Stadt Berlin; Zugriff auf Vektordaten per WFS-Dienst: https://gdi.berlin.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/search?any=GFZ

Bodenversiegelung

Das Umweltbundesamt bietet Informationen zur Flächenversiegelung in Deutschland. Dies umfasst Informationen über versiegelte Flächen auf regionaler und kommunaler Ebene. Datenbeispiele:

- Europaweite Rasterdatensätze (10 m und 100 m Auflösung) zur Versiegelungsdichte (Stand 2018), in 1 %-Schritten, auf Basis von Fernerkundungsdaten; Zugriff nach kostenloser Anmeldung per Download als GeoTIFF: <https://land.copernicus.eu/en/products/high-resolution-layer-imperviousness/imperviousness-density-2018>
- Sechs Versiegelungsklassen für 15.973 Blöcke der Stadt Dresden; Zugriff auf Vektordaten per WFS-Dienst: https://www.opendata.sachsen.de/datensatzdetails-4040.html#esc_entry=42342&esc_context=10
- Versiegelung von Block- und Blockteilflächen der Stadt Berlin in 10%-Stufen, ermittelt aus Satellitenbilddaten (Sentinel-2B); Zugriff auf Vektordaten per WFS-Dienst: <https://gdi.berlin.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/metadata/2c8a769b-364e-4596-ace4-4c05cd8eb872>

Thermische Belastung

Informationen zur thermischen Belastung, insbesondere zur Entstehung von Hitzeinseln in städtischen Gebieten, können von lokalen Regierungen, Stadtplanungsbehörden und Umweltbehörden bereitgestellt werden. Sie basieren oft auf Klimamessungen und Simulationen. Datenbeispiele:

- Verschiedene deutschlandweite Klimadatensätze des Deutschen Wetterdienstes; Zugriff bspw. per Download als ASCII-Raster: https://www.dwd.de/DE/leistungen/cdc/cdc_ueberblick-klimadaten.html
- Rasterdatensätze (100 m Auflösung) von ganz Bayern mit PET (Physiological Equivalent Temperature) und nächtlichen Temperaturen; Zugriff per Download als GeoTIFF: https://www.lfu.bayern.de/natur/schutzgutkarten/klima_luft/tag_nachttemperatur/index.htm
- Kleinräumiger Vektordatensatz von ganz NRW mit Klimaanalysedaten, zum Beispiel zur PET (Physiological Equivalent Temperature) Tagsituation (15:00 Uhr); Zugriff auf Vektordaten per Download als Shapefile: <https://open.nrw/dataset/gruppenlayer-klimaanalyse-tagsituation-15-00-uhr-geo-nrw>

Lärm

Flächendeckende Daten zu Lärm liegen meist in Form von Lärmkarten oder Fassadenpegeln vor. Die Lärmkarten nach EU-Umgebungs-lärmrichtlinie werden von den jeweiligen zuständigen Behörden (Kommunen, Länder, EBA) alle 5 Jahren aktualisiert und verwenden zwei Lärmindizes:

- der Tag-Abend-Nacht-Lärmindex LDEN ist ein 24-Stunden-Mittelungspegel, der die Tageszeiträume unterschiedlich gewichtet und
- der Nachtlärmindex LNight betrachtet lediglich den Nachtzeitraum von 22 bis 6 Uhr.

Sie werden in der Regel über entsprechende Portale als Shapefile oder Rasterdaten zur Verfügung gestellt. Bei Rasterdaten ist darauf zu achten, dass sie nicht nur als Bilddateien (bspw. als WMS) verwendet werden, sondern in Rasterdatenformaten, deren Werte gelesen werden können. Datenbeispiele:

- Download-Dienst des Umweltbundesamtes mit verschiedenen bundesweiten Datensätzen zum Umgebungslärm; Zugriff per Download als Vektordaten (Shapefile): https://metadaten.uba.de/smartfinder-client/?lang=de#/search?filter=%7B&sortAttribute=title_sort&sortDesc=0&term=umgebungs%C3%A4rm
- INSPIRE Download Service der Umgebungslärmkartierung NRW (Schiene, Straße, Flugverkehr); Zugriff per Download sowohl als Vektordaten (Shapefile) als auch Rasterdaten (ASCII-Raster): <http://www.gis-rest.nrw.de/atomFeed/rest/atom/5d4f52c0-58be-4a41-a17d-0547ed06dd5e.html>
- Verschiedene Datensätze zur Umgebungslärmkartierung und Straßenverkehrslärm im Bundesland Brandenburg; Zugriff auf Vektordaten per WFS-Dienst: <https://geoportal.brandenburg.de/detailansichtdienst/render?url=https://geoportal.brandenburg.de/gs-json/xml?fileid=C2FF0D0C-51BC-47E9-AE4A-2C2CCA026DED>

Luftbelastung

Die Deutsche Umweltagentur (UBA) bietet Informationen zur Luftqualität in Deutschland. Sie veröffentlichen Messdaten zu verschiedenen Schadstoffen wie Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub (PM10 und PM2,5) und anderen Schadstoffen. Datenbeispiele:

- Darstellung der NOx-, PM10- und PM2,5-Emissionen der Verursacherguppen Industrie, Hausbrand und Kfz-Verkehr sowie der jeweiligen Gesamt-Emissionen auf Rasterebene 1 km² in der Stadt Berlin; Zugriff auf Rasterdaten per WFS-Dienst:
https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/berlin/service_intern.jsp?id=s03_12_2emissionen@senstadt&type=WFS
- Darstellung der verkehrsbedingten Luftverunreinigungen (PM10 und NO₂) auf Basis der 46 Ortsteile der Stadt Duisburg; Zugriff per Download auf CSV-Datei (zum Anbinden an einen Geodatensatz der Ortsteile):
<https://open.nrw/dataset/umweltbelastung-du>

Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Tabelle 5
Datenbeispiele zu den Entlastungsfaktoren

Faktoren: umweltbezogene Entlastung

ATKIS Basis-DLM

Bei der umweltbezogenen Entlastung geht es hauptsächlich um die Analyse von Entlastungsflächen. Deutschlandweit flächendeckend vorliegende und zur Selektion von Entlastungsflächen geeignete Geobasisdaten sind das „Amtliche Liegenschaftsinformationssystem“ (ALKIS) und das „Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem“ (ATKIS Basis-DLM). Die katasterbasierten ALKIS Daten sind vermessungstechnisch genauer, für die meisten Bundesländer jedoch nicht frei verfügbar. Das ATKIS Basis-DLM erfüllt die Anforderungen an eine hohe thematische und räumliche Auflösung und wird von vielen Bundesländern mittlerweile über Open Data Portale kostenfrei angeboten. Es ist daher die beste Wahl für die Analyse von Entlastungsflächen auf kommunaler Ebene (vgl. Richter/Grunewald/Meinel 2016, Fina 2021). Die ATKIS Themen „Siedlung“, „Vegetation“ und „Gewässer“ enthalten verschiedene relevante Objektarten und -klassen, für die Analyse von Stadtgrün, Blauflächen, Sportanlagen, Spielplätzen und sonstigen Aufenthaltflächen.

- Sammlung von ATKIS Basis-DLM Daten der Bundesländer Berlin, Brandenburg, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, NRW, Sachsen und Thüringen; Zugriff auf Vektordaten per Download als GeoPackage (.gpkg):
<https://basemap.de/dienste/opendata/basisviews/>. Wird das GeoPackage beispielsweise in QGIS geöffnet, können dort die Polygon-Layer „siedlungsflaeche_bdlm“, „vegetationsflaeche_bdlm“ und „gewaesserflaeche_bdlm“ geladen werden, die jeweils relevante Objektarten und -klassen beinhalten.
- ATKIS Basis-DLM für Bayern über <https://www.ldbv.bayern.de/> und <https://advms.geodatenzentrum.de/trefferanzeige?cmd=doShowDocument&docuuuid=2f91a013-fc1a-4c93-976c-e30826554bfd&plugid=/ingrid-group:plug-csw-dsc>; Zugriff auf Vektordaten per Download als Shapefile
- ATKIS Basis-DLM für Niedersachsen, Zugriff auf Vektordaten per Download als Shapefile:
<https://opengeodata.lgl.niedersachsen.de/#bdlm>
- ATKIS Basis-DLM für NRW, Zugriff auf Vektordaten per Download als Shapefile:
<https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/lm/akt/basis-dlm/>

OpenStreetMap (OSM)

Ein Aspekt, der häufig im Zusammenhang mit Entlastungsflächen ausgewertet wird, ist der der Erreichbarkeit. Wie diese Flächen für die Bevölkerung erreichbar und zugänglich sind, ist ein entscheidender Aspekt bei der Versorgung mit Entlastungsflächen. Es können bspw. die kürzesten Wege zu den nächstgelegenen Flächen berechnet werden, oder Einzugsgebiete können modelliert werden, für die Versorgungsrelationen zwischen der Bevölkerung und den Entlastungsflächen berechnet werden. Als Grundlage dazu werden Daten zu den Straßen- und Wegenetzen der Kommunen benötigt. Eine geeignete Datengrundlage stellen OpenStreetMap-Daten (OSM) dar, die flächendeckend kostenfrei zugänglich sind und mittlerweile in allen kommunalen Ballungsräumen einen hohen Grad an Abdeckung, Genauigkeit und Aktualität bieten. Besonders geeignet sind sie für die Modellierung von Fußwegen, denen bei der räumlichen Erreichbarkeit von Entlastungsflächen eine besondere Bedeutung zukommt. OSM-Daten können über verschiedene Plugins in viele GIS-Programme eingebunden werden. Sie können aber auch in verschiedenen Datenformaten heruntergeladen werden.

- Fortlaufend aktualisierte OpenStreetMap-Daten der Geofabrik GmbH, zugeschnitten auf die Bundesländer; Zugriff auf Vektordaten per Download bspw. als Shapefile: <https://download.geofabrik.de/europe/germany.html>

Stadtgrün

Zugängliche Grünflächen können als Vektordaten aus dem ATKIS Basis-DLM bezogen werden. Das dort enthaltene Thema „Siedlung“ beinhaltet bspw. die Objektarten „Friedhof“ und „Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen“ mit den Unterklassen „Grünanlage“, „Park“ und „Kleingarten“. Das Thema „Vegetation“ beinhaltet bspw. die Objektarten „Wald“, „Gehölz“, „Heide“ und „Landwirtschaft“ mit den Unterklassen „Grünland“, „Streuobstwiese“, „Ackerland“ und „Kleingarten“ (vgl. Grunewald et al. 2016). Je nachdem welche Flächen mit einer Analyse betrachtet werden sollen, können die entsprechenden Objektarten und -klassen selektiert werden. Die Frage, ob die Flächen öffentlich zugänglich sind, sollte dabei eine Rolle spielen.

Datenbeispiele:

- ATKIS Basis-DLM (Beschreibung und Links siehe Seite 11)
- Fortlaufend aktualisiertes Baumkataster der Stadt Rostock mit Informationen zur Gattung, Art, Höhe, Stamm- und Kronen-Durchmesser und Stammumfang; Zugriff auf Vektordaten per WFS-Dienst, GeoJSON oder GML:
<https://www.govdata.de/web/guest/daten/-/details/baume>
- Baumdaten der Stadt Berlin mit Angaben zur Baumart, Adresse, Pflanzjahr, Höhe etc.;
Zugriff auf Straßenbäume per WFS-Dienst:
<https://gdi.berlin.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/metadata/3368004a-d596-336a-8fdf-c4391f3313dd>
Zugriff auf Anlagenbäume per WFS-Dienst:
<https://gdi.berlin.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/metadata/558eed2a-2d05-4447-a580-e26e7dccc48a>

Grünvolumen und -vitalität sind Faktoren, die sich auf die mikroklimatische Wirkung des Stadtgrüns auswirken. Sie werden heute in der Regel auf Basis hochauflösender Fernerkundungsdaten ausgewertet, die auch privates Grün berücksichtigen. Häufig verwendet werden dazu Bilddaten der europäischen Copernicus Sentinel-Satelliten oder der US-amerikanischen Landsat-Satelliten. Rohdaten für eigene Auswertungen stehen ebenso zur Verfügung wie nach verschiedenen Verfahren und Zielsetzungen bereits ausgewertete Daten.

Datenbeispiele:

- Copernicus Sentinel-Satelliten Daten (auch bereits Auswertungen wie NDVI); nach Anmeldung und Auswahl werden Downloads zur Verfügung gestellt: <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections>
- Landsat-Satelliten Daten (auch bereits zahlreiche Auswertungen); nach Anmeldung und Auswahl werden Downloads zur Verfügung gestellt: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Der Anteil privaten Grüns in der Wohnbebauung kann auf Basis einer Klassifikation von Stadtstrukturtypen geschätzt werden. In Berlin ist jeder Wohnblock bspw. einem von 16 verschiedenen Stadtstrukturtypen zugeordnet. Sie reichen von gründerzeitlicher Blockbebauung, denen die geringsten privaten Grünanteile zugeordnet werden können, bis hin zu niedriger Einfamilienhausbebauung mit Hausgärten, denen hohe private Grünanteile zugeordnet werden können. Datenbeispiele:

- Stadtstruktur der Blöcke der Stadt Berlin; Zugriff auf Vektordaten per WFS-Dienst:
<https://gdi.berlin.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/metadata/ccfd96d-31dd-3b23-b8a0-dc476a4c4f92>

Blaflächen

Blaflächen können gut mit Vektordaten aus dem ATKIS Basis-DLM ausgewertet werden. Das dort enthaltene Thema „Gewässer“ beinhaltet die Objektarten „Fließgewässer“ und „Stehendes Gewässer“. Die Frage nach Zugänglichkeit und Aufenthaltsqualität stellt sich auch bei Blaflächen und kann gegebenenfalls durch zusätzliche Daten zu Fußwegen, Bänken und vieles mehr modelliert werden. Datenbeispiele:

- ATKIS Basis-DLM (Beschreibung und Links siehe Seite 11)
- Gewässerkarte der Stadt Berlin mit Flächen und Linien; Zugriff per Download als Shapefile:
<https://gdi.berlin.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/metadata/0a13b5c9-1fde-3625-bd62-4a37b09e6e24>

Sportanlagen

Sportanlagen können ebenfalls mit Vektordaten aus dem ATKIS Basis-DLM ausgewertet werden. Das dort enthaltene Thema „Siedlung“ beinhaltet die Objektart „Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche“ mit den Unterklassen „Sportanlage“, „Bolzplatz“, „Golfplatz“, „Schwimmbad“ oder „Freibad“. Hinsichtlich der Sportanlagen sind ergänzende Daten zur öffentlichen Zugänglichkeit wertvoll, da viele Sportanlagen nur von Vereinsmitgliedern genutzt werden können. Datenbeispiele:

- ATKIS Basis-DLM (Beschreibung und Links siehe Seite 11)
- Datensatz mit Informationen zu allen Sportstätten in Wesel; Zugriff auf Vektordaten per Download als GeoJSON oder Shapefile: <https://opendata.ruhr/dataset/sportstaetten-in-wesel>

Spielplätze

Die Objektart „Sport-, Freizeit und Erholungsfläche“ aus dem ATKIS Basis-DLM beinhaltet auch die Unterklasse „Spielplatz“. In den zur Verfügung stehenden Datensätzen sollte überprüft werden, ob auch halböffentliche Spielflächen, bspw. in Innenhöfen von Blockbebauung, enthalten sind, da sie für die wohnungsnah Versorgung mit Spielplätzen relevant sind. Datenbeispiele:

- ATKIS Basis-DLM (Beschreibung und Links siehe Seite 11)
- Spielplätze im Gebiet der Stadt Münster mit Größe, Alterseignung und Spezifikation; Zugriff per Download als Vektordaten in den Formaten WFS, GeoJSON, Shapefile oder CSV (zum Anbinden an Geodaten):
<https://www.govdata.de/web/guest/daten/-/details/kinderspielplatze>

Aufenthaltsflächen

Zur Analyse von Aufenthaltsflächen werden über reine Flächeninformationen hinaus Daten zur qualitativen Beschreibung benötigt. Ob es bspw. Bänke, Toiletten, Brunnen usw. gibt, welche die Aufenthaltsqualität steigern und Interaktionspotenziale fördern. OSM Daten bilden in den POI solche Daten ab, haben aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Das Vorliegen kommunaler Daten zur qualitativen Beschreibung ist zu prüfen. Datenbeispiele:

- OpenStreetMap (Beschreibung und Links siehe Seite 16)
- Verschiedene Freizeitthemen wie Bäder, Freilichtmuseen, Freizeitparks, Zoos, Sommerrodelbahnen, Thermen, Eishallen usw. für ganz Bayern; Zugriff auf Vektordaten:
https://geodaten.bayern.de/opengeodata/OpenDataDetail.html?pn=bvv_freizeit

Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Tabelle 6
Datenbeispiele zu den Faktoren der Sozialstruktur

Datenbeispiele: Sozialstruktur

Das Angebot an Daten aus den Bereichen Erwerbsleben, soziales Gefüge und Demografie ist vielfältig. Praktisch jede Kommune erfasst Daten zu Erwerbstätigen, Arbeitslosen, Sozialhilfeempfängern und zur Altersstruktur der Bevölkerung auf Raumebenen unterhalb der Gesamtstadt. Stadtteile oder andere statistische Gebiete sind von der räumlichen Auflösung ausreichend, die Daten müssen nicht so kleinräumig vorliegen wie gesundheitlich wirksame Daten zur städtischen Umwelt. Für die visuelle kartografische Überprüfung, ob sozial benachteiligte Gebiete von umweltbezogenen Mehrfachbelastungen betroffen sind, müssen die Raumbezüge nicht einheitlich sein. Für den visuellen Vergleich können bereits Einzelindikatoren wie Arbeitslosenquote, SGB-II-Quote oder der Anteil über 70-jähriger herangezogen werden. Einige Kommunen erstellen auch Sozialindizes, die sich bereits aus mehreren einzelnen Daten dieses Bereiches zusammensetzen. Solche Indizes sind besonders gut geeignet. Weniger Daten gibt es zum Gesundheitszustand der Bevölkerung, insbesondere nicht auf kleinräumiger Ebene. Sozialstruktur und Gesundheitszustand sind eng miteinander verbunden, da soziale Determinanten einen erheblichen Einfluss auf die Gesundheit haben. Daten aus den Schuleingangsuntersuchungen, die den meisten Kommunen vorliegen, können als Indikator für die Kindergesundheit verwendet werden. Datenbeispiele:

- Sozialindex der Stadt Freiburg 2022, auf der Ebene der Statistischen Bezirke, Zugriff per Download als Exceldatei zum Anbinden an Geodaten der Statistischen Bezirke: https://fritz.freiburg.de/asw/asw.dll?aw=Indikatoren/Sozialindex_tab
- Gesundheits- und Sozialindex 2022 (GESIx) der Stadt Berlin, auf der Ebene der Planungsräume, Zugriff auf Vektordaten per WFS-Dienst: <https://gdi.berlin.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/metadata/64228345-716a-3b4b-b1af-998beb9557f2>
- Kontext-Indikatoren des Monitoring Soziale Stadtentwicklung 2021 der Stadt Berlin, auf der Ebene der Planungsräume, Zugriff auf Vektordaten per WFS-Dienst: <https://gdi.berlin.de/geonetwork/srv/ger/catalog.search#/metadata/865818ec-7b0d-4ffe-9225-938c3152d7b2>
- SGB-II-Quote in der Stadt Dresden 2021, auf Ebene der Stadtbezirke, Zugriff auf Vektordaten per Download als GeoJSON oder CSV zum Anbinden an Geodaten der Stadtbezirke oder als WFS-Dienst: <https://opendata.dresden.de/informationsportal/#app/mainpage//sgb2>

Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper, Tag des letzten Zugriffs: 24.06.2024

2.2.3 Auswahl der räumlichen Bezugsebenen

Leitfragen Phase 2 (Konzipieren), Arbeitsschritt 3 (Auswahl der räumlichen Bezugsebene)

- Welche möglichst kleinräumige Ebene ist geeignet, die Wirkung der umweltbezogenen Faktoren auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten, in Form von Indikatoren realitätsnah abzubilden?
- Wo liegen die Grenzen der Kleinräumigkeit?

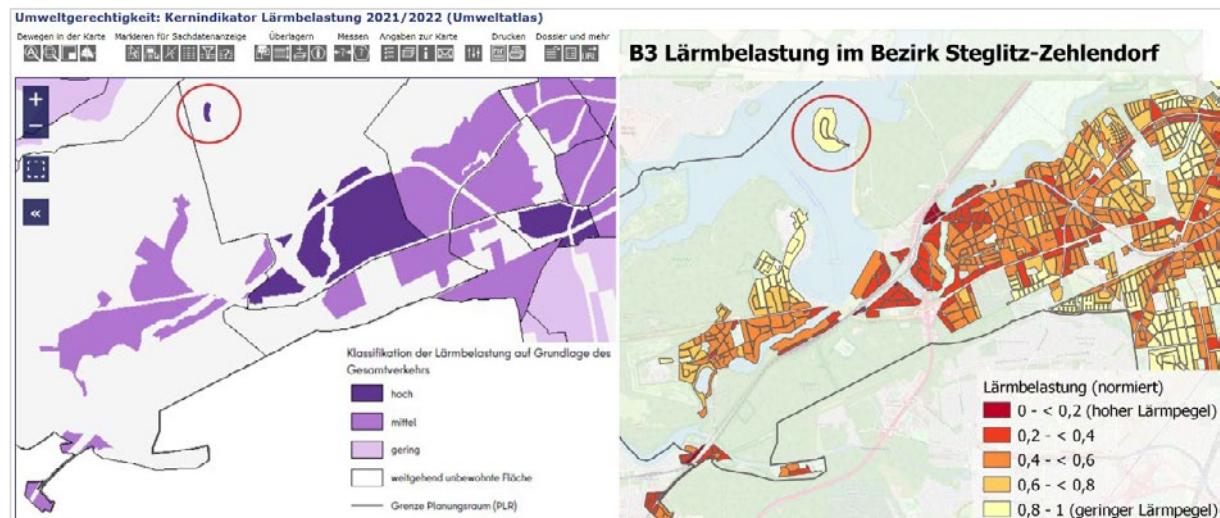
Um Indikatoren zu den verschiedenen gesundheitlich wirksamen Umweltfaktoren miteinander in Beziehung zu setzen und deren Aussagen in Gesamtindikatoren zusammenzufassen, ist eine einheitliche räumliche Bezugsgröße für die umweltbezogenen Belastungen und Entlastungen notwendig. Daten zur Sozialstruktur können auf einer abweichenden räumlichen Ebene vorliegen, da ein visueller Vergleich von Umwelt- und Sozialfaktoren kartographisch möglich ist.

Einerseits gibt es Daten mit direktem Raumbezug, wie Grünanlagen, Straßenabschnitte oder Bäume. Andererseits stehen bereits berechnete oder modellierte Daten auf verschiedenen räumlichen Ebenen wie Planungsräumen, Blöcken oder Rasterzellen zur Verfügung. Diese Daten aus verschiedenen Quellen mit originär unterschiedlichem Raumbezug müssen auf eine gemeinsame Raumebene sinnvoll übertragen werden können.

Ein kleinräumiger Ansatz ist zu verfolgen, da Umwelteinflüsse kleinräumig wirksam sind. Lärm- und Luftbelastung wirken bspw. besonders an Hauptverkehrsstraßen, wogegen deren schädliche Wirkung schon wenige hundert Meter weiter in reinen Wohnstraßen ohne Durchgangsverkehr deutlich vermindert sein kann. Das Entlastungspotenzial von Grünflächen ist nur wirksam, wenn sie in angemessener Entfernung erreicht werden können. Größere Raumeinheiten wie Bezirke, Stadtteile oder Planungsräume, sind in der Darstellung zwar sehr anschaulich und durch ihre häufige Verwendung bekannter, bilden die kleinräumigen Disparitäten der Umwelteinwirkungen jedoch nicht ausreichend ab. Das Aggregieren kleinräumiger Daten auf größere Raumeinheiten führt immer zu einem Informationsverlust. Daher sollten die Einheiten zur Darstellung der Indikatoren so kleinräumig wie mögliche gewählt werden.

Ein Vergleich von zwei Lärmauswertungen für Berlin verdeutlicht dies in Abbildung 4. Im Rahmen der Umweltgerechtigkeit für den Umweltatlas 2021/2022 wird der Kernindikator Lärmbelastung auf Basis von Planungsräumen ausgewiesen. Für die projektinternen Detailanalysen für den Berliner Bezirk Steglitz-Zehlendorf wird die Lärmbelastung auf Ebene der Blöcke dargestellt. Beiden Auswertungen liegen dieselben Fassadenpegel zugrunde. Auf der Blockbasis sind innerhalb der Planungsräume kleinräumige Unterschiede sichtbar, die auf Planungsbasis unentdeckt bleiben. Besonders gut zu erkennen ist dies an der Insel „Schwanenwerder“ im Wannsee (rot umrandet), die bei der Umweltgerechtigkeit als hoch lärmbelastet angezeigt wird, da sie zu den bewohnten Gebieten eines hoch belasteten Planungsraumes gehört, in der Darstellung auf Blockbasis allerdings in der Klasse mit der geringsten Lärmbelastung liegt, da sie weit von den großen Lärmquellen (A115) entfernt ist.

Abbildung 4
Lärmbelastung auf Basis von Planungsräumen



Quellen: Datengrundlagen aus dem Umweltatlas Berlin/Umweltgerechtigkeit: Kernindikator Lärmbelastung 2021/2022 (Umweltatlas) für Statistik Berlin-Brandenburg, Umweltatlas Berlin/Strategische Lärmkarte Fassadenpegel an lärmbeeinflussten Wohngebäuden 2017; Kartendaten: ©OpenStreetMap Mitwirkende, Lizenz: Open Database License (ODbL) lizenziert nach Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY-SA 2.0), <https://www.openstreetmap.org/copyright>; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Empfehlung

Die Baublöcke sind ein idealer Raumbezug, um Indikatoren zur Umwelt zu berechnen.

Als kleinräumige Raumbezüge unterhalb von kommunalen statistischen Gebieten sind (Wohn-)Blöcke oder regelmäßige Raster/Gitter mit räumlichen Auflösungen zwischen 100–500 m Rasterweite geeignet. Reale Raumbezüge wie Blöcke, sind künstlich erstellt wie Rasterzellen vorzuziehen. Die Problematik der Stadtgesundheit ist realitätsnah und nachvollziehbar. Wenn es für Planungsprozesse oder Darstellungen vorteilhaft ist, können kleinräumige Indikatorwerte auf größere Raumeinheiten einwohnergewichtet aggregiert werden.

2.2.4 Definition der Einzelindikatoren

Die Definition von Einzelindikatoren für eine DaKIS erfordert sorgfältige Überlegungen, um sicherzustellen, dass die Indikatoren relevante Informationen liefern und den Zielen der Analyse entsprechen. Die Auswahl der Indikatoren sollte darauf abzielen, die spezifischen Fragen oder Hypothesen Ihrer Analyse zu beantworten. Die Definition eines Indikators sollte auf verlässlichen und aktuellen Datenquellen basieren, die für die geplante räumliche Ebene der Analyse verfügbar sind.

Im Folgenden sind einige Beispiele und Literaturhinweise zu möglichen Indikatordefinitionen für die verschiedenen Faktoren zusammengestellt.

Tabelle 7

Hinweise zur Indikatordefinition für die Belastungsfaktoren

Umweltbezogene Belastung
Dichte Bevölkerungsdichte: Bei kleinen, relativ gleichmäßig bewohnten Raumeinheiten kann die Bevölkerungsdichte als einfache Bevölkerungs-Fläche-Relation wie Einwohner je km² quantifiziert werden. Bei größeren Raumeinheiten ist es empfehlenswert nur die Dichte der bewohnten Siedlungsflächen zu ermitteln. Die Einwohnerzahl vorrangig bewohnter Siedlungsflächen wird dabei auf die entsprechend vorrangig bewohnte Fläche bezogen (vgl. Richter et al. 2017). Bauliche Dichte: Die bauliche Dichte wird üblicherweise durch die Grundflächenzahl (GRZ), Geschossflächenzahl (GFZ) und/oder die Baumassenzahl (BMZ) quantifiziert. Die GRZ ist das Verhältnis der bebaubaren Bodenfläche zur Gesamtfläche einer Raumeinheit. Sie gibt an, wie viel Gebäudefläche in einer Raumeinheit im Verhältnis zur Gesamtfläche der Raumeinheit errichtet ist. Die GFZ ist das Verhältnis der Bruttogeschossfläche zur Gesamtfläche der Raumeinheit. Schumacher/Lehmann/Behnisch (2016) quantifizieren die Nutzungsdichte durch zwei Messgrößen zur Baumassendichte, die zusammen einen Indikator bilden. Sie definieren hohe Wohnnutzungsdichte und starke Durchgrünung als städtebauliches Leitbild und operationalisieren sie in einem gemeinsamen Indikator. Deilmann et al. (2017) bieten Hinweise zu Analyse- und Bewertungsansätzen stadträumlicher Strukturen mit Messgrößen und Indizes zur Quantifizierung von Kompaktheits- und Effizienzmerkmalen.
Bodenversiegelung Versiegelungsgrad: Die Bodenversiegelung wird meist durch den Versiegelungsgrad beschrieben, also den Prozentsatz der Fläche in einem bestimmten Gebiet, die aufgrund von Gebäuden, Straßen, Parkplätzen und anderen Versiegelungsmaßnahmen nicht für die natürliche Versickerung von Wasser zur Verfügung steht. Ein hoher Versiegelungsgrad weist auf eine erhöhte Bodenversiegelung hin. Es ist möglich nach Art der versiegelten Flächen zu unterscheiden, von asphaltierten, also undurchlässigen Flächen, bis zu Kies- oder Schotterflächen, also durchlässige Flächen. Die Art der Versiegelung hat Auswirkungen auf den Wasserabfluss, die thermische Belastung, die Bodenqualität, die Luftqualität und die städtische Umweltqualität im Allgemeinen. Es ist auch möglich den Versiegelungsgrad nur auf die vorrangig bewohnten Siedlungsflächen in den untersuchten Raumeinheiten zu beziehen (vgl. Richter et al. 2017).
Thermische Belastung Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET): Die PET ist eine meteorologische Größe, die entwickelt wurde, um die thermische Belastung oder das Wärmeempfinden des menschlichen Körpers abhängig von der Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit und Strahlung zu bewerten. Sie wurde entwickelt, um ein genaueres Bild davon zu liefern, wie Menschen die Wärme oder Kälte empfinden, anstatt nur auf die Lufttemperatur allein zu vertrauen. Die PET wird oft in Grad Celsius (°C) oder Fahrenheit (°F) ausgedrückt und gibt an, welche Temperatur erforderlich wäre, um das gleiche Wärmegefühl zu erzeugen, das in der tatsächlichen Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Strahlung vorherrscht. Urban Heat Island (UHI)-Effekt: Mit dem UHI-Effekt wird der Temperaturunterschied zwischen städtischen Gebieten und umliegenden ländlichen Gebieten beschrieben. Der UHI-Effekt kann als Durchschnittstemperaturunterschied oder maximale Temperaturdifferenz gemessen werden (vgl. Heaviside et al. 2017). Hitzetage (Heat Days): Diese Kennzahl zählt die Anzahl der Tage, an denen die Lufttemperatur einen vordefinierten Schwellenwert (z. B. 30 °C) überschreitet. Hitzetage können zur Bewertung von Hitzeperioden und Wärmebelastung genutzt werden. Nachtzeitäquivalenter Temperaturindex (NTE): Der NTE ist ein Wärmebelastungsindex, der dazu dient, die nächtliche Wärmebelastung in einem geografischen Gebiet zu bewerten. Im Gegensatz zu einigen anderen Wärmebelastungsindizes, die sich auf Tageszeiten mit intensiver Sonneneinstrahlung konzentrieren, berücksichtigt der NTE speziell die nächtlichen Bedingungen, die für den menschlichen Körper während des Schlafs relevant sind (vgl. Lin/Matzarakis 2008). Deilmann et al. (2017) beschreiben einen Messansatz zur Identifizierung potenzieller Wärmeinseln in der Stadt, der als Datengrundlagen das ATKIS Basis-DLM verwendet und den Versiegelungsgrad und Nachbarschaftsbeziehungen auswertet. Die Auswertung von Rasterdaten zur PET und nächtlichen Temperaturen auf Ebene der Stadtbezirksviertel der Stadt München wird beispielhaft in Kapitel 3 aufgezeigt.

Lärm

Nachtlärmindex L_{night} (in dB(A)): Der Lärmindex L_{night} ist der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel (Mittelungspegel) in Dezibel für den Zeitraum von 8 Stunden von 22:00 bis 6:00 Uhr (nachts). Der Beurteilungszeitraum beträgt ein Jahr. Er wird im Rahmen der Kartierung nach EU-Umgebungs-lärmrichtlinie zusammen mit weiteren Indizes für den Tag (L_{Day} für den Zeitraum 6:00-18:00 Uhr) und L_{Evening} (18:00-22:00 Uhr) ermittelt. Er kann zur Bewertung von Schlafstörungen herangezogen werden.

Tag-Abend-Nacht-Lärmindex L_{DEN} (in dB(A)): Bei seiner Berechnung wird die höhere Empfindlichkeit in den Zeiträumen „Abend“ und „Nacht“ gegenüber Lärmimmissionen am Tage durch entsprechende Zuschläge berücksichtigt. Immissionen im Abendzeitraum gehen etwa 3-fach, im Nachtzeitraum 10-fach gewichtet in den L_{DEN} ein. Das heißt, dem L_{Evening} werden 5 dB und dem L_{Night} 10 dB hinzuaddiert.

Die Definitionen gelten für Daten nach EU-Umgebungs-lärmrichtlinie (vgl. Richtlinie 2002/49/EG). Lärmpegel, die nach anderen Berechnungsmethoden und Vorschriften berechnet werden, werden anders definiert. Die verschiedenen Lärmauslöser (Verkehr [Straße, Schiene, Luft], Gewerbe, Freizeit ...) werden noch getrennt betrachtet und es fehlen Gesamtlärmbetrachtungen.

Bei der Ableitung eines Lärmindikators auf Basis von Messungen oder Modellierungen in dB(A) ist zu berücksichtigen, dass es keine lineare Abhängigkeit zwischen Werteskala und subjektiver Lautstärkebeurteilung gibt. Eine Schallpegelzunahme um 10 dB auf der logarithmisch skalierten Dezibel Skala wird als Verdoppelung der „Lautheit“ empfunden. Bei der Zusammenfassung von Lärmpegeln innerhalb einer Untersuchungseinheit sind diese energetisch zu mitteln (vgl. MLW BW 2018a).

Überschreitung von Richtwerten: Aufgrund verschiedener Regelwerke, die Richtwerte für verschiedene Gebietsarten definieren (vgl. MLW BW 2018b), ist es schwierig Richtwerte auszuwählen, die für das gesamte Untersuchungsgebiet anwendbar sind. Es ist daher empfehlenswert die Auslösewerte für die Lärmaktionsplanung zur Vermeidung erheblicher Belästigungen zu verwenden, die vom Umweltbundesamt für den Straßen-/Schieneverkehr und Luftverkehr empfohlen werden (vgl. UBA 2022). Hat man sich auf zu verwendende Richtwerte geeinigt, kann ein Lärmindikator bspw. als Prozentsatz des Raumes in einer Untersuchungseinheit gemessen werden, in dem die Lärmpegel über dem Richtwert liegt (vgl. Maziul/Hecht 2010).

Immissionsrichtwerte können auch in Grünflächen ausgewertet werden, um zu überprüfen, ob straßennah gelegene Teile von Grünflächen stark lärmbelastet sind und damit keine Erholungswirkung aufweisen (vgl. BBSR 2018).

Luftbelastung

Stickstoffdioxid (NO_2)-Konzentration: Die Konzentration von Stickstoffdioxid (NO_2) in der Luft, gemessen in Mikrogramm pro Kubikmeter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) oder Teilen pro Milliarde (ppb). NO_2 ist ein wichtiger Luftschadstoff und ein Indikator für die Luftqualität.

Ozon (O_3): Die Konzentration von bodennahem Ozon (Troposphären-Ozon) kann als eigenständiger Indikator für Luftbelastung betrachtet werden. Hohe Konzentrationen von Ozon können Atemwegsprobleme verursachen.

Partikuläre Luftverschmutzung (PM10 und PM2,5): Diese Indikatoren messen die Konzentration von feinen Partikeln in der Luft, die einen erheblichen Einfluss auf die Luftqualität und die Gesundheit haben (vgl. Dominici et al. 2006).

Schwefeldioxid (SO_2): Dieser Indikator misst die Konzentration von Schwefeldioxid in der Luft, das oft aus Industrieemissionen stammt und die Luftqualität beeinträchtigen kann.

Kohlenstoffmonoxid (CO): Dieser Indikator misst die Konzentration von Kohlenstoffmonoxid in der Luft, das hauptsächlich aus Fahrzeugemissionen und Verbrennungsprozessen stammt.

Luftqualitätsindex (AQI): Der Luftqualitätsindex ist ein standardisierter Index, der die Luftqualität in einem bestimmten Gebiet zusammenfasst. Er berücksichtigt verschiedene Schadstoffe wie NO_2 , PM10, PM2.5, Ozon und Kohlenmonoxid. Der AQI weist verschiedenen Schadstoffen entsprechende Werte zu und kann in verschiedene Luftqualitätskategorien unterteilt werden, um die Schwere der Luftbelastung anzuzeigen (vgl. Dominici et al. 2006).

Das Bundesumweltamt hat eine Lösung zur Erstellung deutschlandweiter Raster zu Emissionsjahreswerten mit Hilfe von ArcGIS auf Basis der zur Verfügung stehenden Emissionsberichterstattung vorgestellt (vgl. BMUB 2016). Weitere Vorschläge zu Indikatoren zum Thema Luftqualität finden sich auch in BBSR 2018.

Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Tabelle 8

Datenbeispiele zu den Entlastungsfaktoren

Umweltbezogene Entlastung
Stadtgrün
Grünversorgung: Die Grünversorgung oder Grünflächenausstattung misst den Anteil der Bevölkerung, der Zugang zu Grünflächen innerhalb einer bestimmten Entfernung hat. Dies kann in Form von Quadratmetern Grünfläche pro Einwohner oder als prozentualer Anteil der Bevölkerung mit Grünzugang gemessen werden. Die Umsetzung einer Grünversorgungsanalyse wird beispielhaft für die Stadt Gelsenkirchen auf Blockbasis in Kapitel 3 (Umsetzung) dieser Handreichung aufgezeigt. Grünerreichbarkeit: Die Grünerreichbarkeit betrachtet die Erreichbarkeit von Grünflächen basierend auf der Entfernung und der verfügbaren Infrastruktur (Wege, Straßen). Die öffentliche Zugänglichkeit von Grünflächen für die Bevölkerung muss berücksichtigt werden. Lärm- und Luftbelastung beeinträchtigen die Erholungswirkung des Aufenthalts in Grünflächen. Für detaillierte Analysen der Grünversorgung und -erreichbarkeit ist es empfehlenswert auf Basis kleinräumiger Belastungsdaten nur die Grünflächen für die Auswertungen zu selektieren, die nicht von hohen Lärmpegeln belastet sind. Grünvolumen: Das Grünvolumen misst die Menge an Vegetation in einem bestimmten Gebiet und kann in Kubikmetern pro Einwohner oder pro Hektar ausgedrückt werden. Es berücksichtigt die räumliche Dimension des Grüns. Das Grünvolumen wird oft auf Basis von Orthofotos gemessen oder aus bspw. Sentinel-2-Daten abgeleitet (vgl. Dosch 2021). Grünvitalität: Die Grünvitalität oder Grünqualität bewertet den Gesundheitszustand und die Vielfalt der Vegetation in Grünflächen. Dies kann anhand von Indikatoren wie Pflanzendichte, Artenvielfalt und Gesundheit der Pflanzen gemessen werden, wird jedoch oft über Fernerkundungsdaten bewertet, bspw. basierend auf Sentinel 2 Zeitreihen (vgl. Dosch 2021). Straßenbäume: Ein Indikator zu Straßenbäumen kann bspw. die Anzahl an Bäumen entlang von Straßen und Wegen messen und anschließend mit Wegstrecke, entlang der Straßen bewohnter Fläche oder den Einwohnern in Beziehung gesetzt werden. Er kann auch Aspekte wie Baumarten, Altersstruktur und Gesundheit der Straßenbäume berücksichtigen. Bei der Analyse der Grünversorgung und Grünerreichbarkeit ist es empfehlenswert zwischen wohnungsnahem (in fußläufiger Entfernung erreichbarem) Grün und siedlungsnahem (in mittlerer Entfernung erreichbarem) Grün zu unterscheiden. Bei wohnungsnahem Grün hat es sich etabliert, zusammenhängende Grünflächen ab 1 ha Größe zu betrachten, für die üblicherweise eine angemessene Entfernung von 300 m Luftlinie oder besser 500 m Straßen- und Wege-Netzwerkdistanz veranschlagt wird. Mit siedlungsnahem Grün werden zusammenhängende Grünflächen ab 10 ha Größe betrachtet und eine angemessene Entfernung von 700 m Luftlinie oder besser 1.000 m Straßen- und Wege-Netzwerkdistanz veranschlagt (vgl. BBSR 2018; Richter et al. 2017). Richter et al. 2017 stellen in ihrer Arbeit ein Indikatorenset zur kombinierten Beurteilung grüner und grauer Infrastruktur vor. Fina (2021) untersucht die Grünraumversorgung aus drei verschiedenen Perspektiven, indem er drei unterschiedliche Selektionen von Flächen aus den ATKIS Daten verwendet (Vegetation insgesamt, grüne Freiflächen, öffentliche Erholungsflächen). Ausführlich diskutiert werden Indikatoren-, Kenn- und Orientierungswerte zum Stadtgrün in der Publikation „Handlungsziele für Stadtgrün und deren empirische Evidenz“ vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (vgl. BBSR 2018). Dort werden neben den oben genannten bspw. auch Indikatoren wie „Klimaaktive Flächen“, „Grünflächenpflege“ oder „Grünflächenvernetzung“ dargestellt. In Deilmann et al. (2017) werden weitere Indikatoren wie „Erreichbarkeit des Freiraums“, „Mikroklimatische Wirkung von Grün- und Wasserflächen“ oder „Wohnumfeldqualität durch Grün- und Wasserflächen“ diskutiert.

Blauflächen

Blauerreichbarkeit: Die Blauerreichbarkeit bezieht sich auf die Zugänglichkeit von Blauflächen für die Bevölkerung, wobei die Verfügbarkeit von Fußwegen oder Radwegen eine Rolle spielt. Dieser Indikator berücksichtigt die Erreichbarkeit von Wasserflächen unter Berücksichtigung der vorhandenen Infrastruktur und Wegeverbindungen (Rigolon et al. 2018).

Blauflächenanteil: Der Blauflächenanteil ist ein Indikator, der den prozentualen Anteil der Gesamtfläche eines bestimmten Gebiets repräsentiert, der von Wasserflächen eingenommen wird. Dazu gehören Seen, Flüsse, Teiche und andere wasserbezogene Elemente. Der Indikator gibt Auskunft darüber, wie viel des untersuchten Stadtgebiets durch Wasserflächen geprägt ist.

Grunewald et al. (2016) schlagen in ihrem Ansatz eine gemeinsame Untersuchung von Grün- und Blauflächen hinsichtlich deren Erreichbarkeit vor. Im Rahmen einer DaKIS ist es aber durchaus sinnvoll die beiden Aspekte Stadtgrün und Stadtblau zunächst separat als Einzelindikatoren zu definieren. Bei der späteren Kombination der Einzelindikatoren zu Gesamtindikatoren, um Mehrfachbelastung und -entlastung darzustellen, werden diese dann gemeinsam ausgewertet und können unterschiedlich gewichtet werden.

Sportanlagen

Erreichbarkeit von Sportanlagen: Die Erreichbarkeit von Sportanlagen ist ein Indikator, der die Zugänglichkeit von Sporteinrichtungen für die Bevölkerung bewertet. Dieser kann die Verfügbarkeit von Fuß- und Radwegen, öffentlichen Verkehrsmitteln oder Straßeninfrastruktur, die den Zugang zu Sportanlagen ermöglichen, beinhalten. Der Indikator kann die räumliche Verteilung von Sporteinrichtungen in Bezug auf Wohngebiete und die Zugänglichkeit für verschiedene Altersgruppen berücksichtigen.

Sportflächendichte: Die Sportflächendichte ist ein Indikator, der den Anteil der Gesamtfläche eines Gebiets repräsentiert, der für sportliche Aktivitäten und Freizeitsportanlagen genutzt wird. Dies kann Sportplätze, Spielplätze, Fitnessanlagen und andere Einrichtungen umfassen. Der Indikator gibt Aufschluss darüber, wie gut ein Stadtgebiet mit Sportinfrastruktur ausgestattet ist.

Spielplätze

Spielplatzterreichbarkeit: Für die angemessene Erreichbarkeit von Spielplätzen bietet in Deutschland die DIN 18034 eine nach Kindesalter abgestufte Definition fußläufiger Entfernungen. Danach sollen Kinder unter 6 Jahren Spielplätze innerhalb von 200 m erreichen, 6- bis 12-Jährige innerhalb von 400 m und Kinder und Jugendliche ab 12 Jahren innerhalb von 1.000 m (vgl. Ilius et al. 2016).

Spielplatzversorgungsrelation: Die Spielplatzversorgungsrelation ist ein Indikator, der die Verhältniszahl zwischen der erreichbaren Spielplatzfläche und der Anzahl der Kinder in einem definierten Einzugsgebiet misst. Diese Relation ermöglicht es, die angemessene Spielplatzversorgung für Kinder zu bewerten und zu überprüfen, ob die vorhandenen Spielplätze ausreichend sind, um die Bedürfnisse der Kinder in einem bestimmten Gebiet zu erfüllen. Im deutschen Kinderspielplatzgesetz gilt für die Bemessung des Bedarfs an öffentlichen Spielplatzflächen ein Richtwert von 1 m² nutzbarer Fläche je Einwohner je Versorgungsbereich. Als Versorgungsbereiche können bspw. Einzugsbereiche auf Basis der angemessenen fußläufigen Entfernungen der Spielplatzterreichbarkeit verwendet werden (vgl. Ilius et al. 2016).

Aufenthaltsflächen

Öffentliche Aufenthaltsflächen mit Interaktionspotenzial: Dieser Indikator kann durch die Anzahl und Vielfalt der öffentlichen Flächen, die für soziale Interaktionen und gemeinsame Aktivitäten geeignet sind, im Verhältnis zur Bevölkerungsdichte modelliert werden. Berücksichtigt werden können Plätze, Parks, Freizeitbereiche und andere Orte, die das Potenzial für soziale Kontakte und gemeinschaftliche Aktivitäten bieten. Das Interaktionspotenzial kann durch Merkmale wie Sitzgelegenheiten, Grünflächen, öffentliche Veranstaltungen und Spielbereiche definiert werden und qualitative Aspekte der Ausstattung berücksichtigen. Gehl/Svarre (2013) bieten in ihrer Arbeit Einblicke in die Analyse öffentlicher Räume und deren Gestaltung, um die Interaktionsqualität zu verbessern. Die Bedeutung von Aufenthaltsflächen mit Interaktionspotenzial für eine sozial vernetzte und gesunde Stadt wird unterstrichen.

Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Tabelle 9

Hinweise zur Indikatordefinition für die Sozialstruktur

Sozialstruktur
In den meisten Kommunen können bereits vorhandene Indikatoren zur Sozialstruktur wie bspw. der SGB-II-Quote, Erwerbstätigenquote, Arbeitslosenquote, Bildungsniveaus, Altersstruktur u. v. m. genutzt werden, ohne eigene Indikatoren erstellen zu müssen. Besonders geeignet sind bereits zusammengesetzte Sozialindizes, die verschiedene Aspekte beinhalten. Diese Indikatoren sind oft in statistischen Ämtern und kommunalen Berichten verfügbar. Durch ihre Verwendung kann eine DaKIS auf bereits etablierte Datenquellen zurückgreifen und sozialstrukturelle Aspekte in der Stadtentwicklung analysieren (vgl. Destatis 2024).

2.2.5 Auswahl der Werkzeuge

Im Verlauf der konzeptionellen Phase stellt sich die Frage nach den geeigneten Werkzeugen und Softwarepaketen zur Geodatenanalyse, die in der Kommune eingesetzt werden können. Es ist wichtig, die spezifischen Anforderungen der DaKIS und die verfügbaren Datenquellen zu berücksichtigen. Oftmals ist eine Kombination mehrerer Tools sinnvoll, um verschiedene Aspekte der Analyse abzudecken. Grundsätzlich sind sowohl proprietäre GIS-Produkte wie ArcGIS der Firma ESRI, als auch Open-Source-Produkte, wie QGIS geeignet. Eine Open-Source-Statistiksoftware, die auch für räumliche Analysen und die Erstellung von interaktiven Karten verwendet werden kann, ist R. PostgreSQL ist eine leistungsstarke Open-Source-Datenbank, die räumliche Datenverarbeitung mit dem PostGIS-Erweiterungspaket ermöglicht. Es gibt auch Python-basierte Bibliotheken, die sich gut für die Manipulation und Analyse von Geodaten eignen. Sowohl die Verfügbarkeit der Werkzeuge innerhalb der Kommune als auch vorhandenes Anwenderwissen sollten bei der Auswahl im Mittelpunkt stehen. Die im Rahmen des Forschungsprojektes erstellte DaKIS für die Berliner Fallstudienbezirke wurde vollständig mit QGIS umgesetzt.

2.3 Phase 3: Umsetzen

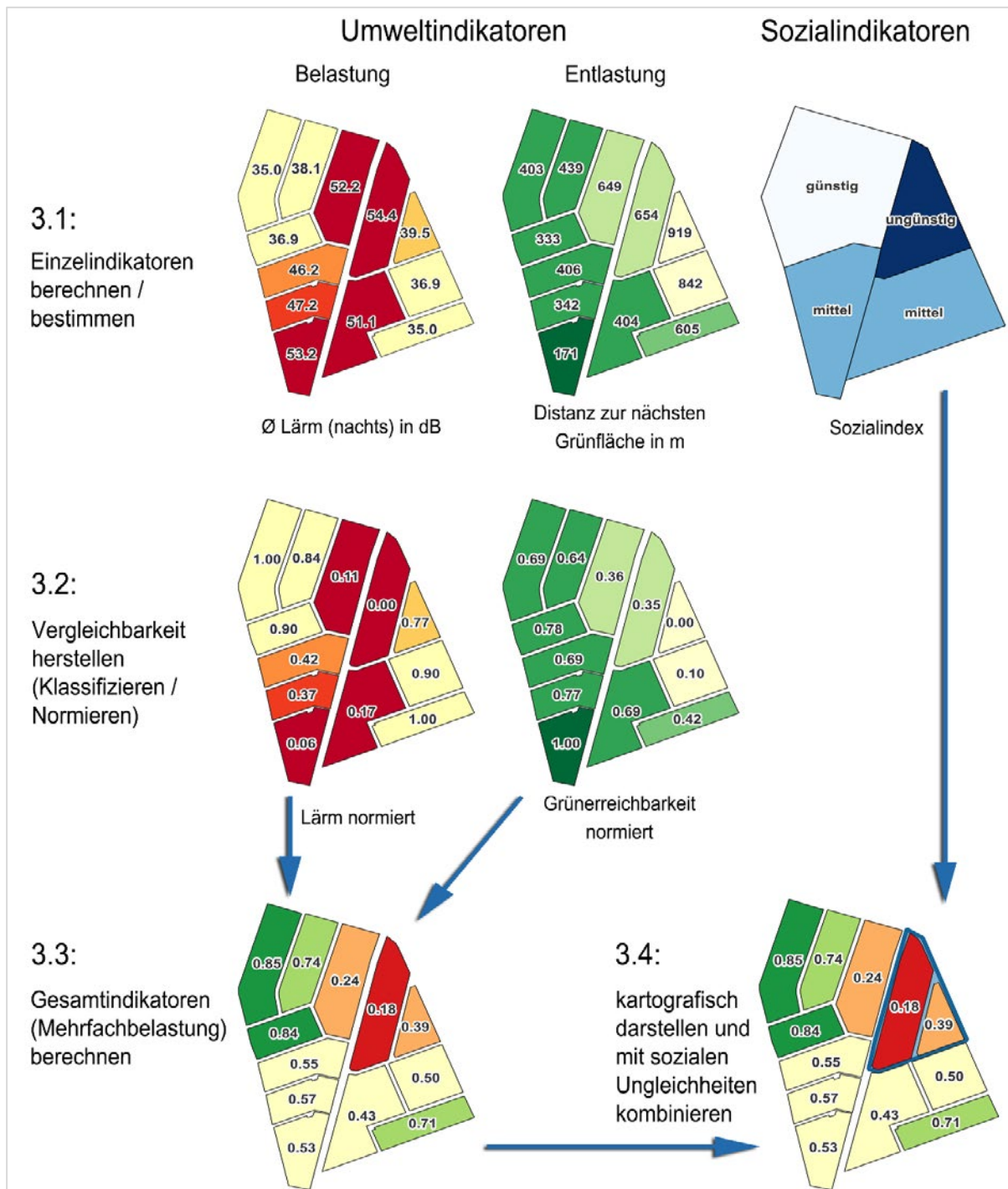
Den konzeptionellen Rahmen zur praktischen Umsetzung einer DaKIS bietet das Spatial Urban Health Equity Indicators (SUHEI) Modell (vgl. Köckler et al. 2020; Vittinghoff et al. 2023). Es ist in Abbildung 5 vereinfacht anhand eines Beispielgebietes (Ausschnitt aus dem Berliner Bezirk Steglitz-Zehlendorf) dargestellt. Der erste Schritt (Kap. 2.3.1) ist der aufwändigste und schwierigste. Verschiedene Einzelindikatoren zu den Bereichen umweltbezogene Be- und Entlastung müssen berechnet und geeignete Sozialindikatoren bestimmt werden. Im zweiten Schritt (Kap. 2.3.2) muss die Vergleichbarkeit zwischen den Indikatoren hergestellt werden, indem eine Methode zur Vereinheitlichung der Werteausprägungen angewandt wird. Im dritten Schritt (Kap. 2.3.3) werden die Einzelindikatoren miteinander in Beziehung gesetzt, um Mehrfachbelastungen darzustellen. Im vierten Schritt (Kapitel 2.3.4) werden Umweltindikatoren gemeinsam mit Sozialindikatoren in Karten visualisiert, um festzustellen, ob vulnerable Gruppen von Mehrfachbelastungen betroffen sind.

Das Modell zeigt die Exposition der Bevölkerung gegenüber Umweltfaktoren, die sich auf die Gesundheit auswirken und durch Faktoren der Be- und Entlastung bestimmt werden. So kann überprüft werden, ob bestimmte sozioökonomische Gruppen unverhältnismäßig stark von Umweltbelastungen betroffen sind. Der Zweck des Modells ist es, geografische Muster zu untersuchen und Brennpunkte gesundheitlicher und sozioökonomischer Ungleichheit zu identifizieren (vgl. Flacke et al. 2016). Daraufhin können geeignete Maßnahmen geplant werden, um die Situation zu verbessern.

Abbildung 6 fasst die vier Schritte zusammen und zeigt, wie sie in Teilschritten umgesetzt werden. In den kommenden Kapiteln werden Beispiele für die Berechnung und Normierung von Einzelindikatoren (Kap. 2.3.1 und Kap. 2.3.2) vorgestellt. Die Herangehensweise variiert je nach Datenverfügbarkeit, Raumbezug und Definition der Indikatoren (Kap. 2.2). Zwei Umsetzungsbeispiele, jeweils für Belastungs- und Entlastungsbereiche,

werden exemplarisch präsentiert, wobei die Software QGIS eingesetzt wird. Die Berechnung von Mehrfachbelastungen (Kap. 2.3.3) sowie die kartografische Darstellung in Verbindung mit einem Sozialstrukturindikator (Kap. 2.3.4) werden am Beispiel der erstellten Indikatoren für den Berliner Bezirk Steglitz-Zehlendorf erläutert.

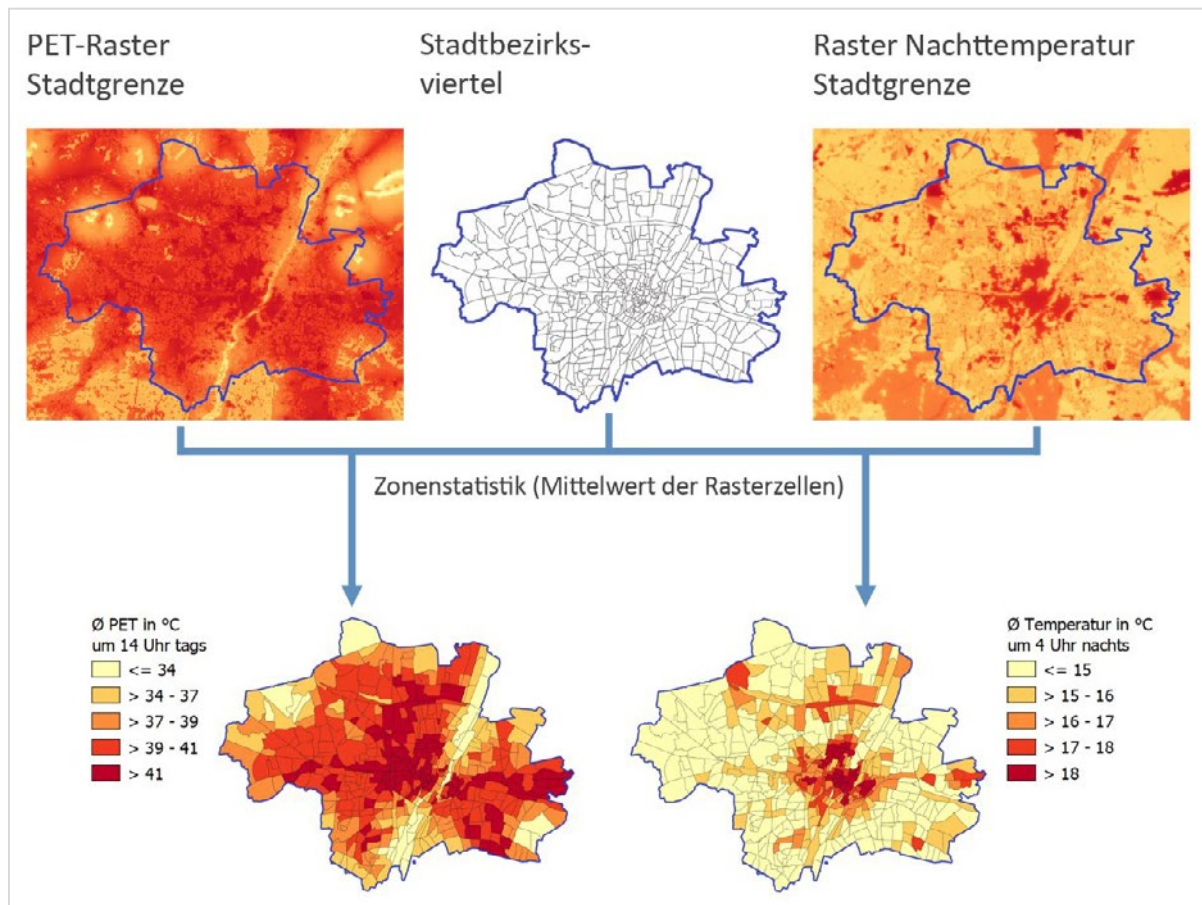
Abbildung 5
Schematische Darstellung des SUHEI-Modells



Quelle: Datengrundlagen vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, Geoportal und Umweltatlas Berlin; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Abbildung 7

Berechnung des Indikators „Thermische Belastung“ in München



Quelle: Datengrundlagen vom Bayerischen Landesamt für Umwelt/Bodennahe Nachttemperatur (Bestandssituation) und Physiologisch äquivalente Temperatur (Bestandssituation), dl-de/by-2-0: Landeshauptstadt München – Kommunalreferat – GeodatenService – www.geodaten-service-muenchen.de; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Abbildung 7 zeigt den Arbeitsablauf zur Berechnung des Beispielindikators „Thermische Belastung“. Mit den drei Ausgangsdatensätzen auf der oberen Ebene: Links der Rasterdatensatz zur Physiologisch Äquivalenten Temperatur (PET) tagsüber, rechts der Rasterdatensatz zur nächtlichen Temperatur, beide überlagert mit den Stadtgrenzen von München und mittig die Grenzen der 477 Stadtbezirksviertel von München. Mittels räumlicher Zonenstatistik werden in QGIS für beide Rasterdatensätze die arithmetischen Mittelwerte aller Rasterzellen innerhalb der Stadtbezirksviertel berechnet. Die Ergebniskarten zeigen die PET und die nächtliche Temperatur auf Basis der Stadtbezirksviertel. Das Beispiel wird in Kapitel 2.3.2, mit dem Ziel sie zum Indikator „Thermische Belastung“ zusammenzufassen, weiter ausgeführt.

2.3.1.2 Umsetzungsbeispiel „Wohnungsnaher Grünversorgung“ in der Stadt Gelsenkirchen

Die Erreichbarkeit von Entlastungsflächen oder Verhältniszahlen, wie m^2 Grünfläche pro Einwohner, sind wichtige Indikatoren im Bereich der umweltbezogenen Entlastung. Am Beispiel der Stadt Gelsenkirchen werden die Schritte zur Berechnung des Indikators „Wohnungsnaher Grünversorgung“ erläutert. Ziel ist die Quantifizierung der wohnungsnahen Grünversorgung in m^2 Grünfläche pro Einwohner je Blockeinzugsgebiet und deren kartografische Darstellung.

Ausgangsdaten (Open Data: frei verfügbar und öffentlich zugänglich):

- Flächen (Polygone) der Gesamtstadt und der 1.886 Baublöcke der Stadt Gelsenkirchen, enthalten im Datensatz zu den Verwaltungsgrenzen; Zugriff auf Vektordaten per Download (Shapefile) oder per WFS-Dienst: <https://opendata.ruhr/dataset/> [20.06.2024]
- Bevölkerung absolut aus dem Zensus 2011, aufbereitet in einem kleinräumigen 100 m-Gitter (Hektarraster) für ganz Deutschland, die aktuelleren Ergebnisse vom Zensus 2022 sollen im März 2024 in derselben Form veröffentlicht werden; Zugriff per Download auf Textdatei (CSV) mit Geokoordinaten für jeden 100 m-Gitter-Mittelpunkt, mit deren Hilfe in GIS geokodiert und ein Punkteraster erzeugt werden kann: https://www.zensus2022.de/DE/Was-ist-der-Zensus/gitterzellenbasierte_Ergebnisse_Zensus2011.html
- ATKIS Basis-DLM (Beschreibung: S. 16) für NRW, Zugriff auf Vektordaten per Download als Shapefile: <https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/lm/akt/basis-dlm/>
- OpenStreetMap (OSM) (Beschreibung: S. 16) für NRW; Zugriff auf Vektordaten per Download bspw. als Shapefile: <https://download.geofabrik.de/europe/germany.html>

Abbildung 8 zeigt den Arbeitsablauf zur Berechnung des Beispielindikators „Wohnungsnaher Grünversorgungsgrad“ in Gelsenkirchen. Auf der oberen Ebene sind die vier Ausgangsdatensätze dargestellt. Die Analyse der wohnungsnahen Grünversorgungsgrade soll sich auf die vorrangig bewohnten Blöcke der Stadt Gelsenkirchen und deren 500 m Einzugsbereiche beziehen. Um die Erreichbarkeit von Grünflächen und die potenzielle Nutzung durch Wohnbevölkerung grenzüberschreitend zu analysieren, wird ein 1 km Buffer (räumliche Pufferzone um ein Geoobjekt in bestimmter Entfernung) um die Stadtgrenze angewendet, um die NRW-weit vorliegenden Daten zu beschneiden.

Die in der Abbildung 8 dargestellten Arbeitsschritte werden im Folgenden erläutert:

- **OSM Roads:** Die fußläufig begehbaren Straßen und Wege der OSM-Daten sind dargestellt. Nicht fußläufig begehbare Elemente wie Autobahnen wurden gelöscht.
- **Blöcke + Buffer:** Die Grenzen aller 1.886 Baublöcke innerhalb der Stadtgrenze und in blau der 1 km Buffer um die Stadtgrenze sind dargestellt.
- **Zensus Bevölkerung:** Die nach Dichte klassifizierte Bevölkerung wird durch die Mittelpunkte der Hektarrasterzellen dargestellt (gelb = geringe Dichte, rot = hohe Dichte).
- **ATKIS Basis-DLM:** Die öffentlich zugänglichen und erholungswirksamen Grünflächen aus dem ATKIS Basis-DLM sind dargestellt. Ausgewählt wurden die folgenden Flächen:

Tabelle 10

Ausgewählte Daten aus dem ATKIS Basis-DLM zu den Themen Siedlung und Vegetation

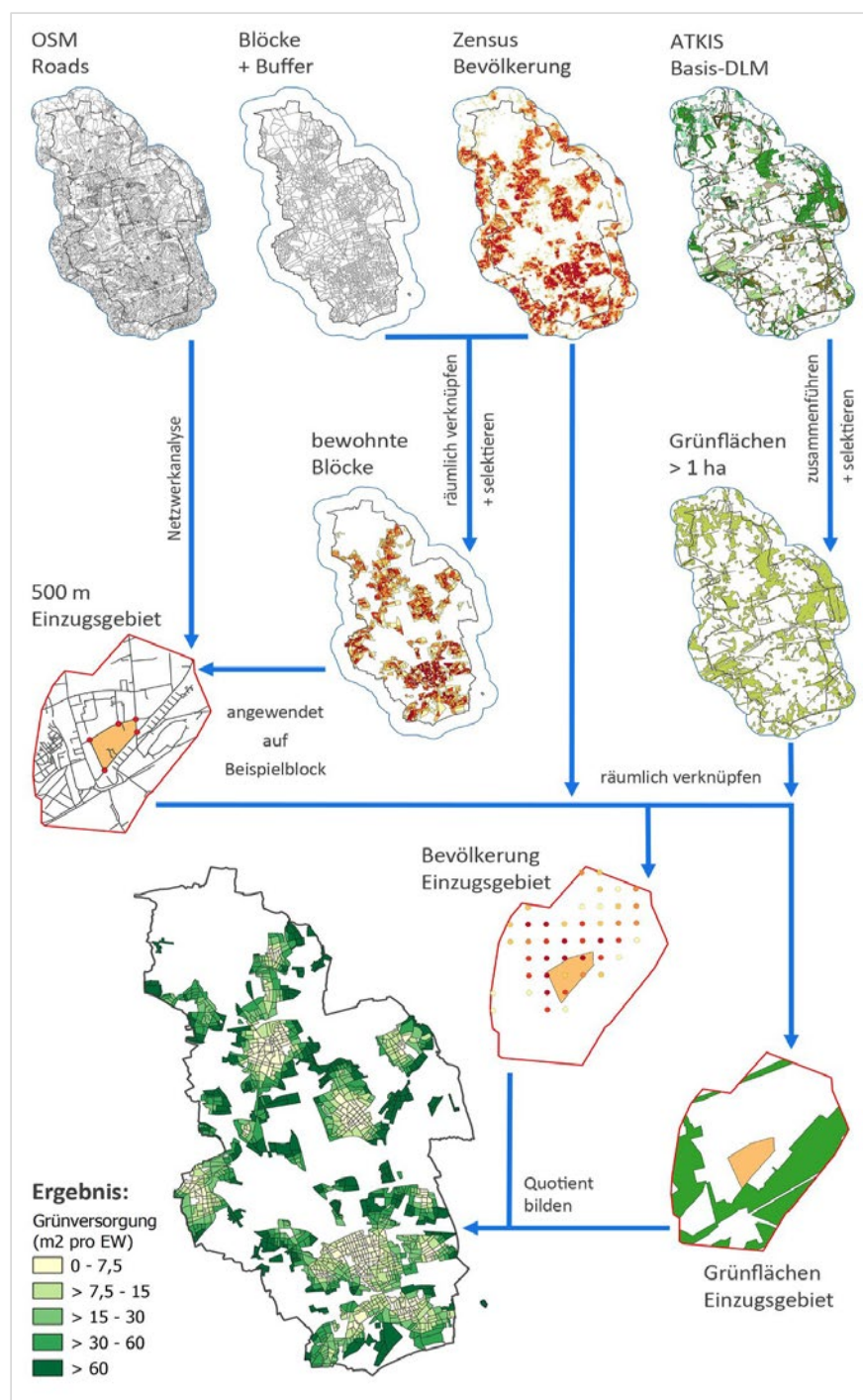
Thema:	Objektart:	Klasse:
Siedlung	Sport-, Freizeit und Erholungsfläche	Grünanlage, Park
	Friedhof (komplett)	
Vegetation	Landwirtschaft	Grünland, Streuobstwiese
	Wald (komplett)	
	Gehölz (komplett)	

Quelle: Eigene Darstellung

- bewohnte Blöcke: Das Bevölkerungsraster wird mit den Baublöcken räumlich verknüpft und die Einwohnerzahl pro Baublock ermittelt. Die vorrangig bewohnten Blöcke werden selektiert und die unbewohnten Blöcke gelöscht. Dargestellt sind die vorrangig bewohnten Blöcke mit mehr als 10 Einwohnern, klassifiziert nach Einwohnerdichte.

- Grünflächen > 1 ha: Die verschiedenen Grünflächen-Objektarten aus dem ATKIS Basis-DLM werden zu einem Grünflächenpolygon zusammengeführt. Anschließend wird es aufgesplittet in nicht direkt benachbarte Polygone, so dass jede zusammenhängende Grünfläche ein Polygon darstellt. Entsprechend der Empfehlungen in verschiedenen Studien (vgl. Erläuterungen zu Stadtgrün, S. 19) werden als wohnungsnahe und erholungswirksame Grünflächen nur diejenigen ab 1 ha Größe selektiert und ausgewertet.

Abbildung 8
Berechnung des Indikators „Wohnungsnahe Grünversorgung“ in Gelsenkirchen



Quelle: Statistisches Bundesamt, GEOportal.NRW/Digitales Basis-Landschaftsmodell NW, Open Data Portal Metropole Ruhr/Stadt Gelsenkirchen: Verwaltungsgrenzen, kleinräumige Gebietsgliederung; Kartendaten: ©OpenStreetMap Mitwirkende, Lizenz: Open Database License (ODbL) lizenziert nach Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY-SA 2.0), <https://www.openstreetmap.org/copyright>; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

- 500 m Einzugsgebiet: Aus den bewohnten Blöcken wird zur Darstellung der weiteren Analyseschritte ein Beispielblock ausgewählt, der als orangefarbenes Polygon mittig abgebildet ist. Für jeden Block werden Stützpunkte an den Blockrändern ermittelt (rote Punkte). Ausgehend von diesen Punkten wird über die OSM Roads das fußläufige Straßen- und Wegenetz bis zu einer Distanz von 500 m ermittelt (Dienstbereiche). Die Dienstbereiche (im Beispiel fünf Dienstbereiche für fünf Stützpunkte) werden pro Block miteinander verbunden und um die Block-Dienstbereiche wird eine konvexe Hülle erstellt. Diese stellt das 500 m Einzugsgebiet eines Blockes dar.
- Bevölkerung Einzugsgebiet: Die Blockeinzugsgebiete werden mit den Bevölkerungsdaten auf Hektarrasterbasis räumlich verknüpft, um die Einwohnerzahl pro Blockeinzugsgebiet zu ermitteln.
- Grünflächen Einzugsgebiet: Die Blockeinzugsgebiete werden mit den Grünflächen > 1 ha räumlich verknüpft, die Flächen aller in einem Blockeinzugsgebiet liegenden Grünflächen ermittelt und pro Blockeinzugsgebiet aufsummiert sowie die Grünfläche in m² pro Blockeinzugsgebiet ermittelt.
- Ergebnis: Aus der Grünfläche je Blockeinzugsgebiet und der Bevölkerung im selben Blockeinzugsgebiet wird jeweils der Quotient gebildet, so dass man die m² Grünfläche pro Einwohner je Blockeinzugsgebiet erhält. Die Werte der Blockeinzugsgebiete werden auf die Blöcke übertragen und kartografisch als wohnungsnahe Grünversorgung dargestellt.

2.3.2 Vergleichbarkeit herstellen (Klassifizieren/Normieren)

Eine Möglichkeit eine DaKIS aufzubauen ist es, die verschiedenen Einzelindikatoren von vorneherein so zu definieren, dass sie identische Wertausprägungen aufweisen (Köckler et al. 2020). Das können Prozentwerte sein, zum Beispiel wieviel Prozent der Bevölkerung einer Einheit sind von einer Lärmbelastung oberhalb eines Richtwertes betroffen, oder wieviel Prozent der Einwohner erreichen Grünflächen innerhalb einer vorgegebenen Richtwertdistanz. Dieser Ansatz eignet sich besonders für die Analyse großer Raumeinheiten mit geringer Anzahl im Untersuchungsgebiet. Eine Vereinheitlichung der Wertausprägungen ist in diesem Fall nicht nötig, die mit identischem Klassenbildungsverfahren klassifizierten Daten können direkt für die Berechnung von Gesamtindikatoren kombiniert werden.

Um flexibler zu sein, um gegebenenfalls mehr Daten in Wert zu setzen und zusätzliche Aussagen zu generieren, ist es sinnvoll, sich auf keine identische Indikatorausprägung zu beschränken. Für kleinere Raumeinheiten kann bspw. die durchschnittliche Lärmbelastung in Dezibel interessant sein oder der Versorgungsgrad mit Grünflächen (m² pro Einwohner) im fußläufigen Einzugsbereich. Bei der Verfolgung dieses Ansatzes weisen die Einzelindikatoren unterschiedliche Wertausprägungen auf. Sie müssen vereinheitlicht werden, um in Gesamtindikatoren kombiniert zu werden.

2.3.2.1 Klassifizierung

Durch eine Klassifizierung wird die Werteverteilung der Originalindikatoren in eine bestimmte Anzahl an Klassen aufgeteilt. Für jeden Einzelindikator muss das gleiche Klassenbildungsverfahren und dieselbe Anzahl an Klassen verwendet werden. Je nach Anzahl der Raumeinheiten im Untersuchungsgebiet ist eine Anzahl zwischen vier bis sieben Klassen sinnvoll. Das Klassifizierungsverfahren nach Quantilen ist geeignet, um eine ungefähr gleiche Anzahl an Raumeinheiten pro Klasse zu erreichen. Für die spätere Kombination zu Gesamtindikatoren, sollte ein einheitlicher Bewertungsmaßstab der Klassen für Be- und Entlastungsindikatoren verwendet werden. Beispielsweise von Klasse 1, am höchsten belastet / am geringsten entlastet (für die Gesundheit am ungünstigsten), bis Klasse 5, am geringsten belastet / am höchsten entlastet (für die Gesundheit am günstigsten).

Vorteile:

- einfache Umsetzung
- leicht nachzuvollziehen (plakativ)

Nachteile:

- Werteausprägungen der Originalindikatoren werden stark vereinfacht
- Verteilungseigenschaften der Werte der Originalindikatoren können verloren gehen
- Metrik der Originalindikatoren bleiben nicht erhalten
- Gesamtindikatoren werden auf Basis der vereinfachten Klassifizierung ermittelt

Empfehlung

Aufgrund der mit Informationsverlust verbundenen Nachteile der Klassifizierung wird diese Methode nur für besonders anschauliche Analysen empfohlen, die auf einer geringen Anzahl großer Raumeinheiten im Untersuchungsgebiet basieren. Da die tatsächlichen Werte innerhalb großer Raumeinheiten in der Regel stärker variieren als in kleinen Raumeinheiten und somit keine exakten Werte für die gesamte Einheit gleichermaßen gelten, ist die Anwendung der Klassifizierung gerechtfertigt.

2.3.2.2 Normierung

Durch eine Normierung werden die Werteausprägungen der Originalindikatoren auf einen einheitlichen numerischen Wertebereich, zum Beispiel von 0–1 oder 0–100, umgerechnet. Für Be- und Entlastung muss das einheitlich erfolgen, so dass bspw. der höchsten Belastung / geringsten Entlastung der Wert 0 und der geringsten Belastung/höchsten Entlastung der Wert 1 zugewiesen wird. Die Werte dazwischen werden entsprechend ihres Zusammenhangs mit der Gesundheit rechnerisch nach den folgenden Formeln ermittelt:

Bei positivem Zusammenhang mit der Gesundheit:

$$Indi_{i,normiert} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

Bei negativem Zusammenhang mit der Gesundheit:

$$Indi_{i,normiert} = \frac{x_i - x_{max}}{x_{min} - x_{max}}$$

Vorteile:

- einfach zu interpretieren
- die normierten Werte entsprechen in der Metrik den Originalwerten, die Verteilungseigenschaften sowie Werteabstände bleiben erhalten
- Gesamtindikatoren können ohne metrischen Informationsverlust der Einzelindikatoren berechnet werden, falls alle Indikatoren normiert wurden.

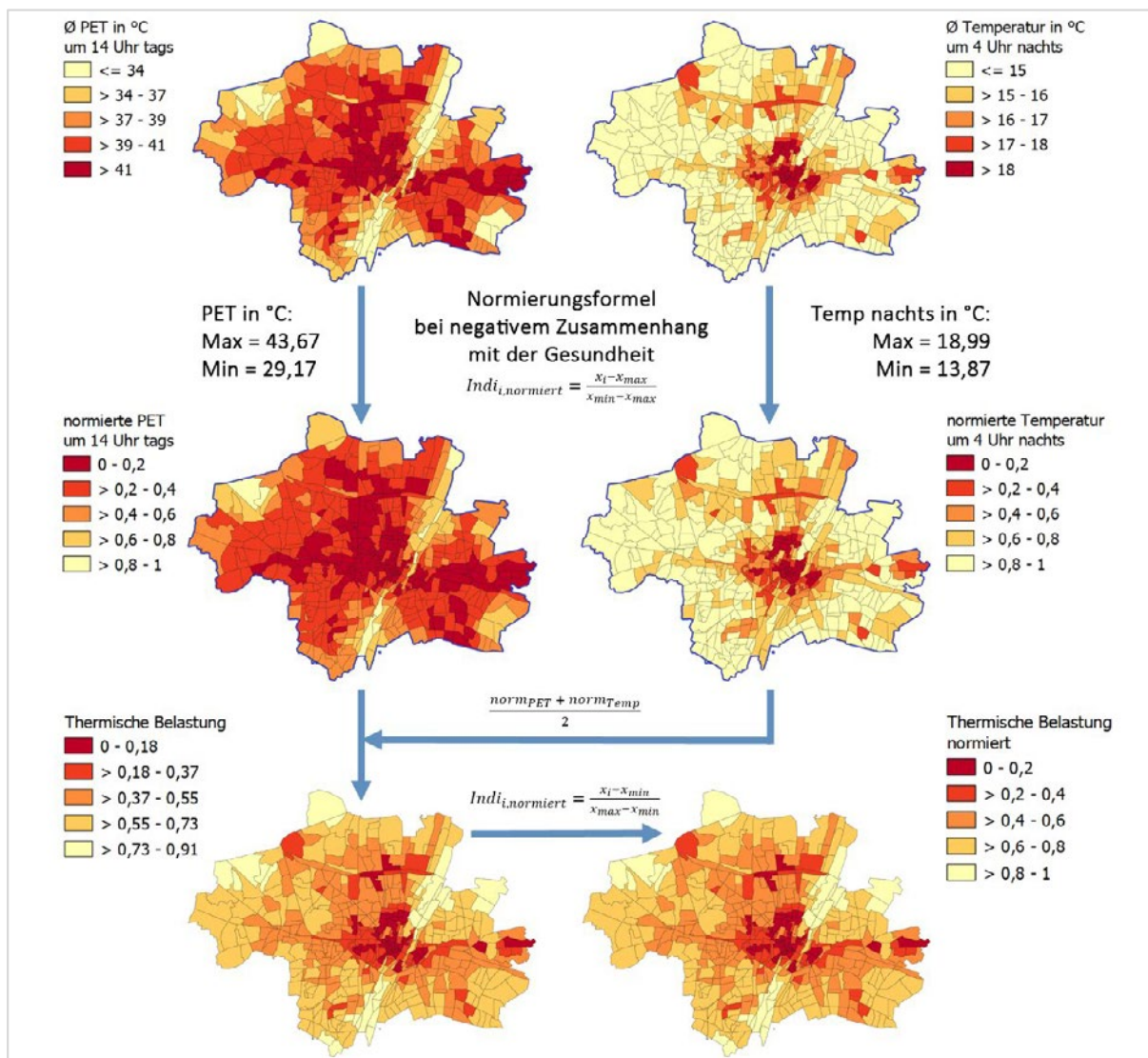
Nachteile:

- die Berechnung ist aufwändig, wenn eine Extremwertbehandlung nötig ist, damit diese das Normierungsergebnis nicht zu stark beeinflussen

Empfehlung

Bei einer hohen Zahl kleinerer Einheiten ist es ratsam, die Metrik der Originalindikatoren weitgehend beizubehalten, um die feinen Unterschiede auf kleinräumiger Ebene besser darzustellen. Die Position eines Werts am unteren oder oberen Ende einer Klasse kann insbesondere bei der Aggregation zu Gesamtindikatoren entscheidend sein. Die Normierung verursacht hier den geringsten Informationsverlust und wird trotz des erhöhten Rechenaufwands für detaillierte kleinräumige Analysen empfohlen.

Abbildung 9
Normierung am Umsetzungsbeispiel „Thermische Belastung“ in München



Quelle: Datengrundlagen vom Bayerischen Landesamt für Umwelt/Bodennahe Nachttemperatur (Bestandssituation) und Physiologisch äquivalente Temperatur (Bestandssituation), dl-de/by-2-0: Landeshauptstadt München – Kommunalreferat – GeodatenService – www.geodatenservice-muenchen.de; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Wenn der Datensatz starke Ausreißer enthält, sollte geprüft werden, ob es sinnvoll ist, vorab eine Methode zur Identifizierung von Ausreißern, wie die Interquartilmethode (IQR-Methode), anzuwenden. Damit kann der Minimal- und/oder Maximalwert für die Normierung neu definiert werden. Andernfalls können starke Ausreißer einen negativen Einfluss auf die Verteilung der normierten Daten haben.

In Abbildung 9 ist der Prozess der Normierung am Umsetzungsbeispiel des Indikators „Thermische Belastung“ in München (Kap. 2.3.1.1) dargestellt. In diesem Beispiel werden zwei verschiedene Datensätze (PET und nächtliche Temperatur) normiert und zum Indikator „Thermische Belastung“ vereint. Der Zusammenhang mit der Gesundheit ist negativ, da hohe Temperaturwerte gesundheitlich belastend sind. Durch Anwendung der Normierungsformel (2) werden beide Datensätze auf den Bereich zwischen 0 und 1 skaliert, wobei 0 den gesundheitlich ungünstigsten und 1 den gesundheitlich günstigsten Wert darstellt. Die Datenpaare werden addiert und durch 2 dividiert zum Indikator „Thermische Belastung“ vereint. Dieser beinhaltet sowohl die PET tagsüber

als auch die nächtliche Erwärmung. Die Ergebnisse dieser arithmetischen Operationen mit normierten Indikatoren erstrecken sich nicht mehr über den gesamten Wertebereich zwischen 0 und 1. Im dargestellten Beispiel liegt der Maximalwert mit der geringsten thermischen Gesamtlast danach bspw. nicht bei 1, sondern bei 0,91. Je mehr Indikatoren zusammengefasst werden, desto größer ist dieser Effekt. Die Indikatorwerte wieder auf den kompletten Wertebereich zwischen 0 und 1 zu strecken, ist zum Beispiel empfehlenswert für eine äquidistante Klassenbildung bei der kartografischen Visualisierung. Dazu werden die Ergebnisse abermals normiert, so wie im letzten Schritt der Abbildung 9 dargestellt.

Die normierten Werte sind immer nur zum relativen Vergleich innerhalb des Untersuchungsgebietes geeignet und können nicht mit Regionen außerhalb verglichen werden, auch wenn dort derselbe Normierungsansatz gewählt wurde, da sich Minimal- und Maximalwerte unterscheiden.

Bei nicht linearen Zusammenhängen, wie sie beispielsweise bei Lärm in dB(A) auftreten können, ist eine einfache lineare Normierung möglicherweise nicht ausreichend. In solchen Fällen könnte eine nicht-lineare Transformation der Daten in Betracht gezogen werden. Diese Transformation kann dazu dienen, die nicht linearen Beziehungen zwischen den Ausgangsdaten und der gesundheitlichen Wirkung besser zu erfassen. Für Lärm könnte man beispielsweise eine logarithmische Transformation in Erwägung ziehen, da die Wirkung von Schall auf das menschliche Gehör oft nicht linear, sondern logarithmisch wahrgenommen wird. Die genaue Wahl der nicht-linearen Transformation hängt jedoch von der Natur der vorliegenden Daten und den spezifischen Anforderungen des Indikators ab. Es wäre ratsam, dies in Absprache mit Fachleuten auf dem Gebiet der Umweltmedizin und Epidemiologie zu tun, um sicherzustellen, dass die gewählte Transformation den spezifischen gesundheitlichen Auswirkungen angemessen Rechnung trägt.

2.3.3 Gesamtindikatoren (Mehrfachbelastung) berechnen

Eine besondere Stärke des SUHEI-Ansatzes ist die kumulative Auswertung der umweltbezogenen Einzelindikatoren der Be- und Entlastung in Gesamtindikatoren. Dies ist gerechtfertigt, da Stressfaktoren und Erholungsressourcen zur gleichen Zeit am gleichen Ort auftreten (vgl. Flacke/Köckler 2015).

Die Einzelindikatoren sind in der Regel nicht statistisch unabhängig. Sie können untereinander korrelieren, was anhand von Korrelationsanalysen (vgl. Abbildung 10 und Abbildung 11) zu prüfen ist. Durch eine Hauptkomponentenanalyse (HKA) können die Auswirkungen von Multikollinearität bei der Analyse berücksichtigt werden. Neben dem Bedarf an Erfahrung hat die HKA allerdings noch andere potenzielle Nachteile. Durch die Reduzierung der Dimension geht Information verloren, da der Anzahl der ursprünglichen Variablen weniger Hauptkomponenten gegenüberstehen. Zudem gestaltet sich die Interpretation der gewonnenen Hauptkomponenten meist schwierig.

Empfehlung

Ein Blick auf bestehende Korrelationen ist für die Auswahl und Gewichtung von Einzelindikatoren empfehlenswert. Eine Hauptkomponentenanalyse ist nicht unbedingt erforderlich. Die Definition von Gesamtindikatoren kann auf der Grundlage arithmetischer Operationen erfolgen.

Die Einzelindikatoren können durch arithmetische Operationen, zum Beispiel durch Berechnen eines arithmetischen Mittels, zu einem Gesamtindikator kombiniert werden. Je nach spezifischen Schwerpunkten der Kommune können die Einzelindikatoren unterschiedlich gewichtet werden.

Der Gesamtindikator bewegt sich im Idealfall wieder im Wertebereich zwischen 0 (gesundheitlich ungünstig) und 1 (gesundheitlich günstig).

Empfehlung

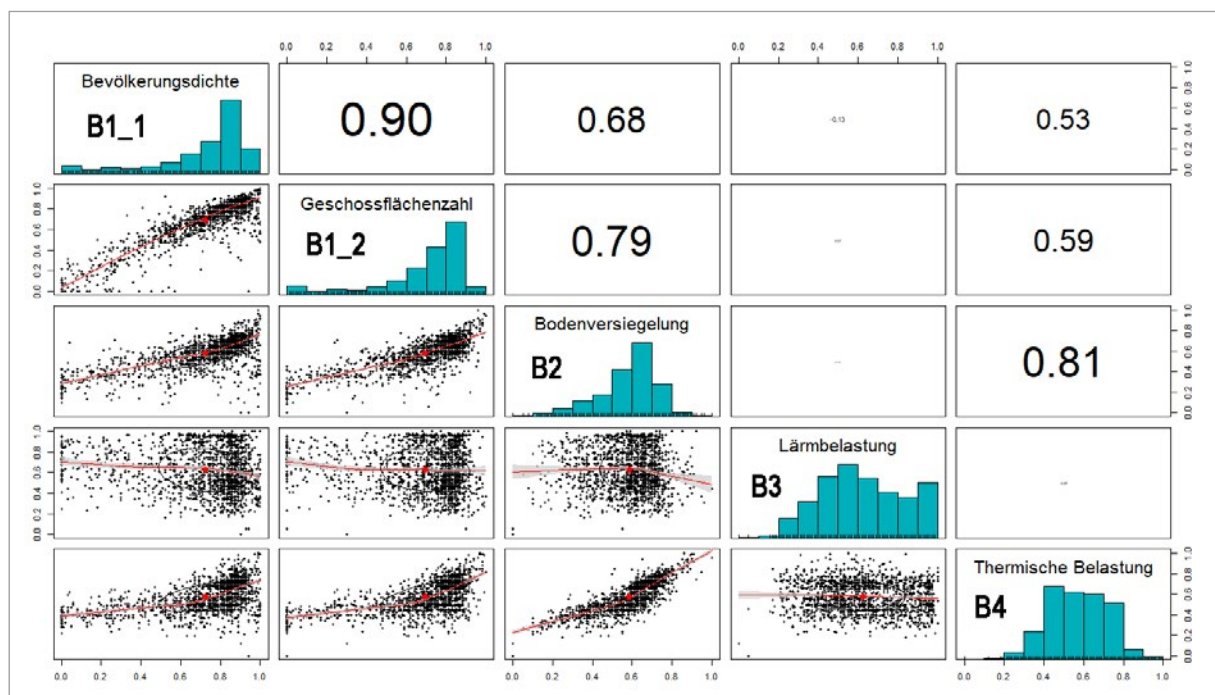
- Wenn sich die Werte des Gesamtindikators nicht mehr auf dem Wertebereich zwischen 0 und 1 erstrecken, ist eine Normierung nach der Normierungsformel (1) empfehlenswert.
- Bei DaKIS mit vielen Einzelindikatoren ist es empfehlenswert in einem Zwischenschritt alle Belastungsindikatoren zu einem Gesamtbelastungsindikator und alle Entlastungsindikatoren zu einem Gesamtentlastungsindikator zu kombinieren. Dadurch wird ein getrennter Blick auf die Be- und Entlastungen möglich.

Am Beispiel des Berliner Bezirks Steglitz-Zehlendorf wird die Berechnung von Gesamtindikatoren im Folgenden dargestellt. Zuerst werden die kombinierten Indikatoren zur Belastung und Entlastung berechnet. Darauf aufbauend werden zwei Ansätze vorgestellt, diese Indikatoren in einem Gesamtindikator darzustellen.

2.3.3.1 Gesamtbelastungsindikator

Im Rahmen der DaKIS für den Berliner Bezirk Steglitz-Zehlendorf wurden fünf Einzelindikatoren zur umweltbezogenen Belastung auf Basis der vorrangig bewohnten Blöcke umgesetzt. Die Korrelationsmatrix in Abbildung 10 zeigt die Korrelationskoeffizienten nach Pearson. Die Indikatoren Bevölkerungsdichte (B1_1) und Geschossflächenzahl (GFZ) (B1_2) sind zur Bewertung des Faktors Dichte geeignet und weisen mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,9 einen stark positiven Zusammenhang auf. Auch zwischen der GFZ und der Bodenversiegelung (B2) und zwischen der Bodenversiegelung und der Thermischen Belastung (B4) gibt es starke positive Zusammenhänge. Bei der Lärmbelastung (B3) besteht kein Zusammenhang mit den anderen Indikatoren.

Abbildung 10
Korrelationsmatrix von Einzelindikatoren zur umweltbezogenen Belastung

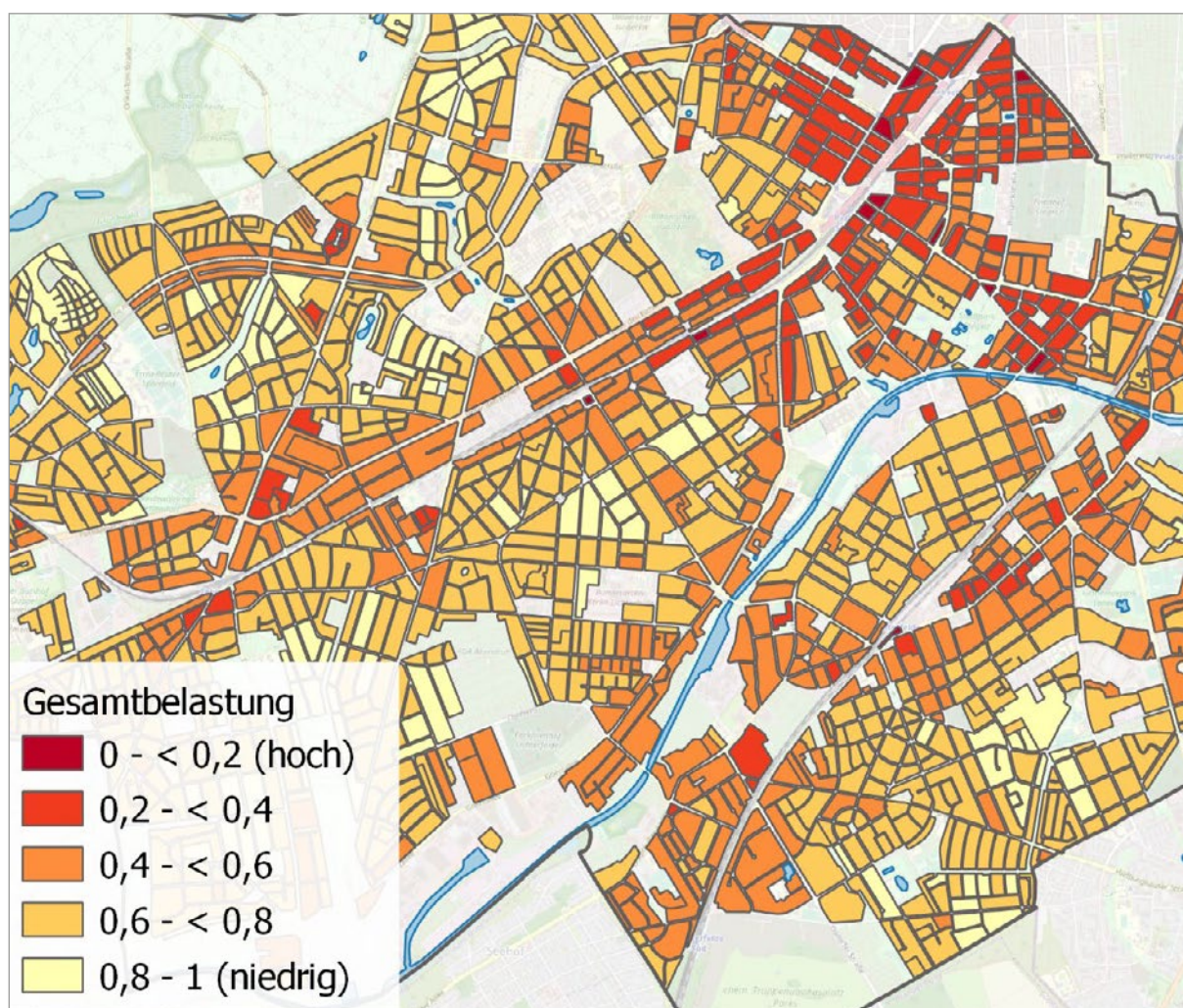


Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Für die Beispielberechnung der Gesamtbelastung (B_g) werden Bevölkerungsdichte ($B1_1$) und Geschossflächenzahl ($B1_2$) jeweils mit 0,5 gewichtet, da sie stark korrelieren und demselben Belastungsfaktor zuzuordnen sind. Da die anderen drei Indikatoren jeweils zur Beschreibung anderer Belastungsfaktoren erstellt wurden bleiben sie ungewichtet (Formel (3)). Auf Basis der Korrelationen wären andere Gewichte denkbar. Die Summe der Gewichte ist 4, daher wird der Gesamtbelastungsindikator nach Formel (3) berechnet. Das Ergebnis ist in Abbildung 11 dargestellt.

$$B_g = \frac{(B1_1 \cdot 0,5) + (B1_2 \cdot 0,5) + B2 + B3 + B4}{4}$$

Abbildung 11
Gesamtbelastungsindikator in Steglitz-Zehlendorf von Berlin



Datengrundlagen: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Einwohnerdichte/LOR), Geoportal Berlin/ALKIS Berlin Landesgrenze, Umweltatlas Berlin (2015, 2017, 2019, 2021), Gesundheits- und Sozialstrukturatlas Berlin 2022; Kartendaten: ©OpenStreetMap Mitwirkende, Lizenz: Open Database License (ODbL) lizenziert nach Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY-SA 2.0), <https://www.openstreetmap.org/copyright>; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

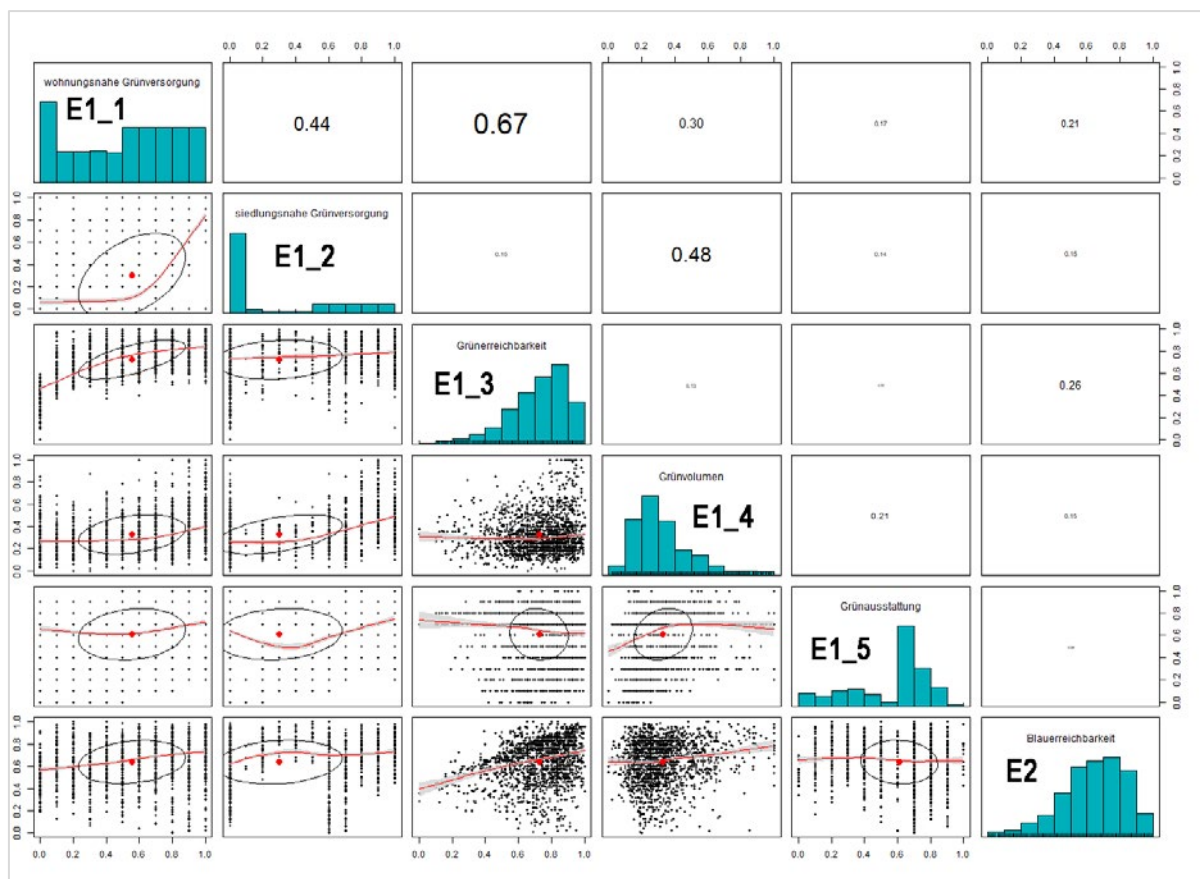
2.3.3.2 Gesamtentlastungsindikator

Die Entlastung wird für Steglitz-Zehlendorf mittels sechs Einzelindikatoren repräsentiert. Fünf davon bilden verschiedene Aspekte des Stadtgrüns ab: wohnungsnah Grünversorgung (E1_1), siedlungsnah Grünversorgung (E1_2), Grünerreichbarkeit (E1_3), Grünvolumen (E1_4) und Grünausstattung (E1_5). Außerdem wurde ein Indikator für Wasserflächen berechnet: die Blauerreichbarkeit (E2). Wie die Korrelationsmatrix in Abbildung 12 zeigt, korrelieren die Einzelindikatoren der Entlastung deutlich weniger als die Indikatoren der Belastung.

Für die Beispielberechnung der Gesamtentlastung (E_g) werden die sechs Indikatoren gleichgewichtet. Eine unterschiedliche Gewichtung der Indikatoren zum Stadtgrün oder eine stärkere Gewichtung der Blauflächen wäre in anderen Varianten möglich. Der Gesamtentlastungsindikator wird nach Formel (4) berechnet. Das Ergebnis ist in Abbildung 13 dargestellt.

$$E_g = \frac{E1_1 + E1_2 + E1_3 + E1_4 + E1_5 + E2}{6}$$

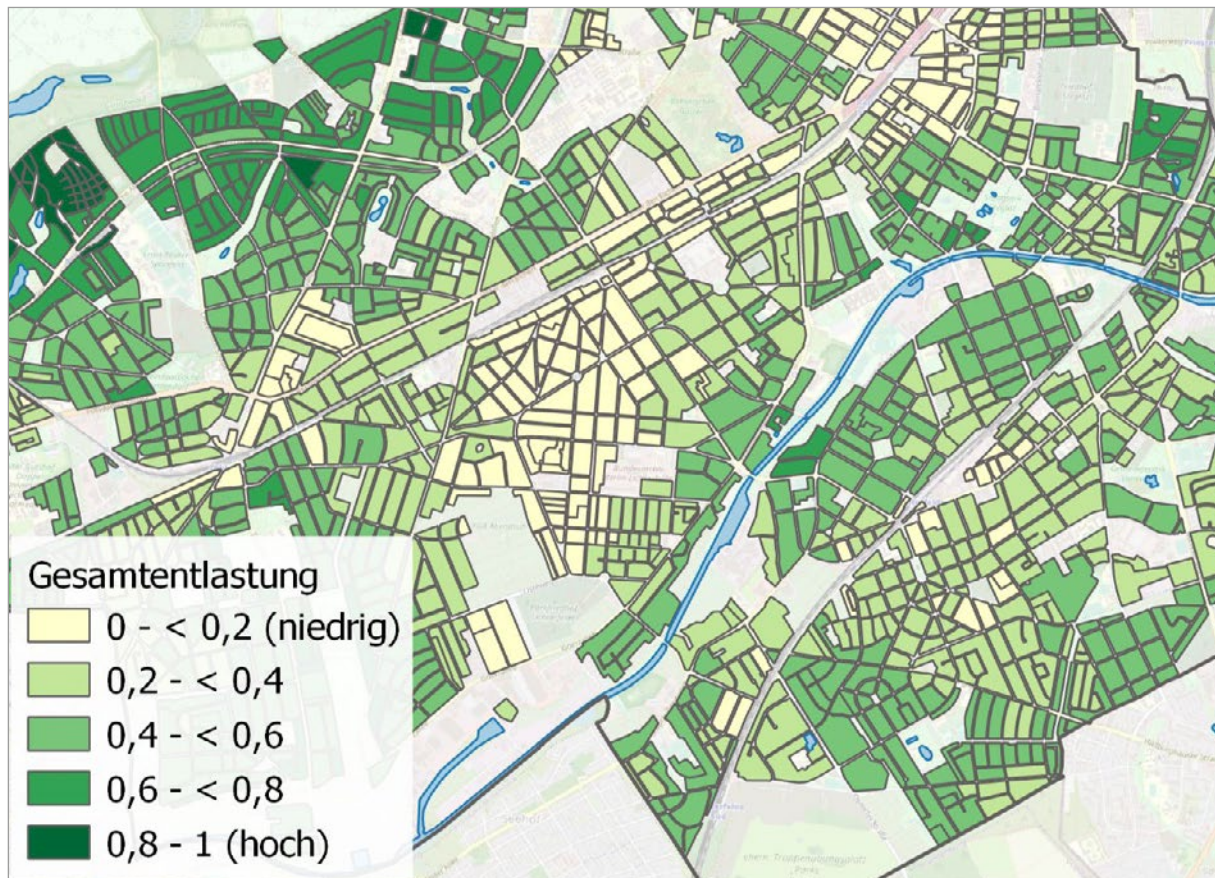
Abbildung 12
Korrelationsmatrix von Einzelindikatoren zur umweltbezogenen Entlastung



Quelle: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Abbildung 13

Gesamtentlastungsindikator in Steglitz-Zehlendorf von Berlin



Quelle: Datengrundlagen vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Einwohnerdichte/LOR), Geoportal Berlin/ALKIS Berlin Landesgrenze, Umweltatlas Berlin (2015, 2017, 2019, 2021), Gesundheits- und Sozialstrukturatlas Berlin 2022; Kartendaten: ©OpenStreetMap Mitwirkende, Lizenz: Open Database License (ODbL) lizenziert nach Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY-SA 2.0), <https://www.openstreetmap.org/copyright>; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

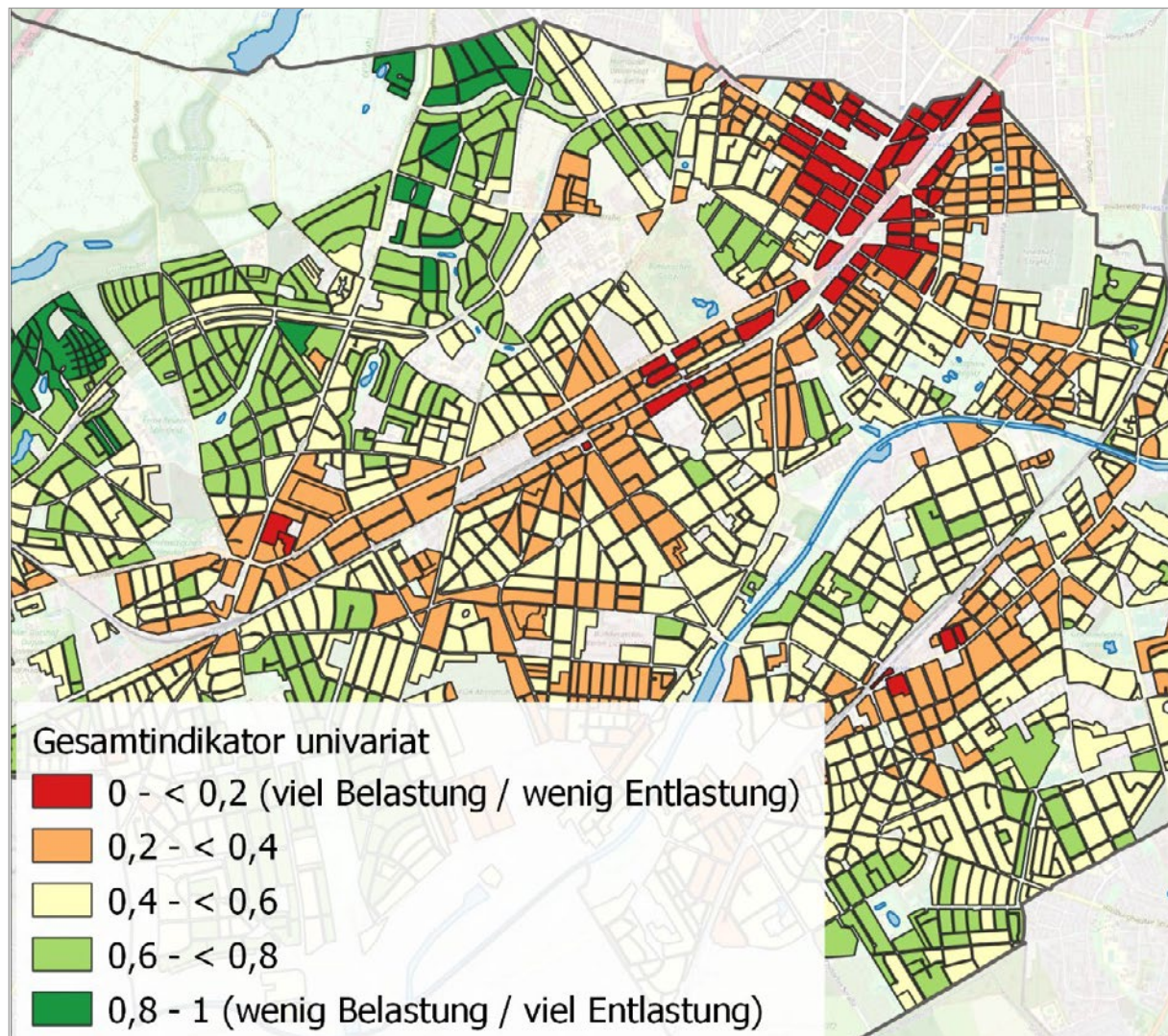
2.3.3.3 Univariater Gesamtindikator (Gesamtlast)

Durch die Berechnung eines Gesamtindikators wird die gesundheitlich wirksame Be- und Entlastung in einem Wert zusammengefasst. Bei gleichem Gewicht des Gesamtbelastungsindikators und Gesamtentlastungsindikators kann nach der folgenden Formel der Gesamtindikator (G_u) berechnet werden:

$$G_u = \frac{B_g + E_g}{2}$$

Abbildung 14

Univariater Gesamtindikator in Steglitz-Zehlendorf von Berlin



Datengrundlagen: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Einwohnerdichte/LOR), Geoportal Berlin/ALKIS Berlin Landesgrenze, Umweltatlas Berlin (2015, 2017, 2019, 2021), Gesundheits- und Sozialstrukturatlas Berlin 2022; Kartendaten: ©OpenStreetMap Mitwirkende, Lizenz: Open Database License (ODbL) lizenziert nach Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY-SA 2.0), <https://www.openstreetmap.org/copyright>; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

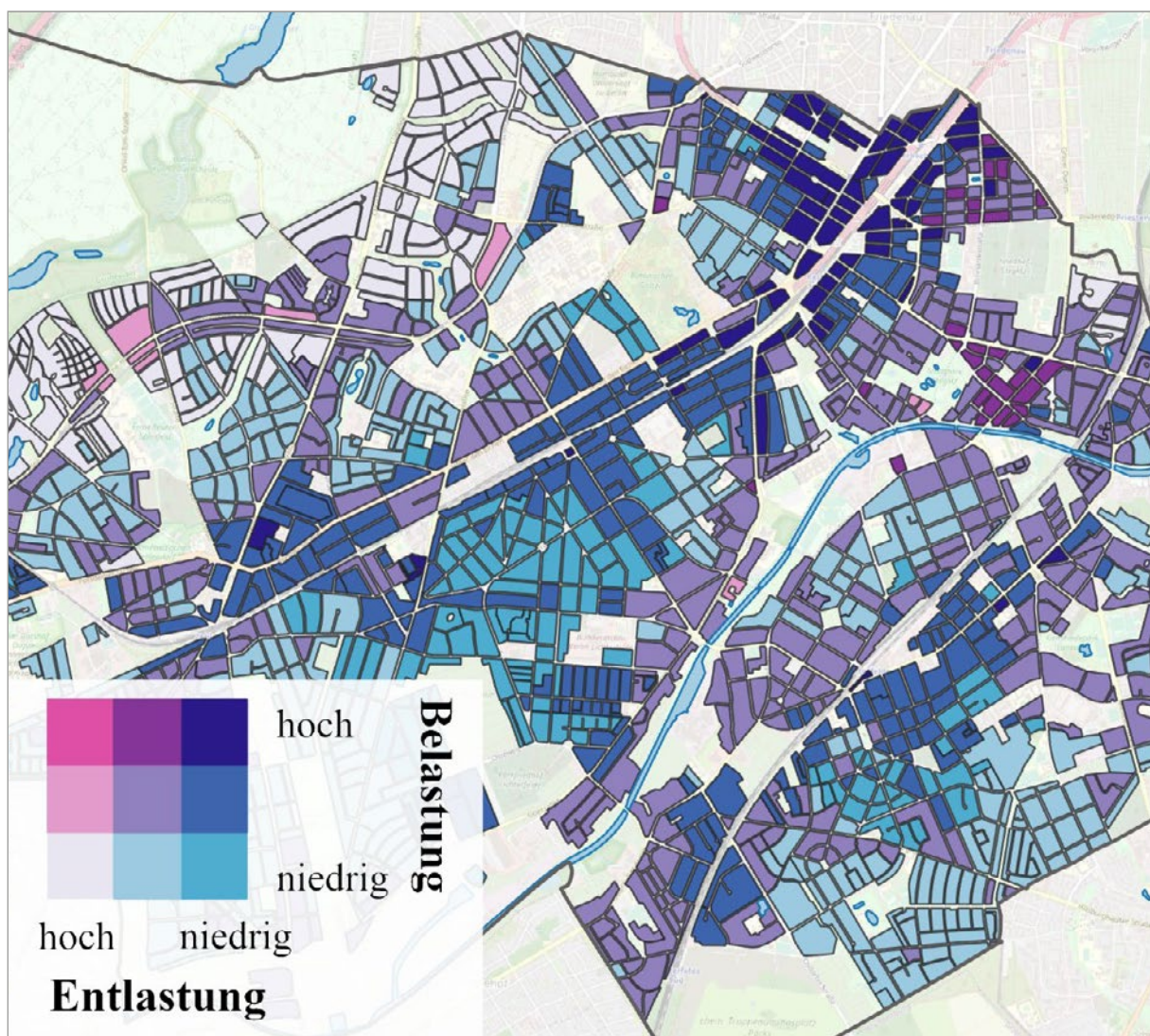
Strebt ein Baublock gegen 0 ist er mehrfach belastet bei wenig Entlastung (vgl. Abbildung 14), tendiert der Wert gegen ein 1, gibt es wenig Belastung und viel Entlastung. Nicht so eindeutig wird die Interpretation im mittleren Bereich der Werteskala. Hier ist es möglich, dass sowohl Be- als auch Entlastung im mittleren Bereich liegen oder es kann zum Beispiel hohe Belastung bei gleichzeitig hoher Entlastung vorliegen. Der jeweilige Anteil von Be- und Entlastung ist nicht aus den Werten abzulesen. Aus diesem Grund wird die bipolare Darstellung empfohlen.

2.3.3.4 Bivariater Gesamtindikator (Gesamtlast)

Um den jeweiligen Anteil von Be- und Entlastung in einer Gesamtauswertung zu veranschaulichen, können die Indikatoren zur Gesamtbelastung und Gesamtentlastung in einem bivariaten Farbschema visualisiert werden. Die Indikatorwerte beider Verteilungen werden dazu jeweils in drei äquidistante (gleichabständige) Klassen klassifiziert:

- Klasse 1: 0 bis < 0,33
- Klasse 2: 0,33 bis < 0,66
- Klasse 3: 0,66 bis 1

Abbildung 15
Bivariate Darstellung des Gesamtindikators in Steglitz-Zehlendorf



Quelle: Datengrundlagen vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Einwohnerdichte/LOR), Geoportal Berlin/ALKIS Berlin Landesgrenze, Umweltatlas Berlin (2015, 2017, 2019, 2021), Gesundheits- und Sozialstrukturatlas Berlin 2022; Kartendaten: ©OpenStreetMap Mitwirkende, Lizenz: Open Database License (ODbL) lizenziert nach Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY-SA 2.0), <https://www.openstreetmap.org/copyright>; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

Werden dieser Klassen kombiniert, entsteht eine 3 x 3 Matrix, für die ein bivariater Farbverlauf erstellt werden kann (vgl. Abbildung 15). Es ist empfehlenswert den Farbverlauf so zu wählen, dass helle Farbtöne gesundheitlich günstigere Umweltsituationen anzeigen und dunkle Farbtöne gesundheitlich ungünstige. Die jeweilige Rolle von Be- und Entlastung bei der Gesamtbewertung kann der Farbskala entnommen werden. So wird bspw. sichtbar, dass viele der Blöcke im Zentrum des Bezirkes, die beim univariaten Gesamtindikator die mittleren Klassen besetzt haben, eine niedrige Belastung, aber auch geringe Entlastung besitzen (gekennzeichnet durch den „lichtblauen“ Farbton, rechts unten in der Farbmatrix).

2.3.4 Kartografisch darstellen und mit sozialen Ungleichheiten kombinieren

Der vierte und besonders wichtige Schritt der praktischen Umsetzung einer DaKIS ist die Visualisierung der Ergebnisse. Sie bietet eine Vielzahl an Vorteilen:

- **Räumliche Muster:** Räumliche Muster, Disparitäten, Zusammenhänge, Hotspots oder auch zeitliche Veränderungen lassen sich auf einer Karte durch visuelle Analyse leichter identifizieren.
- **Kommunikation und Datenverständnis:** Karten ermöglichen es, komplexe Daten auf verständliche und anschauliche Weise zu präsentieren, was die Kommunikation zwischen Wissenschaft, Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit erleichtert.
- **Entscheidungsunterstützung:** Die visuelle Darstellung kleinräumiger Indikatoren auf Karten erleichtert Entscheidungsträgern die Identifizierung von Problemgebieten und Priorisierung von Ressourcen. Dies ist besonders wichtig für städtische Planung, Gesundheitspolitik und soziale Interventionen.

In den Abbildungen 11, 13, 14 und 15 wurden Karten mit den Gesamtindikatoren gezeigt. Dabei handelt es sich um Ausschnitte und nicht um vollständige Karten. Diese sollten zusätzliche Angaben beinhalten, wie:

- Kartentitel mit Benennung des dargestellten Gebietes, der Raumeinheiten und des Zeitbezugs
- vollständige Legende
- Kartenmaßstab
- Angaben zu den Datenquellen, Erstellern und zum Erstellungsdatum
- ggf. Kartenbeschriftungen und zusätzliche Erläuterungen in Textblöcken oder Diagrammen

Da sich die Indikatoren in der Regel auf Flächen beziehen, empfiehlt es sich die Indikatorwerte als Choroplethenkarte darzustellen. Das ist eine Thematische Karte, auf der räumliche Einheiten (z. B. Blöcke, Planungsräume, Bezirke) farblich unterschieden werden, um die Information darzustellen. Die Farbnuancen auf der Karte repräsentieren dabei den Wert der jeweiligen Raumeinheit. Dabei sind Klassenbildungsmethoden zu beachten und die Wahl einer geeigneten Farbskala.

Empfehlungen

- Um normierte Indikatorwerte zwischen 0 und 1 in einer Choroplethenkarte darzustellen, wird eine äquidistante (gleichabständige) Klassenbildung mit fünf Klassen empfohlen, aus der sich Klassenbreiten von 0,2 ergeben. Man erhält dadurch gerade Klassengrenzen, es gibt eine Klasse für die mittleren Werte (0,4–0,6) und fünf Klassen können leicht voneinander unterschieden werden.
- Farbskalen sind so zu wählen, dass sich ein harmonischer Farbverlauf ergibt, die einzelnen Farbtöne gut gut voneinander zu unterscheiden und intuitiv zuzuordnen sind (vgl. Brewer et. al 2013). Sequenzielle oder divergierende Farbverläufe eignen sich für die Darstellung von Rangfolgen. Die kräftigeren Farbtöne einer Farbskala erzielen größere Aufmerksamkeit, daher sollte der Farbverlauf so geordnet werden, dass diese den Gebieten mit potenziellem Handlungsbedarf (gesundheitlich ungünstige Umwelteinflüsse) zugeordnet werden.

Weitergehende Hinweise zur kartografischen Visualisierung, speziell für den Gesundheitsbereich, finden sich beispielsweise bei Augustin et al. (2017) oder Pieper/Franke (2017).

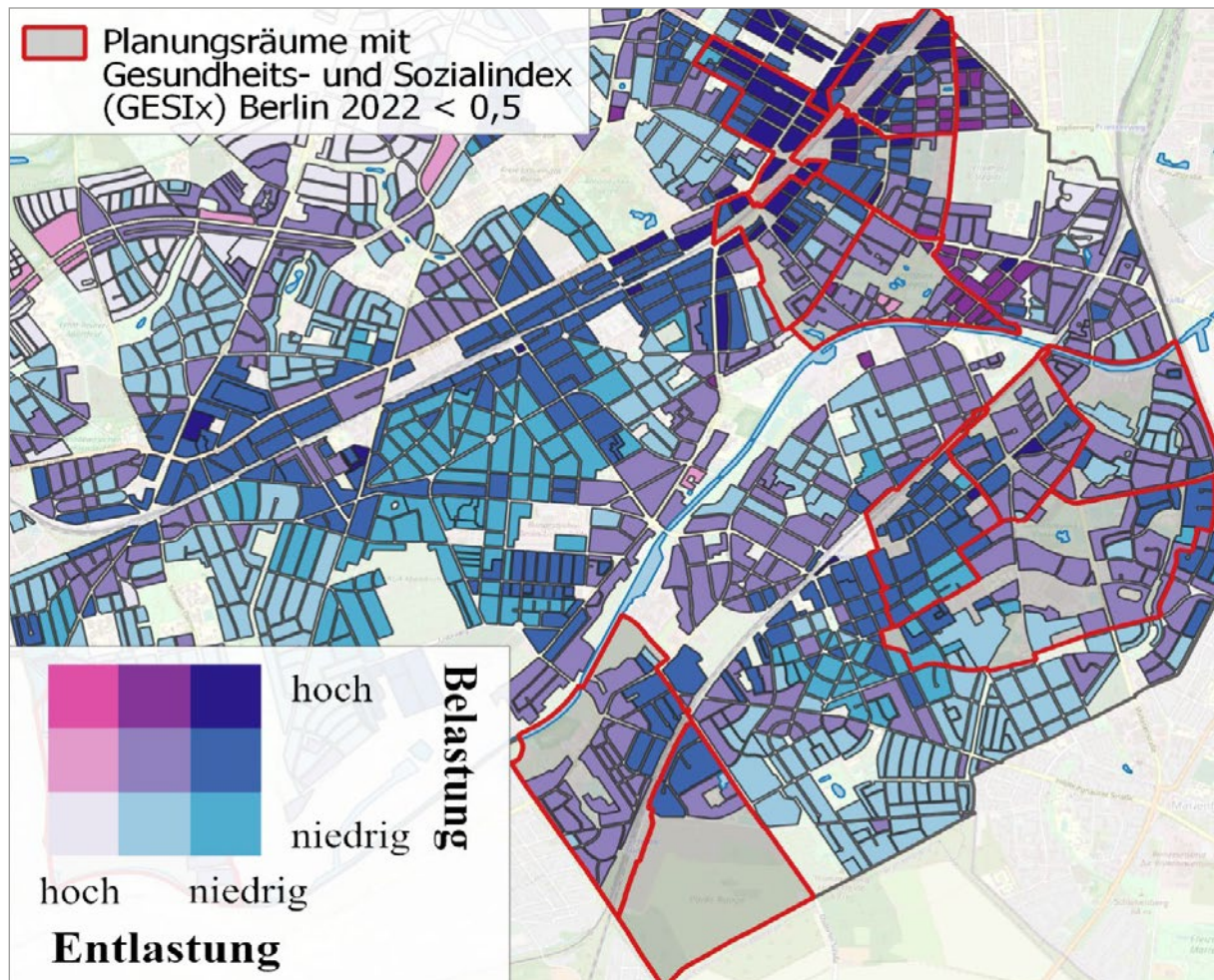
Eine besondere Herausforderung stellt die Überlagerung der flächenhaften Kartendarstellung der Mehrfachbelastungen mit einer vergleichenden Darstellung der Vulnerabilität der Bevölkerung in Form eines ausgewählten Sozialindikators dar. Sie dient dazu, räumliche Zusammenhänge zu veranschaulichen, bspw. per visueller Analyse Raumeinheiten als „Hotspots“ zu identifizieren, die sowohl hohe Gesamtbelastung als auch hohe Vulnerabilität aufweisen (vgl. Köckler et al. 2020).

Empfehlungen

- Wenn die Raumeinheiten der umweltbezogenen Be- und Entlastung mit den Raumeinheiten der Sozialindikatoren identisch sind, kann das Vulnerabilitätsmerkmal als Punktsignatur, farblich abgestuft klassifiziert, in die Karte integriert werden. Raumeinheiten, die jeweils in der höchsten (ungünstigsten) Klasse liegen, werden als „Hotspots“ identifiziert (vgl. Köckler et al. 2020; Vittinghoff et al. 2003).
- Wenn die Raumeinheiten der Vulnerabilitätsmerkmale größer sind als die der umweltbezogenen Mehrfachbelastung ist es empfehlenswert die Räume mit der höchsten Vulnerabilität (ungünstigsten Sozialstruktur) zu selektieren und die Grenzen dieser Räume mit der kleinräumigeren Mehrfachbelastung zu überlagern (vgl. Abbildung 16). Innerhalb der selektierten Planungsräume liegend Blöcke mit hoher Mehrfachbelastung, die als „Hotspots“ identifiziert werden können.

Abbildung 16

Bipolare Karte und Planungsräume mit ungünstiger Gesundheits- und Sozialstruktur im bezirksinternen Vergleich



Quelle: Datengrundlagen vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Einwohnerdichte/LOR), Geoportal Berlin/ALKIS Berlin Landesgrenze, Umweltatlas Berlin (2015, 2017, 2019, 2021), Gesundheits- und Sozialstrukturatlas Berlin 2022; Kartendaten: ©OpenStreetMap Mitwirkende, Lizenz: Open Database License (ODbL) lizenziert nach Creative Commons Namensnennung Lizenz (CC BY-SA 2.0), <https://www.openstreetmap.org/copyright>; Darstellung: Weeber+Partner mit GIS-Team Schweikart/Pieper

2.4 Phase 4: Integrieren

Es ist wünschenswert die DaKIS in kommunale Planungsprozesse zu integrieren, ressortübergreifend zu etablieren und Voraussetzungen für deren Fortführung und Aktualisierung zu schaffen. Dazu ist ein ganzheitlicher Ansatz erforderlich, der sowohl technische als auch organisatorische Aspekte berücksichtigt. Die Kommune sollte offen für Anpassungen sein und die DaKIS als ein dynamisches Instrument betrachten, das sich im Laufe der Zeit weiterentwickeln kann.

Die folgende Box beinhaltet Leitfragen, die dabei helfen können, eine DaKIS in einer Kommune zu integrieren.

Leitfragen 4. Phase: Integrieren

- Welche spezifischen städtischen Herausforderungen oder Planungsziele sollen durch die DaKIS unterstützt werden?
- Welche Ergebnisse sind für die Kommune besonders relevant?
- Wie soll die DaKIS in bestehende Planungs- und Entscheidungsprozesse integriert werden?
- Wie können Strategien und Handlungspläne basierend auf den Erkenntnissen aus der DaKIS angepasst werden?
- Wie sollen die Ergebnisse an Entscheidungsträger und Öffentlichkeit kommuniziert werden?
- Welche Schritte sind erforderlich, um die DaKIS zu pflegen, fortzuführen und zu aktualisieren?
- Wie soll die Verantwortlichkeit für die DaKIS innerhalb der Kommunalverwaltung strukturiert sein?
- Welche Abteilungen oder Ressorts müssen einbezogen werden?
- Sind Schulungsmaßnahmen erforderlich, um Mitarbeiter in der Nutzung der DaKIS zu schulen?
- Wie kann das Bewusstsein für die Bedeutung von Daten in Entscheidungsprozessen gestärkt werden?
- Welche Technologieplattformen werden benötigt, um Zugriff auf die Daten der DaKIS zu ermöglichen?
- Wie kann die DaKIS in bestehende Strukturen und Systeme integriert werden?
- Wie sollen die Ergebnisse der DaKIS kommuniziert werden, sowohl intern als auch extern?
- Wie können Erfolge und Herausforderungen gemessen und bewertet werden?
- Wie können Feedbackschleifen zur Evaluierung implementiert werden, um die DaKIS kontinuierlich zu verbessern?
- Wie oft sollen die Indikatoren aktualisiert werden?

Spezifische Bereiche oder Fragestellungen der gesundheitsfördernden Stadtentwicklung sind zu identifizieren, in denen die DaKIS einen Mehrwert bieten kann. Idealerweise wird die DaKIS nahtlos in bestehende technologische Plattformen und Systeme integriert, um einen reibungslosen Datenaustausch und eine konsistente Nutzung zu gewährleisten. Der gesamte Prozess der Integration erfordert eine kontextspezifische Herangehensweise, bei der die Bedürfnisse und Anforderungen der Kommune im Mittelpunkt stehen. Auch wenn mehrere Schlüsselaspekte der Integration erreicht sind, sollte der Prozess nicht als abgeschlossen gelten, sondern die DaKIS als ein sich entwickelndes Instrument betrachtet werden, das flexibel genug ist, um kontinuierlich auf neue Anforderungen und Gegebenheiten zu reagieren.

3 Limitationen der DaKIS

Die Merkmalsausprägungen der verschiedenen Umweltfaktoren, die in einer DaKIS betrachtet werden, unterscheiden sich sowohl in der gemessenen Dimension als auch in ihren Minimal- und Maximalwerten. Um eine Vergleichbarkeit der verschiedenen Einzelindikatoren zu gewährleisten, wird eine interne Normierung anhand der Werte innerhalb des jeweiligen Untersuchungsgebiets durchgeführt. Erst diese Normierung ermöglicht es, die verwendeten Raumeinheiten zu vergleichen und räumlich zu differenzieren.

Ein hoher, normierter Wert eines Einzelindikators bedeutet nicht zwangsläufig, dass dieser Wert allein als belastend oder entlastend für die Gesundheit interpretiert werden kann. Er zeigt, dass innerhalb des Untersuchungsgebietes eine im relativen Vergleich starke Be- oder Entlastung vorliegt, sagt jedoch nicht direkt etwas über die potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen aus.

Die Herausforderung besteht darin, dass es für einige der betrachteten Umweltfaktoren zwar Empfehlungen, für die meisten aber keine bindenden gesundheitsbezogenen Normen oder Schwellwerte gibt. Dort wo kommunale Richtwerte existieren, können deren Vorgaben bei der Definition von Einzelindikatoren berücksichtigt werden, darüber hinaus legt die DaKIS aber keine Grenzen fest, sondern fokussiert sich auf den relativen Vergleich.

Die DaKIS ist bevorzugt in Großstädten anzuwenden. In sehr großen Städten kann es zielführend sein, Teilgebiete mit jeweils mehr als 100.000 Einwohnerinnen und Einwohnern zu betrachten. In diesem Kontext ermöglicht die DaKIS eine bessere kleinräumige Differenzierung, und stark belastete Gebiete können effektiv identifiziert werden. Die Normierung anhand der spezifischen Werte der jeweiligen Untersuchungsgebiete, schränkt den Vergleich zwischen verschiedenen Untersuchungsgebieten jedoch ein.

Die Deutlichkeit, mit der eine DaKIS räumliche Muster der Be- und Entlastung abbildet, ist von der räumlichen Betrachtungsebene abhängig. Bei der Zusammenfassung kleinräumiger Daten auf größere Raumeinheiten treten Informationsverluste auf. Je kleinräumiger die gewählte Betrachtungsebene ist, desto geringer sind diese.

4 Fazit

Die Datenbasierte Kleinräumige Indikatorgestützte Stadtraumanalyse (DaKIS) ist ein innovativer Ansatz zur umfassenden Analyse städtischer Lebensräume. Durch die Verwendung von hochauflösenden, kleinräumigen Datenquellen ermöglicht die DaKIS eine detaillierte Analyse auf lokaler Ebene, mit präzisen Einblicken in Umwelt- und Sozialfaktoren. Die Integration von Ressourcen und Stressoren in eine DaKIS ermöglicht es, Stadträume zu identifizieren, die gesundheitsfördernder Maßnahmen bedürfen. Das SUHEI-Modell integriert Gesundheits- und Umweltaspekte. Diese Perspektive ermöglicht es, Wechselwirkungen zwischen städtischer Umwelt und Gesundheit besser zu verstehen und evidenzbasierte Entscheidungen zu treffen, da umweltbedingte Mehrfachbelastungen sichtbar werden. Das Modell verwendet messbare Indikatoren, um Umweltaspekte zu quantifizieren. Dies ermöglicht eine objektive Bewertung und Überwachung von Stadtentwicklungen im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Gesundheit und erleichtert es, präventive Maßnahmen einzuleiten und die städtischen Umgebungen so zu gestalten, dass sie die Gesundheit fördern.

Der Aufbau einer DaKIS erfordert einen ganzheitlichen Ansatz, der Umwelt-, Sozial- und Gesundheitsaspekte integriert. Die Synergien zwischen verschiedenen Datenbereichen tragen zur Entwicklung eines umfassenden Verständnisses städtischer Herausforderungen bei. Der Aufbau durchläuft vier entscheidende Phasen: Vorbereiten, Konzipieren, Umsetzen und Integrieren. In jeder Phase ist sicherzustellen, dass die DaKIS nicht nur technisch robust ist, sondern auch effektiv in die städtische Planung integriert werden kann. Es ist wichtig zu betonen, dass der Prozess nicht unbedingt linear ist und dass es oft notwendig ist, zwischen den Phasen zurückzukehren, um Anpassungen vorzunehmen oder neue Erkenntnisse zu berücksichtigen. Der integrierte und sektorübergreifende Einsatz dieser Phasen gewährleistet nicht nur die effektive Umsetzung der DaKIS, sondern fördert auch ihre kontinuierliche Anpassung und Weiterentwicklung im Sinne einer nachhaltigen städtischen Entwicklung.

Die Qualität einer DaKIS hängt stark von der Verfügbarkeit und Qualität der zugrunde liegenden Daten ab. Kleinräumige Daten sind manchmal schwer zu beschaffen, weshalb präzise und kleinräumige Datenmodellierungen zunehmend wichtig werden. Die Bereitstellung genauer und aktueller Daten sollte fortlaufend verbessert werden, um den dynamischen Anforderungen städtischer Veränderungen gerecht zu werden. Kleinräumigere Datenquellen ermöglichen räumlich präzisere Analysen. Die Einhaltung ethischer Standards und Datenschutzbestimmungen muss stets gewährleistet sein.

Die Implementierung und Pflege einer DaKIS erfordern technologische Ressourcen, finanzielle Mittel und gut ausgebildetes Personal. Dies kann für kleinere Gemeinden oder Regionen eine Herausforderung darstellen. Die Integration von Umwelt-, Sozial- und Gesundheitsdaten erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen. Die Harmonisierung und Interpretation heterogener Datenquellen können komplex sein. Dem kann mit einer guten Vorbereitung (Phase 1) entgegnet werden, indem Umfang und Detailgrad entsprechend der kommunalen Möglichkeiten bestimmt werden. Langfristig ist es für jede Kommune sinnvoll, Mitarbeiter mit entsprechenden Fachkenntnissen im Geodatenmanagement, Geoanalyse, Statistik und Visualisierung zu beschäftigen, die Projekte wie eine DaKIS umsetzen können.

Die Erkenntnisse aus der DaKIS legen das Fundament für eine dynamische und zukunftsorientierte Stadtentwicklung. Die kontinuierliche Anwendung und Integration der Ergebnisse in Planungsprozesse ermöglicht eine anpassungsfähige Stadtpolitik. Die fortlaufende Evaluierung und Nutzung der DaKIS fördern nicht nur eine nachhaltige Entwicklung, sondern unterstützen auch die Anpassung an aufkommende Herausforderungen und die Schaffung einer lebenswerten, resilienten Stadt für die kommenden Generationen.

Literatur und Quellen

Augustin, J., Kistemann, T., Koller, D., Lentz, S., Maier, W., Moser, J., Schweikart, J. (Hrsg.), 2017: Gute Kartographische Praxis im Gesundheitswesen (GKPiG) (Forum IfL, 32). Leibniz-Institut für Länderkunde e.V. (IfL). Zugriff: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-52071-9> [abgerufen am 30.10.2023].

Barankay, T., 2019: Dicht und zugleich radikal grün. Zugriff: https://www.detail.de/de_de/dicht-und-zugleich-radikal-gruen-34517 [abgerufen am 30.10.2023].

Baumgart, S.; Rüdiger, A., 2022: Gesundheit in der Stadtplanung. Instrumente, Verfahren, Methoden, Edition Nachhaltige Gesundheit in Stadt und Region, Band 4. München.

Baumgart, S.; Rüdiger, A., 2018: Gesundheit in der Raumplanung. In Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover: 829–835. Zugriff: <https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Gesundheit%20in%20der%20Raumplanung.pdf> [abgerufen am 30.10.2023].

Baumgart, S.; Köckler, H.; Ritzinger, A.; Rüdiger, A. (Hrsg.), 2018: Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, ARL 08, Hannover.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2018: Handlungsziele für Stadtgrün und deren empirische Evidenz: Indikatoren, Kenn- und Orientierungswerte. Bonn.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2020: Gesundheit und Krankheit aus räumlicher Perspektive. IzR – Informationen zur Raumentwicklung, 47. Jg. (1). Bonn.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2021: Gesundheit in der Stadt. Maßnahmen für einen gesunden Lebensraum. Zugriff: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/refo/staedtebau/2021/gesundheits-in-der-stadt/01-start.html> [abgerufen am 24.06.2024].

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2022: Die digitale Stadt gestalten. Eine Handreichung für Kommunen. Zugriff: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2022/handreichung-digitale-stadt-gestalten.html> [abgerufen am 25.10.2023].

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2019: Masterplan Stadt-natur. Maßnahmenprogramm der Bundesregierung für eine lebendige Stadt. Berlin. Zugriff: https://www.bmu.de/fi-leadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/masterplan_stadtnatur_bf.pdf [abgerufen am 30.10.2023].

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015: Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün. Berlin. Zugriff: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmub/verschiedene-themen/2015/gruenbuch-2015-dl.pdf> [abgerufen am 30.10.2023].

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2017: Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Berlin. Zugriff: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [abgerufen am 30.10.2023].

Brewer, C.; Harrower, M.; Sheesley, B.; Woodruff, A.; Heyman, D., 2013: ColorBrewer 2.0. color advice for cartography. Zugriff: <https://colorbrewer2.org/#type=sequential&scheme=BuGn&n=3> [abgerufen am 20.06.2024].

Brüggen, K., 2022: „Problematisch sind gleichzeitige soziale Dichte und Isolation“. DNP - Der Neurologe & Psychiater, 23. Jg. (2): 18. Zugriff: <https://doi.org/10.1007/s15202-022-4865-0> [abgerufen am 30.10.2023].

Claßen, T., 2020: Gesundheitsförderliche Stadtentwicklung: Gesundheitsförderliche Stadtentwicklung. IzR – Informationen zur Raumentwicklung, 47. Jg. (1): 4–7.

Deilmann, C.; Lehmann, I.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hrsg.), 2017: Stadt im Spannungsfeld von Kompaktheit, Effizienz und Umweltqualität: Anwendungen urbaner Metrik. Berlin, Heidelberg.

Destatis - Statistisches Bundesamt, 2024: Sozialberichterstattung. Zugriff: <https://www.statistikportal.de/de/sbe> [abgerufen am 24.06.2024]. Dominici, F.; Peng, R. D.; Bell, M. L.; Pham, L.; McDermott, A.; Zeger, S. L.; Samet, J. M., 2006: Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. JAMA, 295. Jg. (10): 1127–1134.

Dosch, F., 2021: Satellitengestützte Erfassung des Stadtgrüns. Stadtforschung und Statistik. Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker, 34. Jg. (2): 8–16. Zugriff: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-75073-2> [abgerufen am 30.10.2023].

Fehr, R.; Hornberg, C. (Hrsg.), 2018: Stadt der Zukunft – Gesund und nachhaltig. Zugriff: <https://doi.org/10.14512/9783962385064> [abgerufen am 30.10.2023].

Fina, S., 2021: Stadtgrün unter Druck: Vergleichswerte zur urbanen Grünraumversorgung in deutschen Städten. Stadtforschung und Statistik. Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker, 34. Jg. (2): 17–23.

Flacke, J.; Köckler, H., 2015: Spatial urban health equity indicators – A framework-based approach supporting spatial decision making. WIT Transactions on Ecology and The Environment 193: 365–376.

Flacke, J.; Bolte, G.; Schüle, S.; Köckler, H., 2015: Spatial Indicators For Decision Making To Reduce Urban Health Inequalities. ISEE Conference Abstracts 1/2015. DOI: 10.1289/isee.2015.2015-1410.

Flacke, J.; Schüle, S.; Köckler, H.; Bolte, G., 2016: 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, 13. Jg. (7): 711. DOI: 10.3390/ijerph13070711.

Grunewald, K.; Richter, B.; Meinel, G.; Herold, H.; Syrbe, R-U, 2016: Vorschlag bundesweiter Indikatoren zur Erreichbarkeit öffentlicher Grünflächen. Bewertung der Ökosystemleistung, Erholung in der Stadt! Naturschutz und Landschaftsplanung, 48. Jg. (7): 218–226.

Heaviside, C.; Macintyre, H.; Vardoulakis, S., 2017: The Urban Heat Island: Implications for health in a changing environment. Current Environmental Health Reports, 4. Jg. (3): 296–305.

Hegewald, J.; Schubert, M.; Freiberg, A.; Romero Starke, K.; Augustin, F.; Riedel-Heller, S. G.; Zeeb, H.; Seidler, A., 2020: Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17. Jg. (17): 6175. Zugriff: <https://doi.org/10.3390/ijerph17176175> [abgerufen am 30.10.2023].

Ilius, J.; Roßner, M.; Pieper, J.; Schweikart, J., 2016: Erreichbarkeitsanalyse als Grundlage kommunaler Planung - Ergebnisse und Potenziale von GIS-Analysen am Beispiel der Versorgungssituation mit Spielplätzen in Berlin-Pankow. gis.Science 3/2016: 77–85.

Intelmann, D., 2019: Healthy City – Einführung in ein Stadtkonzept. UFZ Discussion Papers, 2/2019. Leipzig. Zugriff: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssaoar-61976-6> [abgerufen am 30.10.2023].

Kessinger, S., 2017: Luftqualität 2016 in Deutschland. UMID – Umwelt + Mensch Informations-dienst 01: 5–11. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/360/publikationen/umid_01_2017_onlineversion.pdf [abgerufen am 30.10.2023].

Köckler, H.; Sieber, R., 2020: Die Stadt als gesunder Lebensort?! Bundesgesundheitsblatt, 63. Jg. (8): 928–935. Zugriff: <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03176-x> [abgerufen am 30.10.2023].

Köckler, H.; Simon, D.; Agatz, K.; Flacke, J., 2020: Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung. IZR – Informationen zur Raumentwicklung, 47. Jg. (1): 96–109.

Krefis, A. C.; Augustin, M.; Heinke Schlünzen, K.; Oßenbrügge, J.; Augustin, J., 2018: How Does the Urban Environment Affect Health and Well-Being? A Systematic Review. Urban Science, 2. Jg. (1). Zugriff: <https://doi.org/10.3390/urbansci2010021> [abgerufen am 30.10.2023].

Lin, T. P.; Matzarakis, A., 2008: Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. International Journal of Biometeorology, 52. Jg. (4): 281–290.

Marmot, M.; Wilkinson, R., 2005: Social determinants of health. Oxford.

Maziul, W.; Hecht, M., 2010: Umgebungslärm: Anforderungen der Umgebungslärm-Richtlinie und Entwicklung des Lärmschutzrechts in Deutschland. Recht der Umwelt, 42. Jg. (3): 169–177.

MLW BW – Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, 2018a: Städtebauliche Lärmfibel. Rechenregeln. Zugriff: <https://www.staedtebauliche-laermfibel.de/?p=88&p2=2.4.2> [abgerufen am 24.06.2024].

MLW BW – Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, 2018b: Städtebauliche Lärmfibel. Übersicht Richtwerte. Zugriff: <https://www.staedtebauliche-laermfibel.de/?p=8&p2=2.6> [abgerufen am 24.06.2024].

Pieper, J.; Franke, C., 2017: Kartographische Visualisierung in der Gesundheitsgeographie. In: Augustin, J.; Koller D. (Hrsg.): Geographie der Gesundheit. Die räumliche Dimension von Epidemiologie und Versorgung. Berlin: 124–145. DOI: <http://doi.org/10.1024/85525-000>.

Richter, B.; Behnisch, M.; Grunewald, K., 2017: Messansatz zur Grünflächenversorgung von Einwohnern auf Stadt- und Stadtteilebene. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Schwarz, S.; Richter, B. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring IX. Nachhaltigkeit der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung? IÖR Schriften 73. Berlin: 229–239.

Richter, B.; Grunewald, K.; Meinel, G., 2016: Analyse von Wegedistanzen in Städten zur Verifizierung des Ökosystemleistungsindikators „Erreichbarkeit städtischer Grünflächen“. AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, Ausgabe 2: 472–481.

Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, ABl. L 189/12 vom 18.7.2002. Zugriff: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ%3AL%3A2002%3A189%3A0012%3A0025%3ADE%3APDF> [abgerufen am 24.06.2024].

Rigolon, A.; Browning, M. H. E. M.; Jennings, V.; Kang, J.; Song, Y., 2018: Toward a systematic framework for research on the association between environmental attributes and health behaviors: A systematic review. *Journal of Urban Health*, 95. Jg. (4): 496–507.

Schumacher, U.; Lehmann, I.; Behnisch, M., 2016: Modellansatz zur geotopographischen Analyse von Wohngebieten und urbaner grüner Infrastruktur. *AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik*, Ausgabe 2: 540–545.

UBA – Umweltbundesamt, 2010: Lärmwirkungen. Dosis-Wirkungsrelation. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3917_0.pdf [abgerufen am 30.10.2023].

UBA – Umweltbundesamt, 2016: ArcGIS basierte Lösung zur detaillierten, deutschlandweiten Verteilung (Gridding) nationaler Emissionsjahreswerte auf Basis des Inventars zur Emissionsberichterstattung. Dessau-Roßlau. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2016-11-09_griddingtool_greta_langfassung_final.pdf [abgerufen am 30.10.2023].

UBA – Umweltbundesamt, 2019a: Gesunde Luft. Schwerpunkt. Das Magazin des Umweltbundesamtes, 1/2019. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/sp_1-2019_web.pdf [abgerufen am 30.10.2023].

UBA – Umweltbundesamt, 2019b: WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190805_uba_pos_who_umgebungslarm_bf_0.pdf [abgerufen am 30.10.2023].

UBA – Umweltbundesamt, 2022: Lärmaktionsplanung. Empfehlungen zu Umwelthandlungszielen. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2380/bilder/empfehlungen_zu_ausloesekriterien_fuer_die_laermaktionsplanung_1545x775px_0.png [abgerufen am 24.06.2024].

Vittinghoff, M.; Simon, D.; Köckler, H., 2023: Screening umweltbezogener Ungerechtigkeit in Städten mit dem SUHEI-Modell: Das Anwendungsbeispiel Duisburg. In: *Stadtforschung und Statistik: Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker*, 36. Jg. (1): 9–18. Zugriff: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ss0ar-86684-0> [abgerufen am 30.10.2023].

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ausschnitt aus einer Ergebnisdarstellung einer DaKIS	6
Abbildung 2:	Vier-Phasen-Modell einer Datenbasierten Kleinräumigen Indikatorgestützten Stadtraumanalyse (DaKIS)	8
Abbildung 3:	Arbeitsschritte der 2. Phase (Konzipieren)	10
Abbildung 4:	Lärmbelastung auf Basis von Planungsräumen	20
Abbildung 5:	Schematische Darstellung des SUHEI-Modells	26
Abbildung 6:	Arbeitsschritte und Detailgliederung 3. Phase (Umsetzen)	27
Abbildung 7:	Berechnung des Indikators „Thermische Belastung“ in München	28
Abbildung 8:	Berechnung des Indikators „Wohnungsnaher Grünversorgungsgrad“ in Gelsenkirchen	30
Abbildung 9:	Normierung am Umsetzungsbeispiel „Thermische Belastung“ in München	33
Abbildung 10:	Korrelationsmatrix von Einzelindikatoren zur umweltbezogenen Belastung	35
Abbildung 11:	Gesamtbelastungsindikator in Steglitz-Zehlendorf von Berlin	36
Abbildung 12:	Korrelationsmatrix von Einzelindikatoren zur umweltbezogenen Entlastung	37
Abbildung 13:	Gesamtentlastungsindikator in Steglitz-Zehlendorf von Berlin	38
Abbildung 14:	Univariater Gesamtindikator in Steglitz-Zehlendorf von Berlin	39
Abbildung 15:	Bivariate Darstellung des Gesamtindikators in Steglitz-Zehlendorf	40
Abbildung 16:	Bipolare Karte und Planungsräume mit ungünstiger Gesundheits- und Sozialstruktur im bezirksinternen Vergleich	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beschreibung der Belastungsfaktoren	11
Tabelle 2:	Beschreibung der Entlastungsfaktoren	12
Tabelle 3:	Beschreibung der Faktoren der Sozialstruktur	13
Tabelle 4:	Datenbeispiele zu den Belastungsfaktoren	14
Tabelle 5:	Datenbeispiele zu den Entlastungsfaktoren	16
Tabelle 6:	Datenbeispiele zu den Faktoren der Sozialstruktur	18
Tabelle 7:	Hinweise zur Indikatordefinition für die Belastungsfaktoren	21
Tabelle 8:	Hinweise zur Indikatordefinition für die Entlastungsfaktoren	23
Tabelle 9:	Hinweise zur Indikatordefinition für die Sozialstruktur	25
Tabelle 10:	Ausgewählte Daten aus dem ATKIS Basis-DLM zu den Themen Siedlung und Vegetation	29