

### Screening umweltbezogener Ungerechtigkeit in Städten mit dem SUHEI-Modell: Das Anwendungsbeispiel Duisburg

Vittinghoff, Myriam; Simon, Daniel; Köckler, Heike

Veröffentlichungsversion / Published Version

Zeitschriftenartikel / journal article

#### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Vittinghoff, M., Simon, D., & Köckler, H. (2023). Screening umweltbezogener Ungerechtigkeit in Städten mit dem SUHEI-Modell: Das Anwendungsbeispiel Duisburg. *Stadtforschung und Statistik : Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker*, 36(1), 9-18. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-86684-0>

#### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-SA Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Weitergabe unter gleichen Bedingungen) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de>

#### Terms of use:

This document is made available under a CC BY-NC-SA Licence (Attribution-NonCommercial-ShareAlike). For more information see:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

Myriam Vittinghoff, Daniel Simon, Heike Köckler

# Screening umweltbezogener Ungerechtigkeit in Städten mit dem SUHEI-Modell

## Das Anwendungsbeispiel Duisburg

*Das Spatial Urban Health Equity Indicators (SUHEI) Modell erlaubt es, gesundheitsrelevante Determinanten in einem innerstädtischen Vergleich darzustellen und Teilräume mit besseren gesundheitlichen Bedingungen von solchen mit schlechteren zu unterscheiden. Neben einem Screening von Einzelindikatoren ist auch eine Betrachtung von Mehrfachbelastungen sowie ein Bezug zu Bevölkerungsgruppen, die im Hinblick auf die Umweltfaktoren vulnerabel sind, möglich. Das SUHEI-Modell wird für die*

*Stadt Duisburg mit verschiedenen Indikatoren angewendet und umweltbezogene Verteilungsgerechtigkeiten deutlich.*

*Als Umweltindikatoren wurden für die Analyse zwei Stressoren – Lärm und Hitzebelastung – sowie zwei Ressourcen – Grün- und Blauräume – ausgewählt, die dann in einer Mehrfachbelastungsanalyse mit dem Vulnerabilitätsmerkmal SGB-II-Quote in Bezug gesetzt und kartografisch dargestellt wurden.*

### Myriam Vittinghoff

Bachelor in Gesundheitsdaten und Digitalisierung an der Hochschule für Gesundheit im Department of Community Health, studiert derzeit im Master eHealth an der Hochschule Flensburg, arbeitet in verschiedenen Projekten zu digitalen Methoden partizipativer Sozialraumanalyse, hat in ihrer Bachelorarbeit das SUHEI-Modell für die Stadt Duisburg angewendet und um das Thema Wasser in der Stadt erweitert.

 [mvinghoff@hs-gesundheit.de](mailto:mvinghoff@hs-gesundheit.de)

### Daniel Simon

wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Department of Community Health der Hochschule für Gesundheit in Bochum, Forschungsschwerpunkt: gesundheitsfördernde Stadtentwicklung, Potenziale digitaler Partizipationsmethoden.

 [daniel.simon@hs-gesundheit.de](mailto:daniel.simon@hs-gesundheit.de)

### Prof. Dr. Heike Köckler

Professorin für Sozialraum und Gesundheit im Department of Community Health der Hochschule für Gesundheit in Bochum, Forschungsschwerpunkte: gesundheitsfördernde Stadtentwicklung, umweltbezogener Gerechtigkeit, hat 2013 das SUHEI-Modell gemeinsam mit Dr. Johannes Flacke von der UT Twente entwickelt.

 [heike.koeckler@hs-gesundheit.de](mailto:heike.koeckler@hs-gesundheit.de)

### Schlüsselwörter:

StadtGesundheit – SUHEI-Modell – Umweltgerechtigkeit – Urban Health – Vulnerabilität

In der gleichen Stadt zu wohnen, bedeutet nicht, die gleichen Lebensverhältnisse zu teilen. Im Ballungsraum des Ruhrgebiets können sozioökonomische sowie umweltbezogene Verteilungen beobachtet werden, die sich geografisch verorten lassen und quer durchs Ruhrgebiet verlaufen. Sie teilen diese Städtereion in einen deprivierten Norden und einen ökonomisch besser gestellten Süden. Die Autobahn A40 stellt hier die Grenze zwischen Nord und Süd dar und trägt daher den Beinamen „Sozialäquator“ (Jeworutzki et al. 2017: 33; Kersting et al. 2009: 142–145). Soziale Ungleichheit und ungleiche Lebensverhältnisse schlagen sich in verschiedenen Faktoren nieder, auch in Morbidität und Mortalität der Bevölkerung. Die während der Industrialisierung gewachsenen Strukturen haben auch eine Bedeutung für aktuelle Themen wie die Klimawandelfolgen. So sind die Folgen des Klimawandels nicht für alle Menschen in allen Lebensverhältnissen gleich. Mehrfachbelastungen sowie unterschiedliche Vulnerabilität in der Bevölkerung gegenüber Hitze, bspw. aufgrund von Vorbelastungen oder Alter, sind zu berücksichtigen (Köckler 2020).

Die Betrachtung sozialer Ungleichheit im Hinblick auf Umweltfaktoren wird mit dem Begriff der umweltbezogenen Ungerechtigkeit umschrieben, wobei umweltbezogene Gerechtigkeit ein Leitbild ist, das verfolgt wird (Köckler 2017). Häufig wird auch der Begriff Umweltgerechtigkeit verwendet (Bolte et al. 2012). Die Beschäftigung mit der Thematik wird im Hinblick auf Städte und mit Fokus auf die menschliche Gesundheit unter dem Begriff StadtGesundheit behandelt. Dieser Zugang legt demnach nahe, sich mit diesen ungleichen Verteilungen und deren Bewertung auseinanderzusetzen und sie unter dem Aspekt gleichwertiger Lebensverhältnisse zu betrachten (Baumgart et al. 2018: 48).

In diesem Beitrag wird eine Methode zu einem indikatorenbasierten räumlichen Screening umweltbezogener Ungerechtigkeit für Städte anhand bestehender kommunaler Daten beschrieben. Den theoretischen Rahmen liefert das Spatial Urban Health Equity Indicators Model (SUHEI-Modell). Das SUHEI-Modell wurde bereits mehrfach kontextbezogen angewendet (Flacke et al. 2016; Köckler et al. 2020). In diesem Beitrag werden erstmals Wasserflächen als gesundheitsbezogene Ressource in die Analyse einbezogen.

Im Folgenden werden das SUHEI-Modell im Allgemeinen, die GIS-basierte Methodik seiner Anwendung sowie die Integration von Wasserflächen neben weiteren Indikatoren am Beispiel der Stadt Duisburg als konkrete Anwendung des Modells dargelegt. Der Beitrag endet mit einer Diskussion über Nutzen, Grenzen und Entwicklungsmöglichkeiten des Modells.

### Umweltbezogene Ungerechtigkeit erfassen

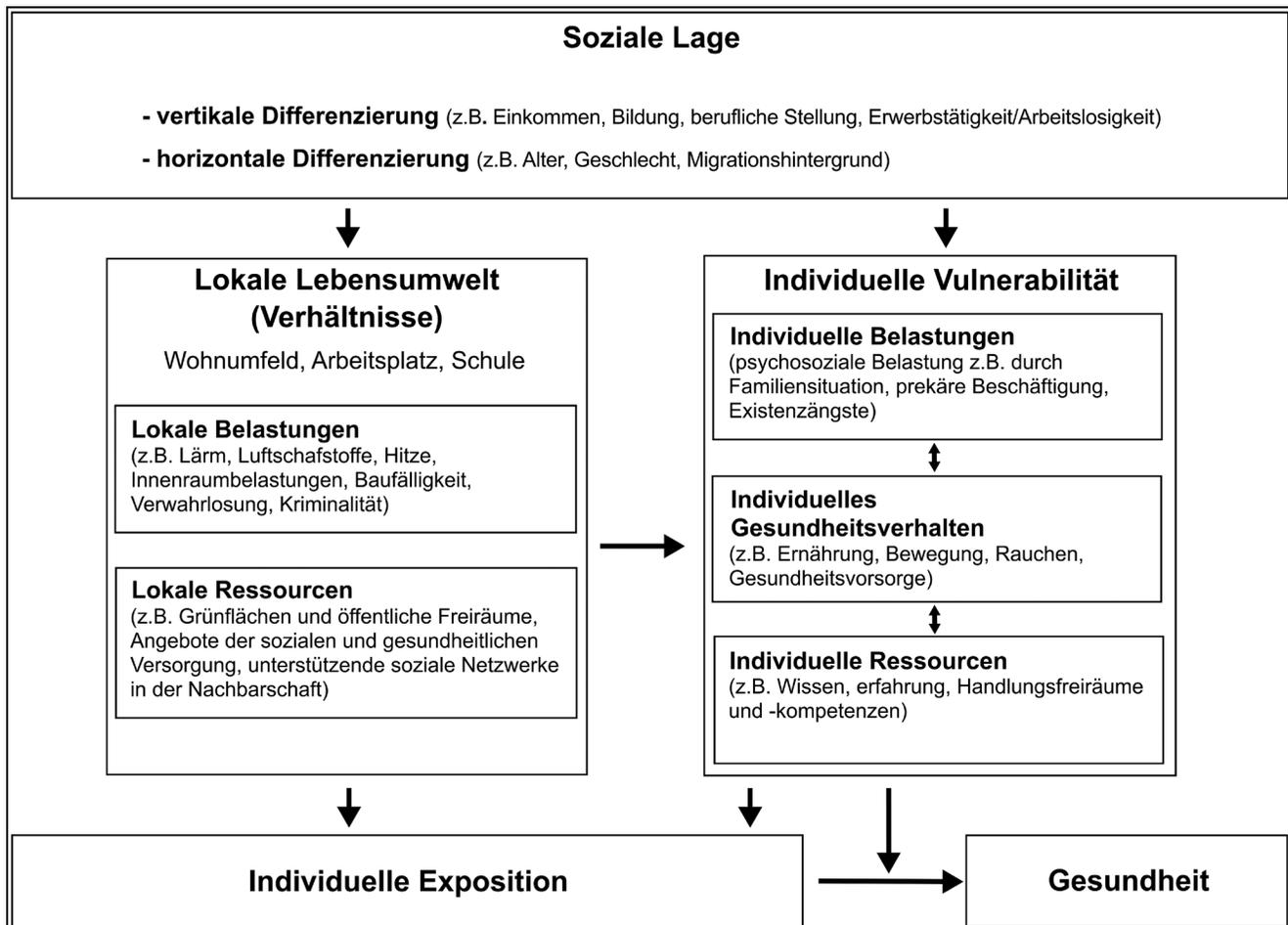
Ein Modell zur Erklärung gesundheitlicher Effekte von umweltbezogener Ungerechtigkeit ist das Modell von Bolte et al. (2012) (Abb. 1). Das Modell zeigt, dass die soziale Lage sowohl die lokale Lebensumwelt, in der jemand lebt, als auch die individuelle Vulnerabilität dieser Person beeinflusst. Verschiedene

Faktoren bestimmen sowohl die lokale Lebensumwelt als auch die individuelle Vulnerabilität. Vulnerabilität beschreibt die Verletzlichkeit eines Individuums oder einer Community in einer spezifischen Situation. Die verfügbaren Ressourcen und Lebensverhältnisse sind entscheidend dafür, wie vulnerabel eine Person ist, also wie gut sie mit dieser Situation umgehen kann (Blaikie 1994; Cutter 2006; Christmann et al. 2011). Nur wenn eine Belastung oder Ressource orts- und zeitgleich auf Bevölkerung trifft, also Teil der Lebensumwelt einer Person ist, ist von einer Exposition zu sprechen. Eine Überflutung eines nicht bewohnten Auengebiets ist Teil des Ökosystems, während die Überflutung im Ahrtal im Jahr 2021 zur Exposition der dortigen Bevölkerung geführt hat und die Vulnerabilität individuell, aber auch strukturell hoch war.

#### Das SUHEI-Modell

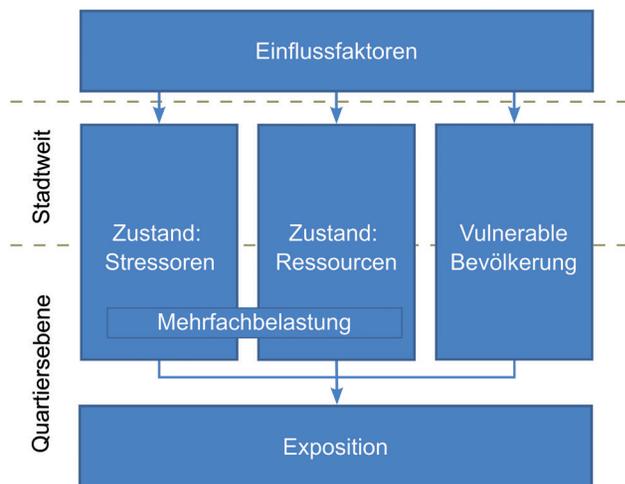
Das in Abbildung 2 dargestellte SUHEI-Modell (Spatial Urban Health Equity Indicators) (Flacke und Köckler 2015; Flacke et al. 2016) wurde als theoretischer Rahmen für ein indikatorenbasiertes Screening unter besonderer Berücksichtigung sozialer Ungleichheiten bei Gesundheit und Umwelt konzipiert. Es verknüpft – auf den städtischen Kontext bezogen – umweltbezogene und soziale Determinanten von Gesundheit in Form räumlicher Indikatoren und dient diesbezüglich als Screening-

Abbildung 1: Modell des Zusammenhangs zwischen sozialer Lage, Umwelt und Gesundheit



Quelle: Bolte et al. 2012: 26 (Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Hogrefe Verlags, vormals Hans Huber)

Abbildung 2: Das Spatial Urban Health Equity Indicators Modell (SUHEI)



Quelle: Köckler et al. 2020: 101 (Abdruck mit freundlicher Genehmigung der IZR-Nachrichten)

Werkzeug für gerechtigkeitsgeleitete räumliche Planung. Das SUHEI-Modell basiert auf dem DPSEEA-Indikatorenmodell (Driving Force, Pressure, State, Exposure, Effect, Action) (Briggs & WHO 1999; Morris et al. 2006, zur Ableitung siehe Flacke und Köckler 2015).

In Anlehnung an das Modell des Zusammenhangs zwischen sozialer Lage, Umwelt und Gesundheit in Abbildung 1 stehen drei Typen von Zustandsindikatoren im Zentrum des SUHEI-Modells: Umweltstressoren, Umweltressourcen und vulnerable Bevölkerung. Umweltstressoren und -ressourcen bilden lokal relevante umweltbedingte Belastungen ab, wie schlechte Luftqualität, Hitze oder Lärm, und Ressourcen wie Grün- oder Wasserflächen. Je nach Planungskontext können andere Indikatoren relevant sein. So sind für eine Spielleitplanung andere Grünflächen als Ressourcen zu betrachten als für Klimaanpassung. Für die Klimaanpassung können Friedhöfe und begrünte Straßenbahnschienen relevant sein, die beide als Spielflächen auszuschließen sind.

Die vulnerable Bevölkerung wird durch Indikatoren der sozialen Lage, wie zum Beispiel Anteil der Personen mit Migrationshintergrund oder Einkommensverteilung pro Raumeinheit, abgebildet. Da viele Kommunen in Deutschland keine flächendeckenden Datenbestände zu den in Abbildung 1 dargestellten Indikatoren individueller Vulnerabilität haben, repräsentieren die Indikatoren sozialer Lage die Vulnerabilität der Bevölkerung gegenüber Umweltbelastungen.

Dem Leitbild umweltbezogener Gerechtigkeit folgend lässt sich innerhalb einer Stadt eine unverhältnismäßige Exposition bestimmter sozioökonomischer Gruppen zu ausgewählten Umweltbelastungsfaktoren und fehlenden Ressourcen abbilden. Diese Belastungen und Ressourcen werden ausgewählt, da sie in epidemiologischen Studien als bedeutende Gesundheitsdeterminanten nachgewiesen wurden (bspw. Landrigan et al. 2017; Watts et al. 2015). Das SUHEI-Modell dient somit nicht dem erneuten Nachweis gesundheitlicher Wirkungen

einzelner Determinanten und enthält keine Gesundheitsindikatoren zu Mortalität und Morbidität. Diese können in der Diskussion von Ergebnissen berücksichtigt werden.

Aufgrund der Relevanz von Mehrfachbelastungen bietet das Modell auch die Möglichkeit, diese basierend auf den Einzelindikatoren darzustellen und ins Verhältnis mit exponierter Bevölkerung zu setzen. Um als einfaches Screening Tool einsetzbar zu sein und die Themen umweltbezogene Gerechtigkeit und soziale Ungleichheit bei Umwelt und Gesundheit in den kommunalen Kontext zu integrieren, wird mit kommunal verfügbaren Daten gearbeitet. Das Ziel des SUHEI-Modells ist somit nicht, einen kommunalen Vergleich anzustellen, sondern eine dem spezifischen Planungskontext und der lokalen Datenverfügbarkeit entsprechende Analyse bereitzustellen.

Stressoren und Ressourcen werden durch Einflussfaktoren (Driving-Force im DPSEEA-Modell) wie zum Beispiel Verkehrsbelastung auf verschiedenen räumlichen Ebenen determiniert und führen im Ergebnis zu einer spezifischen Exposition. Die folgende Analyse fokussiert auf die Darstellung von Verteilungsgerechtigkeit in Duisburg. Die Bedeutung der einzelnen Einflussfaktoren wird nicht dargestellt.

### Zur generellen Anwendung des SUHEI Modells

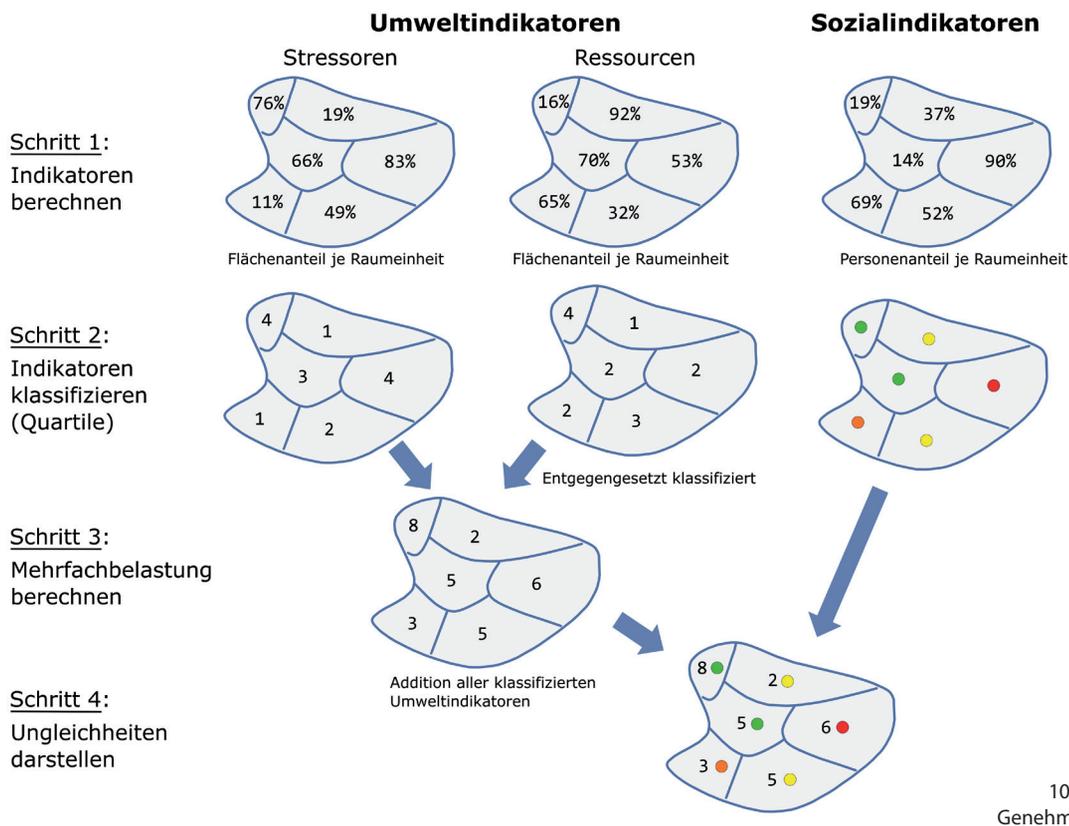
Ausgehend von dem in Abbildung 1 skizzierten Modell sowie dem Anspruch, relative Ungleichverteilung von Umweltfaktoren in einer Stadt abzubilden, wird in Anwendung des SUHEI-Modells das folgende Vorgehen gewählt (Abb. 3).

In einem ersten Schritt werden Indikatoren zur Beschreibung des Zustands von Ressourcen und Stressoren für Teilräume der Stadt berechnet. Hierbei werden jeweils Flächenanteile des betrachteten Indikators je Raumeinheit ermittelt, zum Beispiel: der Anteil einer verlärmten Fläche in Prozent der Fläche des betrachteten Teilraums. Zur Ermittlung bestimmter Umweltbelastungsindikatoren werden gängige Richt- und Grenzwerte verwendet, wie etwa der Flächenanteil, der mit Lärm von mindestens 70 dB(A)  $L_{den}$  belastet ist (MUNLV 2008). Indikatoren der sozialen Lage werden als Quote mit dem jeweiligen Merkmal zur Gesamtbevölkerung der Raumeinheit ermittelt.

In einem zweiten Schritt wird jeder der betrachteten Indikatoren für sich über Quartile kategorisiert. Umweltstressoren werden von 1 = Belastung gering bis 4 = Belastung sehr hoch klassifiziert, Umweltressourcen genau andersherum (1 = Anteil sehr hoch, 4 = Anteil gering). So kann im Sinne umweltbezogener Verteilungsgerechtigkeit die relative Belastung verschiedener Teilräume verglichen werden. Indikatoren der sozialen Lage werden entsprechend von 1 (= wenig vulnerabel) bis 4 (= sehr stark vulnerabel) klassifiziert.

In einem dritten Schritt werden die über Quartile klassifizierten Umweltindikatoren aufaddiert, um so Mehrfachbelastungen zu erfassen. In Abhängigkeit von der Anzahl der verwendeten Indikatoren wird die Mehrfachbelastung dargestellt. Werden beispielsweise vier Indikatoren verwendet, wäre ein Raum mit 16 Punkten maximal mehrfachbelastet, wohingegen ein Raum mit nur vier Punkten aus allen Kategorien zu den am wenigsten belasteten Räumen zählt. Der so ermittelte Indexwert sagt weder etwas über die Wechselwirkung der einzelnen Indikatoren aus noch über die Überschreitung gesetzlicher

Abbildung 3: Ermittlung der Mehrfachbelastung im SUHEI Modell



Grenzwerte, sondern bildet den relativen Vergleich im Hinblick auf gesundheitsrelevante Stressoren und Ressourcen innerhalb der Stadt ab. Über die Standardisierung der Quartilsbildung pro Indikator ist die Integration zu einem Index für umweltbezogener Mehrfachbelastung methodisch vertretbar.

In einem abschließenden vierten Schritt werden etwaige soziale Ungleichheiten in der Mehrfachbelastung abgebildet. Dazu wird die flächenhafte Kartendarstellung der Mehrfachbelastung in vier Klassen mit der Punktdarstellung der Vulnerabilität der Bevölkerung in Form eines ausgewählten Indikators der sozialen Lage überlagert.

### Die Stadt Duisburg

Die kreisfreie Stadt Duisburg liegt im Dreieck zwischen dem westlichen Ruhrgebiet, der Region Niederrhein und dem Rheinland. Die industrielle Historie prägt das Stadtgebiet noch heute kontrastreich: Die Eisen- und Stahlindustrie bietet tausende Arbeitsplätze, rund 13 % der Bevölkerung arbeiten in der Metallerzeugung und -bearbeitung (Stadt Duisburg 2021a). Stillgelegte Werke wurden zu Industriedenkmalern umgewidmet und bieten Platz für Erholung, Tourismus und Kultur, der Landschaftspark-Nord ist überregional bekannt. Die Duisburger Häfen sind Logistikkreuzung zwischen europäischer See und Land und prägen das Stadtbild nicht nur im Hafenstadtteil Ruhrort. Das Stadtgebiet zählt mehr als zwanzig Seen, zahlreiche Wälder und Naturschutzgebiete. Die rund 500.000 Einwohner\*innen gelten jedoch im Vergleich zum Bundesdurchschnitt als arm, mit einem verfügbaren Pro-Kopf-Einkommen von 17.741 Euro belegt Duisburg den vorletzten

Platz der Einkommensstatistik vor Gelsenkirchen (Seils und Pusch 2022). Auch die SGB-II-Quote liegt über dem nordrhein-westfälischen Durchschnitt (Bundesagentur für Arbeit 2022). Als sozioökonomisch benachteiligt gelten in Duisburg meist die Stadtteile, die als ehemalige Hütten- und Bergbausiedlungen besonders vom Strukturwandel betroffen waren.

### Anwendung des SUHEI-Modells in Duisburg

Für die Anwendung des SUHEI-Modells boten sich aufgrund der Struktur von Duisburg und der Datenverfügbarkeit gleich vier gesundheitsrelevante Umweltindikatoren als Berechnungsgrundlage an: Lärm, Hitzeinseln, Grünflächen und Blauräume. Als Indikator der sozialen Vulnerabilität wurde die SGB-Quote zum Stichtag 31.12.2020 einbezogen. Die Berechnungen erfolgten über die Geoinformationssoftware QGIS 3.22.9 auf Ortsteilebene (N=46) mit Datensätzen von der Stadt Duisburg, aus dem Open-Data-Portal der Stadt Duisburg und vom Regionalverband Ruhr.

### Ausgewählte Indikatoren

Als Stressoren wurden Straßenverkehrslärm und Hitzebelastung in die Analyse einbezogen, als Ressourcen Grünflächen und Wasserflächen. In der vorliegenden Studie diente die SGB-II-Quote als Indikator der Dimension ‚Soziale Lage‘ und repräsentiert somit Bevölkerung, die gegenüber Umweltbelastungen vulnerabel ist. Die verwendeten Einzelindikatoren und ihre Operationalisierung sowie Datenquellen sind in Tabelle 1 abgebildet.

Tabelle 1: Indikatoren, Operationalisierung und Datenquellen

Indikator	Lagemaß <sup>a</sup>	Lagemaß ausformuliert <sup>b</sup>	Flächenanteil	Datenquelle
Lärm (Stressor)	≤ Q1 > Q1 ≤ Q2 > Q2 ≤ Q3 > Q3	1. Infracartilbereich inklusive 1. Quartil 1. Interquartilbereich inklusive 2. Quartil/Median 2. Interquartilbereich inklusive 3. Quartil 3. Supracartilbereich	gering mittel hoch sehr hoch	Stadt Duisburg, Umweltamt, Stand 2017
Hitze (Stressor)	≤ Q1 > Q1 ≤ Q2 > Q2 ≤ Q3 > Q3	1. Infracartilbereich inklusive 1. Quartil 1. Interquartilbereich inklusive 2. Quartil/Median 2. Interquartilbereich inklusive 3. Quartil 3. Supracartilbereich	gering mittel hoch sehr hoch	Stadt Duisburg, Open Data Portal, Hitzeinseln, Stand 2010
Grünräume (Ressource)	≤ Q1 > Q1 ≤ Q2 > Q2 ≤ Q3 > Q3	1. Infracartilbereich inklusive 1. Quartil 1. Interquartilbereich inklusive 2. Quartil/Median 2. Interquartilbereich inklusive 3. Quartil 3. Supracartilbereich	gering mittel hoch sehr hoch	Regionalverband Ruhr (RVR) Flächennutzungskartierung, Stand 2019
Blauräume (Ressource)	≤ Q1 > Q1 ≤ Q2 > Q2 ≤ Q3 > Q3	1. Infracartilbereich inklusive 1. Quartil 1. Interquartilbereich inklusive 2. Quartil/Median 2. Interquartilbereich inklusive 3. Quartil 3. Supracartilbereich	gering mittel hoch sehr hoch	Regionalverband Ruhr (RVR) Flächennutzungskartierung, Stand 2019
SGB-II-Quote (Vulnerabilität)	≤ Q1 > Q1 ≤ Q2 > Q2 ≤ Q3 > Q3	1. Infracartilbereich inklusive 1. Quartil 1. Interquartilbereich inklusive 2. Quartil/Median 2. Interquartilbereich inklusive 3. Quartil 3. Supracartilbereich	gering mittel hoch sehr hoch	Stadt Duisburg, Umweltamt, Stand 31.12.2020

Räumliche Bezugsebene Ortsteil (N=46).

<sup>a</sup> Lagemaß: Quartil ,Q'; Q2 = Median

<sup>b</sup> ausformulierte Lagemaße nach Kutschmann et al. 2022

### Straßenverkehrslärm

Straßenverkehrslärm kann zu gesundheitlichen Schädigungen führen, unabhängig davon, in welcher Intensität er subjektiv wahrgenommen wird (Arndt 2012: 85 ff.). Neben Hörschädigungen und Tinnitus kann Straßenverkehrslärm beispielsweise Ursache für Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie Bluthochdruck oder Myokardinfarkt sein und zahlreiche weitere Erkrankungen begünstigen (WHO 2018: 30–48). Lärmpegelreduktionen um 10 dB(A) können bereits signifikante Verbesserungen bewirken (Babisch 2014).

Im Rahmen der Umgebungslärmrichtlinie der EU sind umfangreiche Lärmkartierungen erforderlich, der in diesem Zusammenhang erhobene Lärmindex STR-L<sub>DEN</sub> stellt einen über alle 24 Stunden des Tages und den Verlauf eines Berichtsjahres gemittelten Dauerschallpegel des Straßenverkehrslärms in Dezibel (dB[A]) dar (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen 2020). Da Straßenverkehrslärm eine wesentliche urbane Lärmquelle ist und auch in Duisburg die größte Lärmbelastung darstellt (Stadt Duisburg 2021b), wurde dieser Indikator ausgewählt.

### Hitzebelastung

Starke Hitzebelastung kann insbesondere bei Kleinkindern oder alten Menschen gravierende gesundheitliche Effekte hervorrufen, die sich im drastischsten Fall durch steigende Sterberaten abzeichnen oder akute Gesundheitsfolgen wie Hitzschlag oder Sonnenstich zu Folge haben (Kemen & Kistemann 2019: 116 f.). Steigende Temperaturen aufgrund klimatischer Veränderungen bringen zahlreiche gesundheitliche Folgen mit sich, für die Städte und der Gesundheitssektor gewappnet sein sollten (Huber et al. 2020: 9). Die Hitzebelastung wurde anhand vom Regionalverband Ruhr kartografierter Hitzeinseln ermittelt (Snowdon und Rauch 2010).

### Grünflächen

Grünflächen stellen eine gesundheitliche Ressource im städtischen Raum dar und umfassen vor allem unbebaute Vegetationsflächen im Stadtgebiet (Rittel et al. 2014: 15). Grünflächen sind beispielsweise Parks, Wälder oder Friedhöfe oder punktuelle Begrünung in Form von Straßenbäumen, Straßenbegleit- oder Bauwerksgrün (ebd.; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit [BMUB] 2015: 7). Urbanes Grün kann vielfältigen positiven Einfluss auf die Gesundheit der Stadtbevölkerung haben, beispielsweise die Lebensqualität erhöhen und zu Bewegung anregen und somit das Risiko für stressbedingte oder kardiovaskulären Erkrankungen senken (Brei und Hornberg 2009; Rittel et al. 2014: 18–21, 65 ff.; Claaßen und Bunz 2018). Erreichbarkeit von und Zugang zu Stadtgrün sind ausschlaggebend für die gesundheitliche Wirkung und haben auch im Rahmen der Corona-Pandemie an sozialer Bedeutung gewonnen (Ptock 2016; Claaßen und Bunz 2018; Kleinschroth und Kowarik 2020). Zur Betrachtung von gleichberechtigter Allokation der Grünflächen im Stadtgebiet i. S. v. Umweltgerechtigkeit werden daher Flächen mit einer Pufferzone von 400 Metern in die Analyse einbezogen, die öffentlich nutzbar und unabhängig von Privateigentum zur Verfügung stehen.

### Blauräume

Auch Gewässer – oder Blauräume – als sichtbares sowie erlebbares Inventar einer Stadt können gesundheitsschützende bzw. -fördernde Wirkung haben: Neben Klimaregulation, Durchlüftung und Schadstoffreduzierung können sie Lärmbelastungen mindern und als Freizeit- und Erholungsflächen dienen sowie zur Stressminderung beitragen (Kistemann und Völker 2014: 8; Kistemann 2018; Völker und Baumeister 2020: 114; Beute et al. 2021). Duisburg liegt an Rhein und Ruhr, das

Stadtbild wird durch den größten Binnenhafen der Welt mit seinen zahlreichen Hafengebieten und den zum Wohn- und Freizeitgebiet umgewidmeten Innenhafen geprägt; im gesamten Stadtgebiet bieten mehr als 20 Seen Raum für Freizeit, Sport und Erholung. In die Analyse wurden daher Blauräume mit gesundheitsförderndem oder -schützendem Potenzial eingebunden – wie fließende Gewässer, Seen und Teiche, Kanäle und Hafengewässer – auch hier wurde ein Erreichbarkeitspuffer von 400 Metern einkalkuliert.

## Ergebnisse der Einzelanalysen

Im Folgenden werden die Berechnungsergebnisse der betrachteten Indikatoren dezidiert betrachtet und beschrieben. Die einzelnen Indikatoren wurden, wie oben ausgeführt, berechnet. Die kartografische Grundlage der Beschreibung findet sich in Abbildung 4.

### Umweltindikator (a): Straßenverkehrslärm

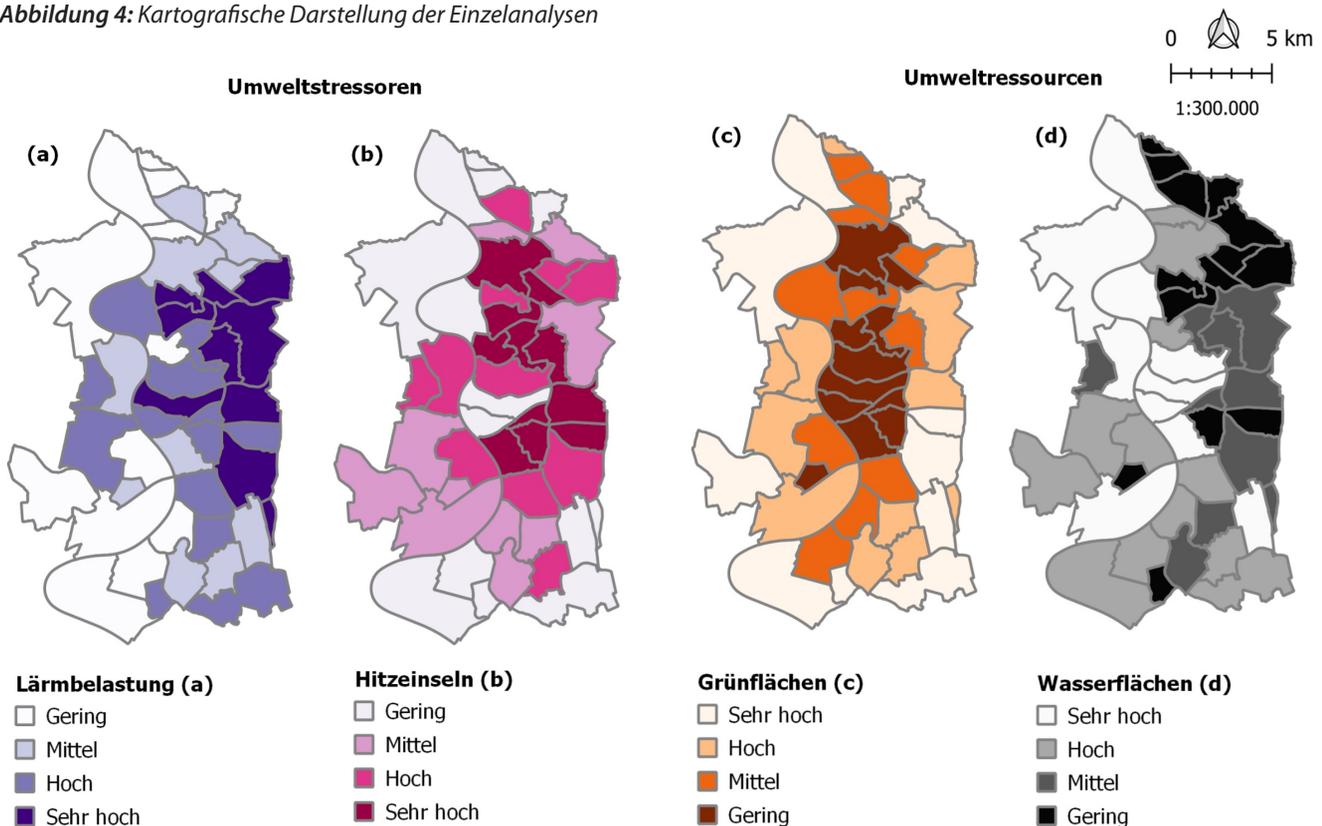
Im relativen Vergleich sehr hoch lärmbelastete Ortsteile durch Straßenverkehr im 24-Stunden Mittel ( $L_{den}$ ) finden sich am östlichen Stadtrand in Form einer Nord-Süd-Achse mit zwei Ausläufern in Richtung Westen. In diesen Bereichen wird das Stadtgebiet von den Autobahnen A3 und A59 (Nord-Süd) sowie A40 und A42 (West-Ost) durchquert, die an vier Autobahnkreuzen im Stadtgebiet aufeinandertreffen. Ausgehend von diesem, durch Verkehrslärm sehr hoch belasteten Cluster,

vermindert sich die Lärmbelastung in Richtung Norden, Süden und Westen. Hier liegen überwiegend hohe bis mittlere Lärmbelastungen vor. Die relativ am geringsten von Verkehrslärm betroffenen Ortsteile finden sich im äußeren Südwesten und Nordwesten der Stadt. Jene Bereiche sind in (unmittelbarer) Nähe des Rheins gelegen und grenzen teilweise an größere unbebaute Flächen. Der prozentuale Anteil lärmbelasteter Fläche je Monitoringraum ist im Ortsteil Alt-Walsum mit 5 % am niedrigsten, im nahe der Autobahn A3 gelegenen Bissingheim mit 94 % am höchsten, der Median (Q2) liegt bei 43 % lärmbelasteter Fläche je Raumeinheit.

### Umweltindikator (b): Hitzebelastung

Durch Hitzeinseln sehr hoch belastete Ortsteile befinden sich im zentralen Osten (Stadtzentrum) sowie Nordosten des Stadtgebiets. Es sei darauf hingewiesen, dass die prozentuale flächenbezogene Betroffenheit der Ortsteile in dieser Belastungskategorie sehr heterogen ausgeprägt ist und zwischen 12 % (Laar) und der mit Abstand höchsten Hitzebelastung im Ortsteil Altstadt bei 81 % liegt. Hohe Belastungslagen treten verteilt über das Stadtgebiet auf, wobei nur ein augenscheinliches Cluster im zentralen Westen vorliegt. Der Großteil von Ortsteilen mittlerer Hitzebelastung bildet ein Cluster von Südwesten bis in den zentralen Süden Duisburgs. Gering belastete Gebiete finden sich vornehmlich im Nordwesten, Südwesten, sowie im Südosten des Stadtgebiets. Zudem liegen im geografischen Zentrum der Stadt zwei niedrig belastete Stadtteile zwischen dem Stadtzentrum im Süden sowie dem Gebiet des Binnenhafens im Norden.

Abbildung 4: Kartografische Darstellung der Einzelanalysen



Kartografische Bearbeitung: Ivlyriam Vittinghoff, Daniel Simon

Grünflächen, Wasserflächen (2019): Regionalverband Ruhr

Lärmkarte STR  $L_{den}$  (2017), Hitzeinseln (2010, CC BY 3.0 DE), Ortsteile (2019, CC BY 3.0 DE): Stadt Duisburg

**Umweltindikator (c): Grünflächen**

Die Ortsteile mit den geringsten Grünflächenanteilen konzentrieren sich im geografischen Zentrum Duisburgs. Darin enthalten sind das Stadtzentrum (Altstadt 12%) sowie das Gebiet des Binnenhafens. Weiter nördlich findet sich ein weiteres Cluster von drei Stadtteilen und geringer Grünflächenversorgung. Ortsteile der mittleren Versorgungsklasse bilden eine zentrale Nord-Süd-Achse, die die gering versorgten Ortsteile umschließt. Am westlichen, östlichen und südlichen Stadtrand existiert jeweils ein Cluster mit relativ hohen Grünflächenanteilen, während die Ortsteile der höchsten Versorgungsklasse eher vereinzelt in den Randbezirken vorzufinden sind. Die Ortsteile der höchsten Versorgungsklasse (bis zu 70% in Mündelheim und Rahm) beherbergen häufig Waldflächen sowie Dauerwiesen, Weiden und Ackerland, während sich Parkanlagen und Dauergärten über das Stadtgebiet verteilen und vereinzelt auch in gering versorgten Gebieten gelegen sind.

**Umweltindikator (d): Blauräume**

Hinsichtlich der Blauräume in Duisburg lässt sich eine Teilung entlang der Nord-Süd-Achse der Stadt erkennen. So sind Ortsteile mit geringen und mittleren Wasserflächenanteilen fast ausschließlich im Osten der Stadt zu finden, Ortsteile mit hohen und sehr hohen Anteilen hingegen deutlich überwiegend im Westen Duisburgs. Im Nordosten spannen gering versorgte Gebiete einen zusammenhängenden Bogen (Wasserflächenanteil max. 1%), dem sich südlich ein Cluster von Ortsteilen der mittleren Versorgungsklasse anschließt. Hoch versorgte Bereiche sind über das Stadtgebiet verteilt, konzentrieren sich jedoch vorrangig im Süden und Südwesten. Die am besten versorgten Gebiete liegen allesamt direkt am Rhein. Zudem zählt dazu das im geografischen Zentrum der Stadt gelegene Hafenareal (Ruhrort 23%), ferner ein Stadtteil im Südwesten, in dem sich mehrere Seen finden.

**Sozialindikator: SGB-II-Quote**

Im Kontext des SUHEI-Modells wird das bevölkerungsbezogene Vulnerabilitätsmerkmal SGB-II-Quote, ebenso wie die betrachteten Umweltfaktoren, auf Ebene der Bezugsflächen über Quartile klassifiziert. Das Ergebnis der Klassifizierung ist im Unterschied zu den Umweltfaktoren jedoch nicht Gegenstand eines weiteren Berechnungsschrittes, sondern wird der Gesamtbelastungskarte als weitere Kartenebene überlagert.

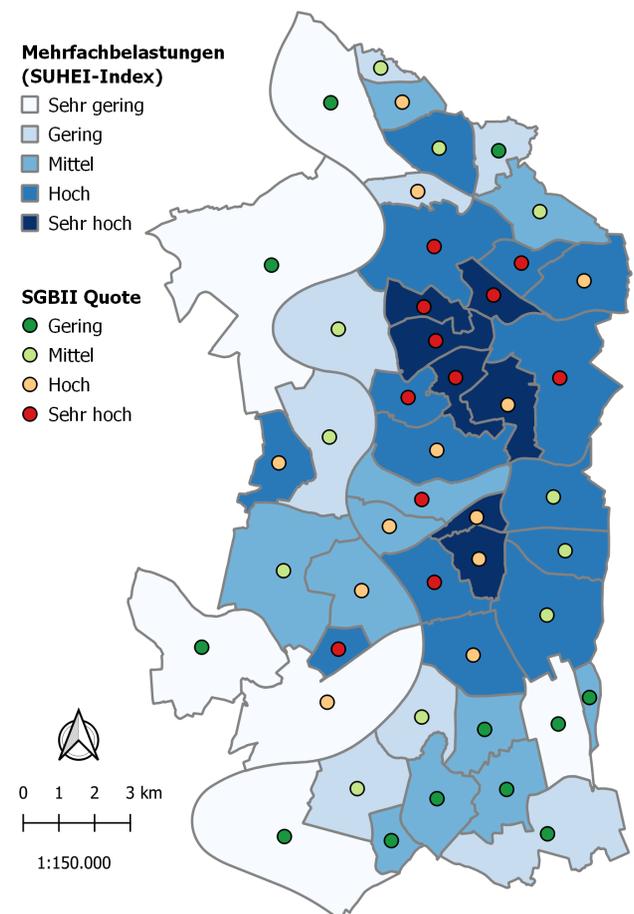
Der Anteil von SGB-II-Empfänger\*innen betrug im Jahr 2020 im stadtweiten Durchschnitt 13,4% (73.916 von 499.854 Einwohner\*innen). Damit lag Duisburg weit über dem NRW-Durchschnitt von 10,9% (MAGS NRW 2023). Kontextualisiert

mit Ruhrgebietsstädten vergleichbarer Größe wie Dortmund (17,5%) oder Essen (18,2%) (ebd.), nimmt Duisburgs SGB-II-Quote jedoch keinen ungewöhnlichen Wert an. Die Spannweite der SGB-II-Quote beträgt 32 Prozentpunkte und reicht von 1,6% im Ortsteil Baerl bis zu 33,6% im Ortsteil Hochfeld. Das Klassifizierungsergebnis der SGB-II-Quote über Quartile ist Tabelle 2 zu entnehmen, eine kartografische Darstellung findet sich in der Gesamtkarte (Abb. 5).

**Ergebnisse der Mehrfachbelastungs-Analyse**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Mehrfachbelastungsanalyse, dem SUHEI-Index beschrieben. Die kartografische Darstellung der Mehrfachbelastungen im Stadtgebiet besteht aus dem klassifizierten SUHEI-Index (choroplethisch dargestellt), der mit dem Vulnerabilitätsmerkmal (SGB II) als Zentroid überlagert wurde. Die Klassifizierung der summierten Punktzahlen der einzelnen Umweltfaktoren erfolgt mittels natürlicher Unterbrechungen (Jenks und Caspall 1971), das Vulnerabilitätsmerkmal ist über Quartile, folgend der Logik des innerstädtischen Vergleichs der betrachteten Umweltfaktoren, klassifiziert.

Abbildung 5: Gesamtkarte der SUHEI-Analyse



Kartografische Bearbeitung: Myriam Vittinghoff, Daniel Simon  
Ortsteile (2012, CC BY 3.0 DE), SGB-II-Quote n (2020):  
Stadt Duisburg

Tabelle 2: Klasseneinteilung der SGB-II-Quote

Vulnerabilitätsmerkmal (Quartile)		
Klasse	Klassengrenzen	Klassengröße
Gering	1,6 bis 5,2%	12
Mittel	5,3 bis 12,4%	11
Hoch	12,5 bis 18,8%	12
Sehr hoch	18,9 bis 33,7%	11

**Verteilung umweltbezogener Mehrfachbelastungen und vulnerabler Bevölkerung**

Der SUHEI-Index kann, ausgehend von den vier betrachteten Umweltfaktoren, Werte zwischen 4 und 16 annehmen, wobei ein höherer Wert eine stärkere Mehrfachbelastung indiziert. Die Klassen des SUHEI-Index in Abbildung 5 (Gesamtkarte) sind in Tabelle 3 (SUHEI-Index Klassen) aufgeschlüsselt.

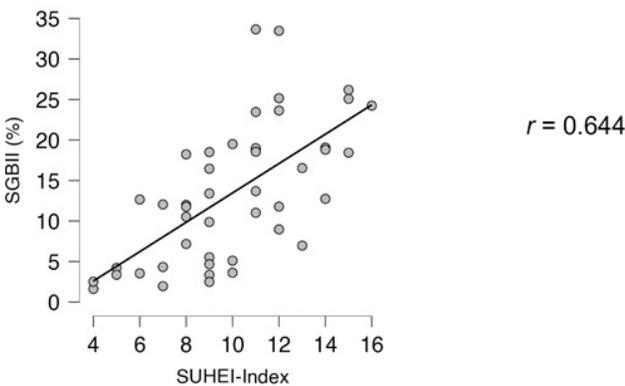
Zentral im nördlichen Stadtgebiet bilden die Ortsteile der höchsten Belastungsklasse ein Cluster, ebenso etwas weiter südlich die beiden Quartiere, die die Stadtmitte bilden. In allen Ortsteilen dieser Belastungsklasse ist der Anteil der SGB-II-Empfänger\*innen an der Gesamtbevölkerung hoch bis sehr hoch. Ortsteile, die gleichzeitig der höchsten Belastungsklasse angehören und einen sehr hohen Anteil vulnerabler Bevölkerung besitzen, werden als Hotspots umweltbezogener Verteilungsgerechtigkeit interpretiert.

Diese zentrale Achse wird nahezu unterbrechungsfrei von Ortsteilen mit hoher Mehrfachbelastung umschlossen. Ausgenommen drei Ortsteile im Südosten sind auch hier überwiegend hohe und sehr hohe Anteile von Haushalten im SGB-II-Bezug vorzufinden. Die mittlere Belastungsklasse bildet zwei Cluster. Eines beginnend im Westen bis ins Zentrum, ein weiteres im Süden der Stadt. Hinsichtlich des Anteils vulnerabler Bevölkerung unterscheiden sich die beiden Cluster deutlich.

Tabelle 3: SUHEI-Index Klassen

Gesamtbelastungsindex (Jenks)		
Klasse	Klassengrenzen	Klassengröße
Sehr gering	4 bis 6 Punkte	6
Gering	7 bis 8 Punkte	8
Mittel	9 bis 10 Punkte	11
Hoch	11 bis 13 Punkte	14
Sehr hoch	14 bis 16 Punkte	7

Abbildung 6: Korrelation zwischen SGB-II-Quote und Mehrfachbelastungen nach SUHEI



Pearsons Korrelationen				
		n	Pearsons r	p
SUHEI-Index	SGB-II (%)	46	0.644***	< .001

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

So finden sich im zentral-westlichen Cluster mittlere bis sehr hohe Anteile von SGB-II-Bedarfsgemeinschaften, während alle Quartiere im südlichen Cluster eine geringe Vulnerabilität ausweisen. Ferner finden sich drei vereinzelte Ortsteile mittlerer Belastung im Südosten, Nordosten und Norden mit geringen bis mittleren Anteilen vulnerabler Bevölkerung.

Gering belastete Ortsteile finden sich überwiegend unzusammenhängend verteilt über das Stadtgebiet, jedoch vornehmlich in äußeren Ortsteilen. Lediglich in zwei Fällen grenzen zwei Ortsteile dieser Belastungsklasse aneinander an (im zentralen Süden und Nordwesten). Die Anteile vulnerabler Bevölkerung innerhalb dieser Belastungsklasse sind überwiegend gering bis mittel. Lediglich für einen Ortsteil im Norden der Stadt ist ein hoher Anteil von SGB-II-Empfänger\*innen ausgewiesen. Ortsteile mit der besten Umweltgüte bzw. geringsten Belastungsklasse sind, mit einer Ausnahme im Südosten, am westlichen Stadtrand gelegen. In allen Stadtteilen sehr geringer Mehrfachbelastung finden sich geringe Anteile vulnerabler Bevölkerung.

Zur Prüfung eines statistischen Zusammenhangs zwischen dem SUHEI-Index und der SGB-II-Quote in Duisburg wurde in JASP 0.16.2 der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Im Ergebnis liegt eine statistisch signifikante starke positive Korrelation ( $r = 0.644^{***}$ ) der betrachteten Faktoren vor. Die kartografisch erkennbaren Muster werden durch das Ergebnis des statistischen Tests untermauert: in Duisburger Ortsteilen mit einer hohen Umweltbelastung leben viele Menschen, die Transferleistungen beziehen.

**Ergebnisdiskussion**

Die Ergebnisse der SUHEI-Analyse für Duisburg, in der erstmals Wasser als Umweltressource in eine SUHEI-Analyse integriert wurde, folgen den Mustern bisheriger Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen sozialer Lage und Umweltgüte am Wohnort. Sozioökonomisch benachteiligte Quartiere sind tendenziell mehr Umweltbelastungen ausgesetzt und somit stärker belastet als im innerstädtischen Vergleich bessergestellte Quartiere. Die Ergebnisse der statistischen Analyse des Zusammenhangs zwischen SGB-II-Quote und SUHEI-Score untermauern diese Beobachtung im Fall von Duisburg.

In Bezug auf den eingangs erwähnten Sozialäquator lassen sich auch in Duisburg Muster entlang von Raumkanten erkennen. Die Teilung in einen „armen“ Norden und „reichen“ Süden durch die A40 mag weniger eindeutig sichtbar sein als in anderen Ruhrgebietsstädten, dennoch liegen alle Duisburger Hotspots (höchste Umweltbelastungsklasse und höchste Klasse vulnerabler Bevölkerung) nördlich der A40. Zudem prägt der Verlauf des Rheins das räumliche Muster des Analyseergebnisses. Die linksrheinisch gelegenen Ortsteile weisen sowohl eine tendenziell höhere Umweltgüte als auch eine sozioökonomisch bevorteilte Bevölkerungsstruktur auf. Dies liegt sicherlich nicht in der bloßen Existenz des Rheins begründet, sondern hat strukturelle und historische Ursachen. Rhein und A40 bilden somit kartografisch markante Raumkanten für die Verteilung von Umweltqualität in Duisburg.

Die zusätzliche Betrachtung von Wasserflächen als Eingangsgröße scheint aus methodischer Sicht möglich und

sinnvoll. Ein mögliches Problem bei Umweltfaktoren, dass deren Flächenanteile je Bezugsfläche zu schiefen Verteilungen neigen (z. B. Hitzeinseln) und somit keine aussagekräftige Klassenbildung in Quartile ermöglichen, wurde im Fall von Duisburg nicht beobachtet. Dies gilt jedoch nur auf der hier betrachteten Bezugsebene der Ortsteile. Bei einer höheren Auflösung der Bezugsfläche, wie etwa 100 m Rasterzellen oder Flurstücken, ist dieser Sachverhalt erneut zu bewerten, da eine kleinere Auflösung eine schiefe Verteilung verstärkt.

Zu beachten ist ebenfalls, dass die SUHEI-Analyse durch Wahl der Indikatoren und deren Ausprägung Spielraum für Forschungsdesiderate bieten. Die hier erstmalig einbezogenen Blauräume können im Duisburger Stadtgebiet sehr unterschiedlichen Funktionen zugeschrieben werden, die anhand der RVR-Flächencodes mitunter nicht differenziert werden können. Gerade im Hafengebiet liegen Wasserflächen mit Ressourcenpotential nur wenige Schritte entfernt von industriellen Nutzungsgebieten; die Zusammenarbeit mit Ortskundigen ist zur Diskussion von Ergebnissen empfohlen.

## Fazit und Ausblick

Mit dem Anwendungsfall Duisburg wurde nach Dortmund, Bochum und Herne eine vierte Ruhrgebietsstadt mit der SUHEI-Methode analysiert. Auch hier wurden ausschließlich bereits bestehende und teils öffentlich zugängliche Daten als Berechnungsgrundlage herangezogen. Neu ist hierbei die Betrachtung von Wasserflächen als Umweltressource. Somit wurden erstmalig zwei Stressoren und zwei Ressourcen dem Modell zugeführt. Es wurden keine methodischen Schwierigkeiten beobachtet und das Analyseergebnis ist plausibel.

Das SUHEI-Modell ist als leicht anwendbares Screening-Tool konzipiert, das umweltbezogene Ungleichverteilungen

im relativen innerstädtischen Vergleich sichtbar machen soll. Bei der Interpretation bzw. dem Nutzen der Ergebnisse und der Auswahl der Eingangsdaten sollte der Nutzungskontext leitend sein. Dies gilt sowohl für die gewählten Umweltfaktoren als auch für das Vulnerabilitätsmerkmal oder auch mehrere dieser. So ist es denkbar, dass die hier durchgeführten Analysen in die Hitzeaktionsplanung oder Lärminderungsplanung der Stadt Duisburg einfließen. In der Stadt Bochum wurden SUHEI-Analysen genutzt, um ruhige Gebiete auszuweiten (Stadt Bochum 2022) und in Herne werden sie zur Priorisierung von Maßnahmen in der Anpassung an den Klimawandel genutzt.

Für die Stadtstatistik wird deutlich, dass das Thema der umweltbezogenen Gerechtigkeit mit bestehenden Daten in verschiedene Prozesse der Stadtentwicklung eingebracht werden kann. Hierzu ist ein ressortübergreifender Blick, der in den Ämtern für Statistik und Geodaten häufig gegeben ist, erforderlich.

Das SUHEI-Modell ist in Ergänzung zum hier präsentierten Stand kontinuierlich in der Weiterentwicklung. So wird an Analysen gearbeitet, die Zusammenhänge nicht nur auf Ebene von Ortsteilen aufzeigen, sondern kleinräumigere Analyse, ggf. auch losgelöst von administrativen Grenzen erlauben. Hier treten neue Herausforderungen wie eine große Anzahl von Raumeinheiten, in denen ein Merkmal nicht ausgeprägt ist, auf. Dies hat Anpassungen der Quantilbildung zur Folge.

Des Weiteren gilt es, dem theoretischen Modell in Abbildung 2 folgend nicht nur umweltbezogene Verteilungsgerechtigkeit aufzuzeigen, sondern auch die Wirkungsweise von Einflussfaktoren darzustellen. Dies wäre dann beispielsweise der Straßenverkehr für Lärm oder die Versiegelung und fehlende Frischluftschneisen für Hitzebelastung. Durch eine Integration von Einflussfaktoren ist wiederum ein deutlicher Bezug zu möglichen Instrumenten kommunaler Planung und Steuerung herstellbar.

## Literatur

Arndt, Wulf-Holger (2012): Verkehrsplanung und Gesundheit – Stadtverkehr und seine gesundheitlichen Folgen. In: Böhme, Christa; Kliemke, Christa; Reimann, Bettina; Süß, Waldemar (Hrsg.): Handbuch Stadtplanung und Gesundheit (S. 85–102). Verlag Hans Huber.

Babisch, Wolfgang (2014): Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: A meta-analysis. In: *Noise Health* 16(68), 1–9.

Baumgart, Sabine; Hornberg, Claudia; Fehr, Rainer (2018): Räumliche Planung und Stadt-Gesundheit – eine wechselvolle Geschichte. In: Fehr, Rainer; Hornberg, Claudia (Hrsg.): *Stadt der Zukunft – Gesund und nachhaltig* (S. 33–53). Oekom.

Beute, Femke; Davies, Zoe; de Vries, Sjerp; Glanville, J., Keune, H., Lammel, A.; Marselle, M.;

O'Brien, L.; Olszewska-Guizzo, A.; Remmen, R.; Russo, A. & Andreucci, Maria B. (2020): Types and characteristics of urban and peri-urban blue spaces having an impact on human mental health and wellbeing. Report prepared by an EKLIPSE Expert Working Group. UK Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom.

Blaikie, Piers; Cannon, Terry; Davis, Ian & Wisner, Ben (1994): *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters* (1st ed.). Routledge.

Bolte, Gabriele; Bunge, Christiane; Hornberg, Claudia; Köckler, Heike; Mielck, Andreas (2012): *Umweltgerechtigkeit durch Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit. Eine Einführung in die Thematik und Zielsetzung dieses Buches*. In: Bolte, Gabriele; Bunge,

Christiane; Hornberg, Claudia; Köckler, Heike; Mielck, Andreas (Hrsg.): *Umweltgerechtigkeit – Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven* (S. 15–37). Verlag Hans Huber.

Brei, Björn & Hornberg, Claudia (2009): Die Bedeutung von Stadtgrün aus gesundheitswissenschaftlicher Sicht. In: *Public Health Forum* 17(1), 19–21.

Briggs, David J. & World Health Organization (1999): *Environmental Health Indicators: Framework and methodologies*. Prepared by David Briggs. In: *Occupational and Environmental Health Team, Occupational and environmental health series: (WHO/SDE/OEH/99.10)*. World Health Organization.

Bundesagentur für Arbeit (2022): *SGB II-Hilfsquoten - Deutschland, West/Ost, Länder und*

- Kreise (Monats- und Jahreszahlen), Bundesagentur für Arbeit. Online.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015): Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft: Grünbuch Stadtgrün. Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI).
- Christmann, Gabriela B.; Ibert, Oliver; Kilper, Heiderose; Moss, Timothy (2011): Vulnerabilität und Resilienz in sozio-räumlicher Perspektive: Begriffliche Klärungen und theoretischer Rahmen, Working Paper, No. 44, Leibniz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung (IRS), Erkner.
- Claaßen, T., & Bunz, M. (2018). Einfluss von Naturräumen auf die Gesundheit – Evidenzlage und Konsequenzen für Wissenschaft und Praxis, in: Bundesgesundheitsblatt 61(6), 720–728.
- Cutter, Susan L. (2006): Hazards Vulnerability and Environmental Justice (1st ed.). Routledge.
- Flacke, Johannes & Köckler, Heike (2015): Spatial urban health equity indicators – a framework-based approach supporting spatial decision making, in: Sustainable Development and Planning VII, 365–376.
- Flacke, Johannes; Schüle, Steffen A.; Köckler, Heike & Bolte, Gabriele (2016): Mapping Environmental Inequalities Relevant for Health for Informing Urban Planning Interventions – A Case Study in the City of Dortmund, Germany. In: Int. J. Environ. Res. Public Health 2016, 13, 711.
- Huber, V., Krummenauer, L., Peña-Ortiz, C., Lange, S., Gasparrini, A., Vicedo-Cabrera, A. M., Garcia-Herrera, R., & Frieler, K. (2020): Temperature-related excess mortality in German cities at 2 °C and higher degrees of global warming. In: Environmental Research 186, 109447.
- Jenks, George F. & Caspall, Fred C. (1971): Error on Choroplethic Maps. Definition, Measurement, Reduction. In: Annals of the Association of American Geographers. Bd. 61, 1971, S. 217–244.
- Jeworutzki, Sebastian; Knüttel, Katharina; Niemand, Catharina; Schmidt, Björn-Jan; Schröppler, Jörg-Peter; Terpoorten, Tobias (2017): Räumlich segregierte Bildungsteilhabe in NRW und im Ruhrgebiet. In: Schröppler, Jörg-Peter; Jeworutzki, Sebastian; Butzin, Bernhard; Terpoorten, Tobias; Goebel, Jan; Wagner, Gert G. (Hrsg.): Wege zur Metropole Ruhr (S. 27–215). Ruhr-Universität Bochum, Zentrum für interdisziplinäre Regionalforschung (ZEFIR).
- Kemen Juliane & Kistemann, Thomas (2019): Der Einfluss urbaner Hitze auf die menschliche Gesundheit. In: Lozán, J. L. S.-W. Breckle, H. Graßl, W. Kuttler & A. Matzerakis (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Städte. 113–119. Online.
- Kersting, Volker; Meyer, Christian; Strohmeier, Peter; Terpoorten, Tobias (2009): Die A 40 – Der Sozialäquator des Ruhrgebiets. In: Prosek, Achim; Schneider, Helmut; Wessel, Horst A., Wetterau, Burkhard; Wiktorin, Dorothea (Hrsg.): Atlas der Metropole Ruhr. Vielfalt und Wandel des Ruhrgebiets im Kartenbild. (S. 142–145). Ruhr-Universität Bochum, Zentrum für interdisziplinäre Regionalforschung (ZEFIR).
- Kistemann, Thomas (2018): Gesundheitliche Bedeutung blauer Stadtstrukturen, in: S. Baumgart, H. Köckler, A. Ritzinger, & A. Rüdiger (Hrsg.), Planung für gesundheitsfördernde Städte (S. 317–331). Verl. d. ARL.
- Kistemann, Thomas & Völker, S. (2014): Wie urbane Wasserflächen die Gesundheit fördern, in: Magazin der Akademie für Raumforschung und Landesplanung 44(4), 7–10.
- Kleinschroth, Fritz & Kowarik, Ingo (2020): COVID-19 crisis demonstrates the urgent need for urban greenspaces, in: Frontiers in ecology and the environment 18(6), 318–319.
- Köckler, Heike (2017): Umweltbezogene Gerechtigkeit – Anforderungen an eine zukunftsweisende Stadtplanung. Peter Lang GmbH.
- Köckler, Heike (2020): Klimapolitik. In: Böhm, Katharina; Bräunling, Stefan; Geene, Raimund; Köckler, Heike (Hrsg.): Gesundheit als gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das Konzept Health in All Policies und seine Umsetzung in Deutschland. Springer VS. Wiesbaden.
- Köckler, Heike; Agatz, Kerstin; Flacke, Johannes; Simon, Daniel (2020). Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung. Das SUHEL-Modell nutzt hierfür Indikatoren. In: Informationen zur Raumentwicklung, 47, Heft 1, 96–109.
- Kutschmann, Marcus; Vittinghoff, Myriam; Köckler, Heike; Simon, Daniel; Langohr, Klaus (2022): Definition von Bereichen unterhalb, zwischen und oberhalb besonderer Quantile. In: Hochschule für Gesundheit. 5. Community Health Konferenz. Bochum, 24.–25.11.2022. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House; 2022. Doc22chk70 (22chk70)
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2020): Lärmbelastung: Umweltindikatoren. Umweltindikatoren des Landes Nordrhein-Westfalen. LaNUV. Online.
- Landrigan, Philip J.; Fuller, Richard; Acosta, Neireus J. R., Adeyi, O Olusoji, Arnold, Robert; Basu, Niladri; Baldé, Abdoulaye B.; Bertollini, Roberto; Bose-O'Reilly, Stephan; Boufford, Jo I.; Breyse, Patrick N.; Chiles, Thomas; Mahidol, Chulabhorn; Coll-Seck, Awa M.; Cropper, Maureen L.; Fobil, Julius; Fuster, Valentin; Greenstone, Michael; Haines, Andy; Hanrahan, David; ... Zhong, Ma (2018): The Lancet Commission on pollution and health. Lancet (London, England), 391(10119), 462–512.
- MAGS NRW (2023): Sozialindikatoren NRW. Indikator 7.6 SGB-II-Quote nach Regionen Online. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (o.D.): Umgebungslärm/Umgebungslärm in NRW. MULNV Umgebungslärmportal. Online.
- Morris George P; Beck S. A., Hanlon P, Robertson R (2006) Getting strategic about the environment and health. In: Public Health 120, 889–907.
- Ptöck, Alexandra (2016): Stadtgrün statt Stress. Eine epidemiologische Studie zur gesundheitlichen Bedeutung urbaner Ökosystemleistungen am Beispiel der Stadt Bonn, in: Standort 40(2), 129–137.
- Rittel, K., Bredow, L., Wanka, E. R., Hokema, D., Schuppe, G., Wilke, T. Nowak, D., & Heiland, S. (2014): Grün, natürlich, gesund: Die Potenziale multifunktionaler städtischer Räume (BfN-Skripten 371). Bundesamt für Naturschutz.
- Seils, Eric; Pusch, Toralf (2022): Ungleichheit, Umverteilung und Preise im regionalen Vergleich. In: WSI Policy Brief 70(4). Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut, Hans-Böckler-Stiftung.
- Stadt Bochum (2022): 1. Fortschreibung des Lärmaktionsplans: Für den Ballungsraum Bochum. Umwelt- und Grünflächenamt, Stadt Bochum.
- Stadt Duisburg (2021a): Strukturmonitoring Wirtschaftsstandort Duisburg. Stadt Duisburg. Online.
- Stadt Duisburg (2021b): Lärmaktionsplan der Stadt Duisburg – 3. Stufe. Stadt Duisburg, Amt für Stadtentwicklung und Projektmanagement, Abteilung Stadtplanung, Verkehrlicher Immissionsschutz. Online.
- Völker, Sebastian & Baumeister, Hendrik (2020): Stadtblau – Gesundheitschancen für Stadtbewohner, in: Informationen zur Raumentwicklung 47(1), 110–119.
- Watts, N., Adger, W.N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., Chaytor, S., Colbourn, T., Collins, M., Cooper, A., Cox, P.M., Depledge, J., Drummond, P., Ekins, P., Galaz, V., Grace, D., Graham, H., Grubb, M., Haines, A. and Hamilton, I. (2015). Health and climate change: policy responses to protect public health. The Lancet, [online] 386(10006), pp.1861–1914.
- World Health Organization (2018): Environmental Noise Guidelines for the European Region. WHO. Online.