



# Planetary Health Modell zur Reduktion von Hitzestress auf Quartiersebene

---

## Abschlussbericht

verfasst von:

Dr. Daniel Hertel, M.A. Janine Pöbneck, Prof. Dr. Sigrun Kabisch,  
Prof. Dr. Uwe Schlink

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Leipzig  
Department Stadt- und Umweltsoziologie



Projektlaufzeit: 1.1.2022 – 30.05.2023  
AZ: 37993/01

Leipzig, August 2023

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	3
<b>1. Projektanlass und Zielsetzung</b> .....	5
<b>2. Arbeitsschritte und Methoden</b> .....	6
<b>2.1. Naturwissenschaftliche Methoden</b> .....	7
<b>2.2. Sozialwissenschaftliche Methoden</b> .....	8
<b>3. Ergebnisse</b> .....	9
<b>3.1. Planetary Health-Verständnis für Hitzestress auf der Quartiersebene</b> .....	9
<b>3.2. Methoden-Baukasten</b> .....	10
<b>3.3. Szenarien</b> .....	13
<b>4. Diskussion</b> .....	14
<b>5. Verwertung</b> .....	18
<b>6. Fazit</b> .....	20
<b>7. Literaturverzeichnis</b> .....	22
<b>8. Anhang: Publikationen</b> .....	24

## Zusammenfassung

In den letzten Jahren hat die Gesundheitsforschung einen Paradigmenwechsel erfahren, der den Fokus stärker auf individuelle Risiken im Kontext natürlicher Systeme richtet. Dieser Ansatz wurde in einem Planetary Health-Modell konzeptionell verfolgt. Vor allem Veränderungen in globalen Systemen (Klimawandel, Landnutzungsänderungen, Biodiversitätsverluste etc.) werden dabei in den Blick genommen und auf Städte fokussiert. Hier konzentrieren sich viele Menschen, wodurch Gesundheitsrisiken kulminieren. Die Konsequenzen für die menschliche Gesundheit werden durch sehr unterschiedliche Bebauungsstrukturen, Umweltstressoren sowie soziodemographische Merkmale zusätzlich verstärkt. Um kritische „Gesundheitshotspots“ und gruppenspezifische Gegen- und Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln, ist eine genaue interdisziplinäre Analyse lokaler Bedingungen mit einem entsprechenden Methodenmix erforderlich. Am Beispiel von Hitzestress auf Quartiersebene verfolgte dieses Projekt die beschriebene Zielstellung. Der neuartige Ansatz kombiniert mikrometeorologische Simulationen mit sozialwissenschaftlichen Analysen unter Beachtung der individuellen Wahrnehmung verschiedener soziodemographischer Bewohnergruppen.

Das Vorhaben widmete sich zwei Arbeitsschwerpunkten, einem theoretisch-inhaltlich und einem methodisch ausgerichteten:

(1) Das Planetary Health-Konzept sollte für die Quartiersebene operationalisiert werden. Der alltagsweltliche Erfahrungsraum der Menschen wurde umfassend in die Untersuchung eingebunden, um dadurch zielgenau und gruppenspezifisch Anpassungsmaßnahmen an veränderte Klimabedingungen zu erarbeiten. Die Reduzierung von Hitzestress diene als konkretes empirisches Themenfeld.

(2) Mit Hilfe eines interdisziplinären Methodenansatzes sollte die Komplexität des Systems Stadt abgebildet werden, um (Schlüssel-) Risikofaktoren zu identifizieren, die es ermöglichen die individuelle Exposition der lokalen Bevölkerung gegenüber Hitzestress zu verringern. Es wurden naturwissenschaftliche und sozialwissenschaftliche Methoden kombiniert und quartiersbezogene Simulationen des Mikroklimas mit dem Modell PALM-4U durchgeführt. Darauf aufbauend wurden Szenarien für ein Grünflächendesign (z.B. Anordnung von Bäumen, Hinzufügen oder Entfernen von Vegetation) und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Ausgehend von der gesamtstädtischen Perspektive wurde beispielhaft in zwei kontrastierenden Quartieren der methodische Ansatz aus (2) erprobt. Quartier 1: der Titaniaweg, am westlichen Stadtrand innerhalb der Großwohnsiedlung Leipzig-Grünau gelegen, der zum Ortsteil „Grünau-Nord“ gehört. Quartier 2: das Kolonnadenviertel als innerstädtisches Mehrfamilienhausquartier innerhalb des Ortsteils „Zentrum-West“.

Die Untersuchungen auf Quartiersebene orientierten sich konzeptionell am Planetary Health-Modell. So konnten wichtige Handlungsfelder und Schlüsselfaktoren für den Umgang mit Hitzestress auf kleinräumiger Skala identifiziert und in ein eigenes Modellverständnis integriert werden.

Folgende Projektergebnisse sind herauszustellen:

- (1) Ein Methoden-Baukasten, der die methodischen Zugänge und Handlungsfelder verknüpft: Dabei wird die thermische Belastung in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung quartiersspezifisch simuliert, sowie mit soziodemographischen Daten verknüpft und visualisiert.
- (2) Karten der gefühlten Temperatur (PET-Physiologisch Äquivalente Temperatur) in hoher räumlicher Auflösung zur Abschätzung des thermischen Komforts in den zwei Untersuchungsquartieren.
- (3) Ein Ansatz zur Bewertung der Hitzestress-Betroffenheit vulnerabler Bevölkerungsgruppen im hohen Lebensalter durch soziodemographische Daten und Erhebungen auf Blockebene.
- (4) Designvorschläge für grüne Infrastruktur (Szenarien) als Anwendungsbeispiel des Methoden-Baukastens.
- (5) Demonstration und Kommunikation der Zwischen- und Endergebnisse mit Praxisvertreter\*innen (Stadtplanung, Gesundheitsamt, Umweltamt, Wohnungswirtschaft, Planungsbüro, Ökolöwe) im Rahmen von zwei Arbeitskreistreffen (siehe Bewilligungsaufgaben).
- (6) Die Einbindung der Baukasten-Ergebnisse auf der Homepage des Gesundheitsamtes der Stadt Leipzig zur kostenfreien Nutzung.
- (7) Zwischenbericht und Projektabschlussbericht zur Veröffentlichung auf der DBU Homepage (siehe Bewilligungsaufgaben).

Das Projekt mit einer Laufzeit von 17 Monaten konnte konkrete und neue Einsichten zur Anwendung des Planetary Health-Konzeptes auf Quartiersebene liefern. Der enge Erfahrungs- und Wissensaustausch zwischen Wissenschaftler\*innen und unterschiedlichen Praxispartner\*innen war für alle Seiten außerordentlich gewinnbringend. Seitens der Praxispartner\*innen wurden eine Vertiefung des Projektansatzes und seine Anwendung auf weitere Stadtgebiete eingefordert. Er wurde als wichtiger Bestandteil zukünftiger digitaler Stadtplanung eingeordnet.



# Abschlussbericht zum Projekt **„Planetary Health Modell zur Reduktion von Hitzestress auf Quartiersebene“**

## **1. Projektanlass und Zielsetzung**

In einer sich rasant verändernden Welt treten eine Vielzahl von neuartigen oder zukünftig absehbaren Herausforderungen und Risiken auf, die sogenannten „Emerging Risks“ (Bunting et al., 2010), welche häufig nur schwer zu beurteilen sind. Diese Risiken resultieren vor allem aus den globalen „Megatrends“ wie bspw. Digitalisierung und technologischer Fortschritt, demographischer Wandel, Klimawandel und globale Umweltveränderungen, Urbanisierung etc. Allen gemeinsam ist deren globale Dimension, die eine hohe Komplexität nach sich zieht und bei ungebremster Entwicklung schnell zum Überschreiten von planetaren Belastungsgrenzen (Rockström et al., 2009) führen kann. Da der Mensch untrennbarer Teil dieser Systeme ist, steht er in direkter Wechselwirkung, sodass globale Änderungen immer auch individuelle Auswirkungen haben oder dass sogar erst die Summe aller einzelnen/lokalen Handlungen/Veränderungen die globale Herausforderung bedingt.

Diese Wechselwirkungen und Abhängigkeiten fanden in der Gesundheitsforschung bis in die jüngste Vergangenheit kaum Berücksichtigung. Mittlerweile setzt sich jedoch zunehmend die Erkenntnis durch, dass es einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen der Gesundheit der menschlichen Zivilisation und der natürlichen Systeme gibt. Dieses neue als „Planetary Health“ (Horton, 2013) bezeichnete Konzept erweitert den Gesundheitsbegriff auf das System Erde und betrachtet die lokalen Gesundheitsrisiken im Kontext der globalen Dimension dieses Systems. Verschiedene „Emerging Risks“, wie z.B. neue toxische Chemikalien, Luftverschmutzung, Antibiotikaresistenzen, Mikroplastik etc. haben direkte gesundheitliche Auswirkungen. Ein starker Treiber für damit einhergehende Gesundheitsrisiken ist die weltweit zunehmende Urbanisierung. Besonders der Klimawandel hat das Bewusstsein für die existenzielle Abhängigkeit der Zivilisation von der planetaren Gesundheit geschärft.

Damit werden die Forderungen aus dem jüngsten SVR-Gutachten 2023 zur Resilienz im Gesundheitswesen aufgegriffen, in dem die Auswirkungen des Klimawandels mit Bezug auf „Planetary Health“ nicht mehr nur lokal zu betrachten sind, sondern der Bezug zu globalen Auswirkungen herzustellen ist (SVR-Gutachten 2023, S. 26, 57).

Da eine Stadt selbst wiederum ein komplexes System repräsentiert, spielen unterschiedliche Skalen, von der Gesamtstadt bis zum Quartier oder der einzelnen Nachbarschaft, eine wichtige Rolle. Deren Zusammenspiel und detaillierte Betrachtung ist nötig, um ein umfassendes Verständnis von Ursache und Wirkung zu bekommen und neue Präventionsstrategien und Verhaltensänderungen zu entwickeln und umzusetzen. Dies erfordert, im Sinne einer „Planetary Health“-Betrachtung, interdisziplinäre Ansätze, um mit den Herausforderungen umgehen zu können und auch neuartige bzw. sich verändernde Risiken handhabbar zu gestalten.

Besonders in Städten werden sich Hitzebelastungen durch die klimawandelbedingte Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Hitzewellen verstärken. Sie stellen aber auch heute schon ein großes Gesundheitsrisiko dar. „Hitzeschutz ist Lebensschutz“ - mit diesen Worten hat Bundesgesundheitsminister Prof. Dr. Karl Lauterbach am 26. Juni 2023 ein Auftaktgespräch zu einem nationalen Hitzeplan begleitet. Ein erster konkreter Hitzeschutzplan wurde daraufhin am 28. Juli 2023 vorgelegt. Die Brisanz von Hitzestress und die Dringlichkeit entsprechender Anpassungsmaßnahmen wurden somit auch auf höchster politischer Ebene anerkannt und als ein wichtiges Präventionsziel für Deutschland gewürdigt. Das Erkennen eines Handlungsbedarfes von politischer Seite ist hier besonders entscheidend, da Deutschland als ein Land der gemäßigten Klimazone in der Vergangenheit eher weniger Probleme mit langandauernden und intensiven Hitzeperioden hatte. Ein entsprechendes Problembewusstsein muss sich deshalb erst etablieren, bevor Maßnahmen ergriffen werden.

Neben physikalischen Faktoren (räumliche Verteilung, Stadtstruktur, Großwetterlage etc.) spielen die subjektive Wahrnehmung und das Empfinden eine entscheidende Rolle. Hitzestress wird nicht von allen Menschen gleich stark empfunden. So bedarf es angemessener Kommunikation und dafür geeigneter, zielgruppenspezifischer Instrumente und Mechanismen, um auch eine Änderung von Verhaltensweisen zu erzielen. Planetary Health-Konzepte können hierfür eine Brücke darstellen, um komplexe Fragestellungen zu beantworten und mit den aus den globalen Megatrends entstehenden Gesundheitsrisiken besser umgehen zu können.

Im Rahmen der DBU-Förderinitiative „Planetary Health“ wurde die Notwendigkeit entsprechender Forschung zu dieser Thematik unterstrichen und das hier vorgestellte Projekt unterstützt.

**Ziel des 17-monatigen Projekts** war es, die Quartiersebene in das Planetary Health-Konzept zu integrieren und durch die Kombination aus naturwissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Methoden Empfehlungen zum Umgang mit Hitzestress zu erarbeiten. Dazu wurden quartiersbezogene Modellierungen des Mikroklimas und sozialwissenschaftliche Daten genutzt. Basierend darauf sollte die Ausprägung von Hitzestress untersucht und deren Unterschiede auf verschiedenen urbanen Skalen analysiert werden. Dies hilft, mögliche Anpassungsmaßnahmen zu identifizieren und deren Konsequenzen, unter Einbezug verschiedener Bewohnergruppen, zu bewerten. Durch die Einbettung in das Planetary Health-Konzept kann die Komplexität des Systems Stadt besser abgebildet werden, um (Schlüssel-) Risikofaktoren zu identifizieren, die es ermöglichen die individuelle Exposition der lokalen Bevölkerung gegenüber Hitzestress zu verringern. Die Ergebnisse sollten dabei praxisrelevant sein und übertragbare Empfehlungen adressieren, die sich vor allem an Ämter, Planungsbüros und KMU's richten.

## **2. Arbeitsschritte und Methoden**

Die Arbeitsschritte und verwendeten Methoden unterteilen sich in einen naturwissenschaftlichen und einen sozialwissenschaftlichen Beitrag. Sie wurden gemäß dem Zeit- und Arbeitsplan im Projektantrag ausgeführt:

## 2.1. Naturwissenschaftliche Methoden

Der Fokus lag auf der mikrometeorologischen Simulation des Stadtklimas für eine typische mitteleuropäische Stadt, in unserem Fall Leipzig. Hierfür kam das Modell PALM-4U zur Anwendung (<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>), wobei zunächst die benötigten Inputdaten (siehe Tabelle 1) und das Modellsetup (siehe Tabelle 2) vorzubereiten waren. Die gesamtstädtischen Daten zu Bebauung, Vegetation, Bodentyp und Wasserkörpern lagen bereits aus einem früheren Projekt in verschiedenen räumlichen Auflösungen (1m – 10m) vor (Hertel et al., 2022). Dementsprechend mussten die Daten nur noch hinsichtlich der Ausdehnung der Untersuchungsquartiere zugeschnitten werden. Darüber hinaus waren die Randbedingungen des Modells, einschließlich eines geeigneten Simulationszeitraumes (11. – 12.08.2022), festzulegen. Um die Wahrnehmung von Hitzestress beurteilen zu können, wurde der thermische Komfort bewertet. Dazu wurde im Modell das human-biometeorologische Modul aktiviert und zur Verwendung in der Simulation entsprechend konfiguriert. Allgemeine Informationen zur Datenaufbereitung finden sich auch in Hertel et al. (2022) sowie zum verwendeten Modellsetup im Planetary Health-Projektvorhaben in Helbig et al. (2023).

Als geeignete und repräsentative Untersuchungsstandorte wurden 2 kontrastierende Quartiere in Leipzig ausgewählt: zum einen im Ortsteil Grünau-Nord das Quartier Titaniaweg und zum anderen im Ortsteil Zentrum-West das Kolonnadenviertel. Beide wurden jeweils mit einer horizontalen Auflösung von 2m im Modell implementiert.

Table 1: Daten für das Modell PALM-4U

Datentyp	Datenquelle
Gebäudehöhe	3D-Stadtmodell Leipzig
Gebäude-ID	3D-Stadtmodell Leipzig
Gebäudetyp	3D-Stadtmodell Leipzig
Vegetationstyp	OpenStreetMap (OSM), Digitales Landschaftsmodell Sachsen (BasisDLM)
Straßenbaumart	Straßenbaumkataster Leipzig
Straßenbaum-ID	Straßenbaumkataster Leipzig
Wassertyp	OSM, BasisDLM Sachsen
Bodentyp	Bodenübersichtskarte Deutschland (BÜK200)
Straßentyp	OSM, BasisDLM Sachsen
Bodenbelagstyp	OSM, BasisDLM Sachsen
Terrain	Digitales Oberflächenmodell, Digitales Orthophoto
meteorologische Initialisierungsdaten	Leipziger Institut für Meteorologie, DWD Messstation: Flughafen Leipzig-Halle

Tabelle 2: Wichtige Einstellungen im Modell PALM-4U für die Simulationen in den Untersuchungsquartieren

Modellspezifikationen		Modellkonfiguration	
Gitterzellen (x,y,z)	750,750,200	Simulationsstart	11.08.2022, 00:00:00
Gitterweite (x,y,z)	2 x 2 x 2 m	Simulationsdauer	48 h
Beginn des Stretchings der vertikalen Gitterweite	100 m	Zeitschritt für den Modelloutput	1 h
maximaler Stretch Faktor	25 %	bodennahe Windgeschwindigkeit	1 m/s
Referenzkoordinaten	51.3397, 12.3731	initiale Lufttemperatur	15.4 °C
		initiale spezifische Feuchte	0.007435 kg/kg
		Rauhigkeitslänge	0.1 m
		Initialisierungsphase	24 h
		Mittelungsintervall	1 h
		verwendete Module	Strahlung, Stadtoberfläche, Vegetation, Landoberfläche, Biometeorologie

Für das Quartier Titaniaweg wurden Szenarien für verschiedene Gestaltungsoptionen grüner Infrastruktur definiert (siehe Kapitel 3.3) und deren Auswirkungen auf das lokale Mikroklima mit Hilfe von PALM-4U simuliert. Dies ermöglicht es im Rahmen des Projektvorhabens Empfehlungen hinsichtlich Hitzestressreduktion und den stadtklimatischen Auswirkungen im Quartier geben zu können.

## 2.2. Sozialwissenschaftliche Methoden

Neben den naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden qualitative und quantitative Daten aus Bewohnerbefragungen, die sich ausschließlich auf den Plattenbaubestand in den Untersuchungsgebieten konzentrierten, ausgewertet. Es wurde ein halbstandardisierter Fragebogen eingesetzt, der u.a. folgende Themen beinhaltete:

- Subjektives Empfinden von Hitzestress in der Wohnung im Hochsommer
- Maßnahmen zur Verringerung von Hitzestress im Wohnumfeld (z.B. Dach- und Fassadenbegrünung, Wasserflächen)
- Wahrgenommene Auswirkungen des Klimawandels im Wohnumfeld

Die Befragungsergebnisse wurden nach demographischen und sozialstrukturellen Merkmalen ausgewertet. Im Ortsteil Grünau-Nord mit dem Quartier Titaniaweg fand im Juni und Juli 2020 eine Erhebung im Rahmen der soziologischen Langzeitstudie „Wohnen und Leben in Leipzig-Grünau“ statt (Kabisch und Pößneck, 2021). Die Bewohnerbefragung im Kolonnadenviertel innerhalb des Ortsteils Zentrum-West wurde im März und April 2022 durchgeführt. Sie war Teil einer Erhebung im Kontext des UFZ-Projektes „Lebendige Wände“ (Karutz et al., 2023, Knifka et al., 2023). Dazu wurden von geschulten Teams Fragebögen an ausgewählten Adressen persönlich verteilt und nach wenigen Tagen wieder abgeholt. So konnten in beiden Befragungen hohe Rücklaufquoten erreicht werden.

Zur soziodemographischen und räumlichen Charakterisierung der beiden Untersuchungsgebiete wurden Daten aus der Leipziger Kommunalstatistik genutzt, die für eine Vielzahl von Indikatoren im sogenannten „Leipzig Informationssystem“<sup>1</sup> für die Gesamtstadt bis auf die Ebene der Ortsteile frei verfügbar sind. Zusätzlich wurden vom Amt für Statistik und Wahlen der Stadt Leipzig auf Anfrage weitere Daten, z.B. zur Altersstruktur, auf der noch kleinräumigeren Ebene der statistischen Blöcke zugearbeitet. Es zeigte sich, dass Grünau-Nord im Vergleich zum Zentrum-West durch einen höheren Anteil alter und hochaltriger Bevölkerung gekennzeichnet ist und dass das Ausbildungs- und Einkommensniveau niedriger ist.

Nähere Details zu den Untersuchungsquartieren werden ausführlich in dem Buchbeitrag des Projektteams „Hitzestress in Stadtquartieren – Methodik und empirische Belege unter Nutzung des Planetary-Health-Ansatzes“, In: „Die Resiliente Stadt - Konzepte, Konflikte, Lösungen“, Kabisch et al. (Hrsg.) thematisiert (im Folgenden: Hertel et al., 2023, auch im Anhang). Die Veröffentlichung des Buches ist für September 2023 vorgesehen.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Planetary Health-Verständnis für Hitzestress auf der Quartiersebene**

Basierend auf dem Planetary Health-Modell von French et al. (2021) sollte im Rahmen des Projektes zunächst ein eigenes Planetary Health-Verständnis entwickelt werden, um die für individuellen Hitzestress wichtige Quartiersebene darin zu integrieren. Auf der einen Seite hängt der individuelle Hitzestress von den globalen natürlichen Systemen ab. Auf der anderen Seite beeinflussen diese wiederum verschiedene nachgeordnete Skalen bis hinunter zur Quartiersebene und zum Individuum. Abb. 1 veranschaulicht schematisch diesen Zusammenhang. Im System Stadt überlagern sich verschiedene Skalenebenen (z.B. Stadt-Ortsteil-Quartier-Individuum), auf denen es unterschiedliche Handlungsfelder gibt, die auf jeder Ebene miteinander zusammenwirken und eine unterschiedliche Gewichtung haben. Speziell für Hitzestress relevant und in Anlehnung an French et al. (2021) haben wir die Handlungsfelder Soziodemographie, Mikroklima, Bebauung und Gesundheit als für die Quartiersebene besonders wichtige Treiber definiert. Alle enthalten sehr verschiedene

---

<sup>1</sup> <https://statistik.leipzig.de>

Daten/Informationen und müssen durch unterschiedliche methodische Zugänge (sozialwissenschaftlich, naturwissenschaftlich) erfasst werden.

Hier stellte sich die Frage, inwiefern diese miteinander verknüpft und geeignet kommuniziert werden können, um Schlüsselfaktoren und Empfehlungen zur Reduktion von Hitzestress zielgruppenspezifisch vermitteln zu können. Aus diesem Grund haben wir, neben den 4 erwähnten Handlungsfeldern, Kommunikation als 5. wichtigen Bereich und Schnittstelle („boundary object“, siehe Helbig et al., 2023, im Anhang) zwischen den verschiedenen methodischen Zugängen identifiziert. Dies resultiert auch aus der Diskussion mit Praxispartner\*innen (siehe 1. Arbeitskreis in Kapitel 5), in der stets darauf hingewiesen wurde, dass eine geeignete Kommunikation mit den Bürger\*innen, aber auch intern, entscheidend sei, um zielgerichtete Anpassungsmaßnahmen umsetzen zu können (bspw. auch Hitzeaktionspläne). Da das Zusammenspiel der einzelnen Handlungsfelder und die verschiedenen Methoden an ein Baukastensystem angelehnt sind, bezeichnen wir die entsprechende Schnittstelle als einen „Methoden-Baukasten“ (siehe Kapitel 3.2). Dieser wird nachfolgend erläutert.

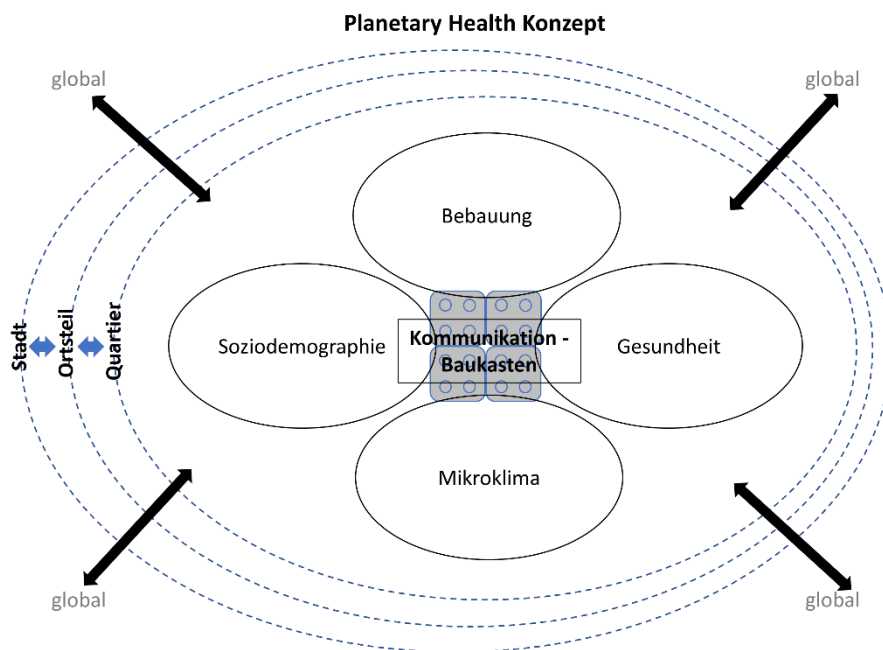


Abbildung 1: Planetary Health-Konzept für Hitzestress in Stadtquartieren. Die 4 schwarzen Kreise repräsentieren Handlungsfelder, die über einen Methoden-Baukasten (graue Blöcke) verbunden sind. Dieser agiert als Kommunikationswerkzeug. Die blau gestrichelten Kreise verdeutlichen verschiedene Skalenebenen, auf denen die Handlungsfelder wirksam werden.

### 3.2. Methoden-Baukasten

Die Umsetzung der deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS, 2019) orientiert vorrangig auf die **Kommunen**. Das kommunale Klimaanpassungsmanagement kann sehr individuell gestaltet und auf die jeweiligen lokalen Bedingungen zugeschnitten werden. Verschiedene bereits existierende Hilfsmittel, wie z.B. „Klimalotse“, „Tatenbank“ (beides UBA, 2022, 2023), INKAS (DWD, Buchholz, 2019), Klimacoaches (KlimaKonform Projekt)

oder Empfehlungen für Hitzeaktionspläne (BMUV, 2017) und ein Maßnahmenkatalog zur Anpassung der grünen Infrastruktur (KlimaKonform) sollen die Kommunen dabei unterstützen, Handreichungen geben und Leitfäden für eine effiziente Umsetzung sein.

Diese Handreichungen enthalten oft keine konkreten Anwendungsbeispiele und sind nicht explizit für die **Quartiersebene** konzipiert. Darüber hinaus werden meist nur einzelne Aspekte (z.B. Modellierung, Indikatoren-Entwicklung oder soziodemographische Daten) berücksichtigt. Als konkrete Weiterentwicklung schlagen wir hier entsprechend der Zielstellung des Projektes einen **Methoden-Baukasten** vor, der die einzelnen Aspekte integriert. Beispielhaft richten wir den Fokus auf Hitzestress.

In Anlehnung an das Planetary Health-Konzept bezieht der Methoden-Baukasten verschiedene **Handlungsfelder** (Mikroklima, Soziodemographie und Bebauung, Hitzewahrnehmung) ein. Je nach Anwendungszweck können diese Methoden dann angepasst und kombiniert werden. Ziel der Arbeiten ist es, in Form des Methoden-Baukastens ein gut handhabbares Instrument zu entwickeln. Mit Hilfe eines **Demonstrationsvorhabens** für den Umgang mit Hitzestress wird den Kommunen, aber vor allem den im Projekt beteiligten Praxispartner\*innen, eine Orientierungshilfe für eine erfolgreiche und effektive Klimaanpassung auf der Quartiersebene angeboten. Der Methoden-Baukasten (Abb. 2) umfasst:

1. **Stadtklimasimulationen** mittels PALM-4U (beispielhaft für 2 Quartiere in Leipzig). Dafür wurden verschiedene Anpassungsszenarien (siehe Tabelle 3, Kapitel 3.3) definiert und deren Einfluss auf die Umgebung (Temperatur, Luftfeuchte, Physiologisch Äquivalente Temperatur, etc.) analysiert. (→ Ergebnisse siehe Kabisch et al., 2023 (Veröffentlichung im September 2023))

2. Ergänzend zu den mikroklimatischen Simulationen wird eine **Attributierungsmethodik** der lokalen Hitzeursachen auf die Modellergebnisse angewendet (Methodik in Hertel & Schlink, 2019 beschrieben) und ebenfalls im Visualisierungstool dargestellt. Dies ermöglicht eine sehr genaue quantitative Zuordnung der jeweils verantwortlichen Ursachen zur lokalen Überwärmung. Zusätzlich zeigt die Analyse verschiedener Szenarien, welche Implikationen sich daraus für entsprechende Anpassungsmaßnahmen ergeben.

3. Für die **Bewertung der Betroffenheit** vulnerabler Bevölkerungsgruppen nutzt der Baukasten soziodemographische Daten auf Blockebene, die von der **Kommunalstatistik** bereitgestellt werden. Diese Daten wurden mit den Karten der gefühlten Temperatur verschnitten und machen deutlich, an welchen Orten dringender Handlungsbedarf für eine Minderung von Hitzestress besteht. (→ Ergebnisse siehe Buchbeitrag von Hertel et al., 2023 und Kabisch et al., 2023)

4. **Quantitative und qualitative Ergebnisse aus Befragungen und Interviews mit Bewohner\*innen und Expert\*innen** aus relevanten Stakeholdergruppen, die die subjektive Wahrnehmung von Hitzestress gruppenspezifisch ausweisen sowie eine Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen im Wohnumfeld verdeutlichen, präzisieren den Zugang auf der Quartiersebene. (Ergebnisse siehe Hertel et al., 2023 und Helbig et al., 2023)

5. Zur besseren **Kommunikation und Visualisierung** der tatsächlichen lokalen Wärmebelastung der Bewohner\*innen werden Karten der „gefühlten Temperatur“ in hoher räumlicher Auflösung (2m, physiologisch äquivalente Temperatur) erstellt. Die gewonnenen Simulationsergebnisse werden mit Hilfe eines interaktiven Visualisierungstools (Wollschläger et al., 2022) in Kartenform für einen Beispieltag im Hochsommer (stündliche Auflösung, 12.08.2022) zugänglich gemacht. Diese Kartendarstellungen werden durch 3D-Visualisierungen möglicher Szenarien zur Hitzevermeidung ergänzt (Kooperation mit dem BMBF-Projekt uVITAL). (→ Ergebnisse siehe Helbig et al., 2023)

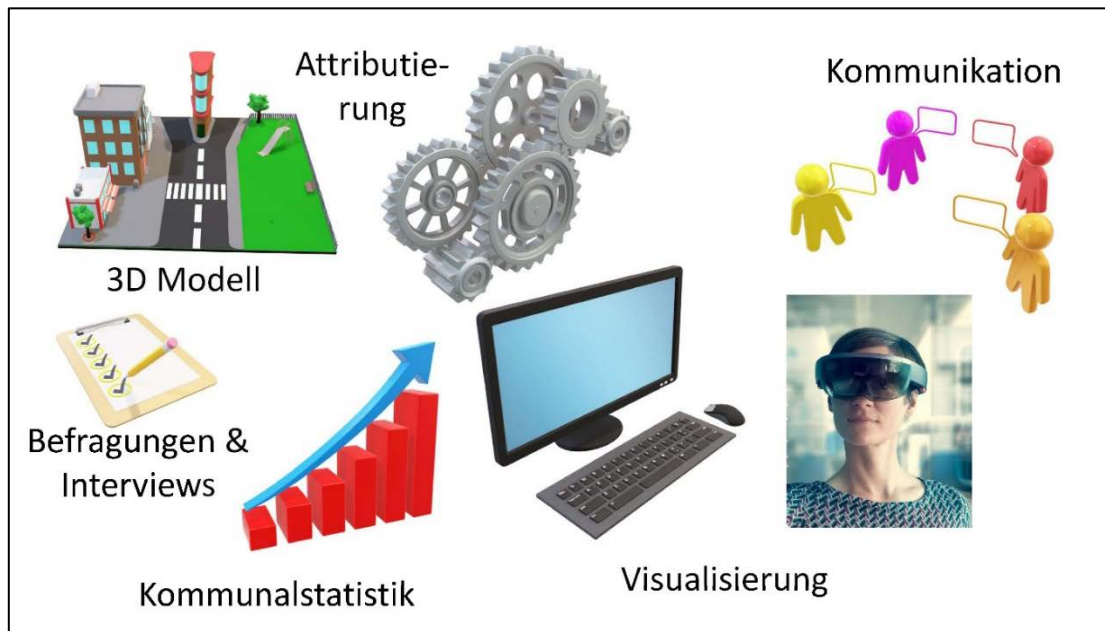


Abbildung 2: Methodenbaukasten (enthält die hier erarbeiteten Module und ist erweiterbar)

Vor allem die Zusammenschau von **räumlich hochaufgelösten** Simulationen und soziodemographischen Daten bietet einen deutlichen Mehrwert im Vergleich zu den bisherigen Instrumenten kommunaler Anpassungsaktivitäten. Dabei muss berücksichtigt werden, dass sich die Hotspots des Hitzestresses auch zeitlich ändern können (**Prozesscharakter**). Der vorgeschlagene Baukasten ermöglicht deshalb die Betrachtung von Szenarien zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten und bei veränderlicher Sozialstruktur.

Das Baukastensystem repräsentiert eine Methodensammlung, die dazu genutzt werden kann, um bedarfsgerechte Analysen und praxisnahe Realisierungen von Anpassungsmaßnahmen umzusetzen. Die verschiedenen Baukasten-Elemente werden in ihrer Passfähigkeit und ihrem Zusammenspiel beschrieben, Vorzüge werden herausgestellt und Grenzen der Anwendung werden benannt. Es werden auch Konsequenzen verdeutlicht, wenn einzelne Elemente nicht oder nicht hinreichend eingesetzt werden können. Außerdem können weitere methodische Zugänge bzw. Technologien den Baukasten anreichern (z.B. Virtual Reality – VR, Building Information Modeling – BIM).

Als Beispiel einer Anpassungsmaßnahme, die auf dem Einsatz des Methoden-Baukastens basiert, soll ein Designkonzept für grüne Infrastruktur vorgestellt werden. Hierzu werden verschiedene Szenarien betrachtet und miteinander verglichen.



### 3.3. Szenarien

Im Rahmen des Projektes wurden insgesamt 5 Szenarien (siehe Tabelle 3) im Quartier Titaniaweg (Ortsteil Grünau-Nord) untersucht. Die Szenarien 1 bis 4 repräsentieren mögliche Gestaltungsoptionen für eine Freifläche im Zentrum des Quartiers, die in Anlehnung an die von Helbig et al. (2023) beschriebenen Elemente designt wurden. Aufgrund gewisser Modelllimitierungen konnte allerdings keine 1:1-Übernahme erfolgen. Wesentliche Merkmale, die übernommen wurden, umfassen zusätzliche Einzelbäume, Sträucher, eine kleine Baumgruppe, eine Wasser- und Sandfläche sowie eine kleine Fläche mit kahlem Boden. Die Definition der Szenarien basiert wesentlich auf den Auswertungen einer Bewohnerbefragung hinsichtlich bevorzugter Maßnahmen zur Reduktion von Hitzestress, sowie anhand qualitativer Interviews mit Bewohner\*innen im Quartier Titaniaweg. Ein „Best-Practice“-Beispiel in der Großwohnsiedlung Leipzig-Grünau, der „Kolonnadengarten“ im Ortsteil Grünau-Mitte, diente als weitere Inspiration (Helbig et al., 2023, S. 45).

Um Empfehlungen für das Design grüner Infrastruktur geben zu können, wurde insbesondere die Ausrichtung der einzelnen Bäume und Baumgruppen zur dominierenden Windrichtung variiert. Damit konnten etwaige Unterschiede identifiziert werden. Neben den 4 erwähnten Szenarien wurde noch ein 5. definiert, welches den Istzustand (status quo), soweit er im Modell implementiert werden konnte, charakterisiert.

Als besonders günstig hinsichtlich Minderung von Hitzestress hat sich das Szenario 3 erwiesen. Ursächlich hierfür ist hauptsächlich die Kanalisierungswirkung der Strömung durch die trichterförmige Anordnung der Bäume, was zu einer Erhöhung der Windgeschwindigkeit und einem besseren Wärmeabtransport führt. Hitzestress kann dadurch besser vermieden werden. Die Effektivität hängt aber maßgeblich von der Kronenausgestaltung der Bäume ab (weitere Details in Kabisch et al. 2023).

Tabelle 3: Übersicht der definierten Szenarien im Quartier Titaniaweg

Szenario	Beschreibung
Status quo	Aktueller Bebauungszustand im Quartier Titaniaweg, soweit er anhand der Inputdaten in PALM-4U implementiert werden konnte.
1	Wasser, Sand und einige Bäume wurden zum status quo hinzugefügt. Der ursprünglich vorhandene Spielplatz fehlt in den Ausgangsdaten und wird hier als Sandfläche, einschließlich einer angrenzenden Wasserfläche (6 x 8 m) und zusätzlicher Bäume, hinzugefügt. Bei den Bäumen handelt es sich um besonders hitzeresiliente Arten wie Steineichen und Platanen.
2	Wasser- und Sandfläche werden entfernt. Die zusätzlichen Bäume bleiben erhalten.
3	Wie Szenario 1, allerdings werden die hinzugefügten Steineichenbäume oberhalb der Sandfläche vertikal zur Anströmung ausgerichtet. Dabei entsteht eine Art trichterförmige Anordnung.
4	Wie Szenario 1, allerdings werden alle hinzugefügten Baumgruppen diagonal in Anströmungsrichtung (Südwest) und streifenförmig versetzt angeordnet.

## 4. Diskussion

### (1) Integration der Quartiersebene in das Planetary Health-Konzept

Hitzestress auf Quartiersebene und dessen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind das Resultat eines komplexen Zusammenspiels verschiedener externer und interner Einflussgrößen bzw. Handlungsfelder. Es ist deshalb unabdingbar eine konzeptionelle Rahmung zu entwickeln, die die Komplexität vereinfacht und dabei hilft, die Wirkungskette von Hitzestress nachzuvollziehen.

Das im Rahmen des Projektes entwickelte Planetary Health-Schema (Abb. 1) fasst wichtige Handlungsfelder und Schlüsselfaktoren, die Hitzestress auf Quartiersebene bedingen, schematisch zusammen. Es kann als erster Ausgangspunkt für eine stärkere systematische Betrachtung von Hitzestress genutzt und zukünftig erweitert werden. Aufgrund der begrenzten Zeitdauer (17 Monate) des Projektvorhabens muss aber konstatiert werden, dass dies nur einen ersten Entwurf und keine vollständige Wirkungskette abbilden kann. Wichtig hierbei ist, dass alle dargestellten Handlungsfelder mit Daten hinterlegt werden müssen, sodass diese hinsichtlich ihrer Bedeutung für Hitzestress auswertbar sind. Vor diesem Hintergrund limitiert sich die Ursachenanalyse für den lokalen Hitzestress auf die in Abb. 1 dargestellten Felder.

Insbesondere Gesundheitsdaten konnten bisher aus zeitlichen und datenschutzrechtlichen Gründen nur wenig berücksichtigt werden. Die Qualität der Datenerhebung und dementsprechend der Umfang des entwickelten Planetary Health-Ansatzes wird maßgeblich von den zur Verfügung stehenden technischen, personellen und zeitlichen Ressourcen beeinflusst. So wurden bspw. Befragungsdaten genutzt, die im Rahmen anderer Projekte entstanden sind und somit nur begrenzte Aussagen für das vorliegende Vorhaben zuließen.

Obwohl der quartiersbezogene Planetary Health-Ansatz ohne Einschränkungen übertragbar ist, erfordern mikrometeorologische Simulationen in der Regel fachspezifische Kenntnisse und entsprechende Computerkapazitäten. Der Ansatz muss daher weiterentwickelt werden, um die Stadterneuerung und Stadtplanung im Sinne einer hitzeangepassten Quartiersentwicklung unterstützen zu können. Die Daten liegen sehr hochaufgelöst bis auf die Ebene der statistischen Blöcke vor und ermöglichen dadurch zum einen die Analyse räumlicher Hotspots von Hitzestress. Zum anderen jedoch beschränkt der räumliche Zuschnitt die jeweilige handlungsfeldspezifische Auswertung.

Zusammenfassend zeigte sich deutlich, dass umfassende Planetary Health-Ansätze aufgrund der verschiedenen Datenstrukturen bereits bei der Projektplanung eine aufeinander abgestimmte Datenerhebung benötigen und hierfür entsprechend Zeit eingeplant werden sollte. In diesem Sinne repräsentiert das hier vorgestellte Projekt ein exploratives Testfeld für die Nutzung von quartiersbezogenen Planetary Health-Ansätzen. Vor allem bis hinunter auf die Ebene der statistischen Blöcke gibt es dazu kaum Erfahrungen oder ähnlich geartete Vorhaben.

Trotz der Einschränkungen konnte das Projekt zeigen, dass die Zusammenschau von mikrometeorologischen Simulationen, die eng von der Baustruktur abhängen, und soziodemographischen Daten sowie Faktoren, die das gesundheitliche Wohlbefinden beeinflussen, zu Wissensgewinn und praxisrelevanten Lösungen führt. Planetary Health kann

dabei unterstützen, eine Resilienzbewertung von Quartieren bezüglich Hitzestress vorzunehmen, die Entwicklung resilienter Stadtkonzepte zu fördern und generell die Resilienz skalenübergreifend zu stärken (siehe Hertel et al., 2023).

## **(2) Methoden-Baukasten**

Die verschiedenen Handlungsfelder im diskutierten Planetary Health-Ansatz beinhalten sehr unterschiedliche Informationen und Datentypen, die durch verschiedene methodische Zugänge (naturwissenschaftlich, sozialwissenschaftlich) erfasst werden. Gleichzeitig wurde im Laufe des Projektes die Notwendigkeit einer Schnittstelle zwischen den verschiedenen Feldern deutlich. Als Schnittstelle für geeignete zielgruppenspezifische Empfehlungen zur Reduktion von Hitzestress wurde entsprechend als 5. Handlungsfeld die Kommunikation definiert. Daran anknüpfend wurde ein sogenannter Methoden-Baukasten entwickelt, der als Kommunikationsschnittstelle die verschiedenen methodischen Zugänge und Handlungsfelder auf einer gemeinsamen Plattform verknüpft (siehe Kapitel 3.2). Dabei wird die thermische Belastung in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung simuliert und diese im Zusammenhang mit soziodemographischen Daten visualisiert. Damit eine solche Plattform in der Praxis Verwendung finden kann, muss ein entsprechendes Tool möglichst ohne umfassende Vorkenntnisse bedienbar, einfach zugänglich und gut interpretierbar sein.

Die verschiedenen Bestandteile des Baukastens wurden deshalb in Form einer interaktiven Web-Applikation in Kartenform visualisiert. Der wesentliche Vorteil einer solchen Plattform liegt insbesondere in der Möglichkeit der Verlinkung mit Websites der jeweiligen Anwender, was einen sehr einfachen Zugang ermöglicht. Die verschiedenen Datensätze der Planetary Health-Handlungsfelder liegen in aufbereiteter Form als Karten vor. Je nach Anwendungsziel der Nutzer\*innen können Daten selektiert, per Zoomfunktion vergrößert oder verkleinert und die Durchsichtigkeit beeinflusst werden, um mehrere Daten überlagern zu können. Es bietet darüber hinaus die Möglichkeit, Szenarien auszuwählen, um den Effekt verschiedener Anpassungsmaßnahmen selber zu eruieren und thermische Hotspots zu identifizieren.

Da eine solche Plattform ortsunabhängig ist, ist eine Übertragbarkeit jederzeit gewährleistet. Beschränkungen ergeben sich lediglich hinsichtlich der Datenverfügbarkeit am jeweiligen Standort. Darüber hinaus hängt die darstellbare räumliche Ausdehnung der visualisierten Größen innerhalb der Applikation von den Rechnerkapazitäten ab, die zur Datenaufbereitung benötigt werden. Bisher wurde das Tool nur für 2 Testquartiere und vordefinierte Szenarien sowie feste mikrometeorologische Simulationen vorbereitet. Aufgrund der kurzen Projektdauer konnte bislang keine „on-the-fly“-Funktion zur selbstständigen Auswahl von beliebigen Szenarien implementiert werden. Da es hierfür nötig wäre immer eine neue mikrometeorologische Simulation zu starten, müsste die Anwendung direkt mit einem gängigen Stadtklimamodell verschnitten werden. Dies ist derzeit technisch noch nicht umgesetzt und würde die Zielsetzung der einfachen Bedienbarkeit unterlaufen, da dann in der Anwendung spezifisches Fachwissen benötigt würde. Trotzdem wäre eine Weiterentwicklung in dieser Richtung ratsam, da es die Nutzer\*innen in die Lage versetzen würde, selbstständige Analysen durchzuführen und die konkreten Auswirkungen bestimmter Anpassungsmaßnahmen zu

bewerten. Nach entsprechender Schulung wäre eine eigenständige Nutzung ohne weiteres denkbar.

Neben der Übertragbarkeit des Tools ist auch eine Erweiterung mit zusätzlichen Funktionen relativ unkompliziert möglich. So wäre es bspw. denkbar, 3D-Visualisierungen zu integrieren, um das Strömungsfeld zu analysieren oder das vertikale Temperaturprofil auszuwerten. Je nach Gebäudeetage könnten dann genauere Rückschlüsse auf den jeweiligen Hitzestress gezogen werden.

Insbesondere die Kombination von Altersstrukturdaten (bis zur Ebene der statistischen Blöcke) mit modellierten Größen, wie z.B. der PET-Wert als Maß für den thermischen Komfort, liefert einen Mehrwert bei der Nutzung des Tools. Denn hiermit können zielgruppenspezifische Einschätzungen zum Hitzestress gegeben und entsprechende Maßnahmen designt werden. Es bleibt deshalb festzuhalten, dass bei einer Anwendung des Tools zumindest diese Daten vorhanden sein sollten und insbesondere die sozialwissenschaftlichen Daten oder Gesundheitsdaten erweitert bzw. zusätzlich integriert werden müssen. Nur dann kann das volle Potential solcher Anwendungen im Sinne einer maßgeschneiderten individuellen Reduktion von Hitzestress genutzt werden.

Ein großes Hemmnis beim Gesundheitsschutz stellen Umsetzungsdefizite und nicht Wissensdefizite dar. Zusammenfassend lässt sich daher konstatieren, dass das Tool als wichtiges Kommunikationselement dazu beitragen kann, diese Defizite zu überwinden oder zumindest zu reduzieren.

### **(3) Anwendung des Baukastens auf der Quartiersebene**

Die interaktive Web-Applikation des Baukastens wurde auf verschiedene Szenarien grüner Infrastruktur im Quartier Titaniaweg angewendet. Dabei zeigte sich vor allem, dass die Positionierung von Vegetation im Strömungsfeld darüber entscheidet, in welchem Maße ein Kühlungseffekt wirksam wird. Typischerweise geschieht dies durch eine vitale und bewässerte Vegetation. Bei ungünstiger Anordnung mit einer Strömungsblockade kann allerdings sogar der gegenteilige Effekt eines Wärmestaus eintreten. Im Falle des Titaniaweges kristallisierte sich eine trichterförmige Anordnung der Bäume (Szenario 3) als besonders kühlungseffektiv heraus. Vor allem für die thermisch stark belasteten Wohnblöcke (Hausnummern 2 und 5) im Quartier Titaniaweg. Hierbei zeigte sich die Wichtigkeit der Integration von soziodemographischen Daten. Ein Vergleich der simulierten Hitzedaten mit der Altersstruktur konnte bis auf die Ebene der statistischen Blöcke vorgenommen werden. Nur diese Verschneidung ermöglicht eine blockgenaue Identifikation von Hitze-Hotspots im Sinne eines umfassenderen Planetary Health-Ansatzes. Mit dieser Unterstützung können sehr kleinräumige Analysen zur Ausgestaltung von bspw. grüner Infrastruktur erfolgreich gelingen (siehe Kabisch et al., 2023).

In den Szenarien wurde neben der grünen Infrastruktur auch die Kühlwirkung von Wasserflächen untersucht. Obwohl sich bei der gewählten Konfiguration kein wesentlicher Reduktionseffekt einstellt (Zehntelgradbereich), ist dennoch festzustellen, dass sich die Temperaturverteilung etwas verändert und es eine Abhängigkeit von der Größe der

Wasserfläche gibt. Die Web-Applikation bietet somit eine Möglichkeit solche Einflüsse direkt hochaufgelöst anzuschauen. Entsprechende Bewertungen für Handlungsempfehlungen können durch eine Optimierung der Auswahl geeigneter Maßnahmen hinsichtlich größtmöglicher Verbesserung der individuellen Hitzebelastung vorgenommen werden. Besonders in Bezug auf Wasserflächen sollte noch angemerkt werden, dass es neben der Flächenausdehnung eine Vielzahl an zusätzlichen Parametern gibt, die eine Kühlwirkung beeinflussen (z.B. Wassertiefe, stadtklimatische Vorgeschichte – Hitzewellen etc., Exposition gegenüber Sonnenstrahlung, Wärmeaustausch des Beckens mit der Umgebung, Wärmeleitfähigkeit/Wärmekapazität, chemische Zusammensetzung des Wassers usw.), aber nicht vollumfänglich in den stadtklimatischen Simulationen berücksichtigt werden können.

Insgesamt bietet die Web-Applikation eine gut geeignete Plattform, um relativ einfach eine kombinierte Auswertung von soziodemographischen und mikrometeorologischen Informationen vornehmen zu können und verschiedene Quartiere zu vergleichen. So zeigte sich im Titaniaweg (Ortsteil Grünau-Nord) generell ein höherer Anteil alter und hochaltriger Menschen verglichen mit dem Kolonnadenviertel (Ortsteil Zentrum-West). Schaut man sich dazu die Ortsteilebene aus stadtklimatischer Perspektive an, dann zeigt das Zentrum-West im Mittel eine höhere Wärmebelastung als Grünau-Nord. Gleichzeitig gibt es bei letzterem mehr und stärkere Hitze-Hotspots, die im Wesentlichen auf größere Freiflächen oder Parkplätze zurückzuführen sind. Durch die Kombination verschiedener methodischer Ansätze **und** verschiedener räumlicher Skalen ergibt sich somit eine klare Tendenz für den Titaniaweg hinsichtlich einer Fokussierung von Maßnahmen zur Reduktion von Hitzestress.

Zusätzlich ist die Attributierung der raum-zeitlichen Hitzeverteilung in der Applikation integriert und sehr nützlich für eine Priorisierung der Maßnahmen. Da diese aber ggf. herausfordernd zu interpretieren sein kann, muss das Tool zukünftig zwingend um eine schriftliche Dokumentation/Anleitung ergänzt werden oder eine Schulung der potentiellen Nutzer\*innen erfolgen. Dies ist für Weiterentwicklungen der Applikation im Blick zu behalten.

#### **(4) Wissenstransfer-Veranstaltungen**

Um die praktische Anwendbarkeit des Methoden-Baukastens und der darauf basierenden interaktiven Web-Applikation zu prüfen, wurde diese im Rahmen verschiedener Wissenstransfer-Veranstaltungen (2 Arbeitskreise, Workshops und Arbeitsgruppentreffen) vorgestellt und mit den Teilnehmer\*innen diskutiert. So konnten die Ergebnisse direkt an die Praxispartner\*innen und Bewohner\*innen rückgespiegelt werden. Gleichzeitig konnte die Entwicklung des Baukastens im Laufe des Projektes in enger Abstimmung mit den Teilnehmer\*innen vorangebracht werden. Insgesamt wurde bei den Treffen vor allem die Wichtigkeit geeigneter Kommunikation mit den Betroffenen hervorgehoben, um individuellem Hitzestress besser begegnen zu können. Dies ist mit dem Tool in jedem Fall gegeben, da dieses um eine 3D-Visualisierung der Szenarien und deren Darstellung in virtueller Realität ergänzt wurde. Somit können Design und konkrete Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen in einer 3D-Umgebung sehr immersiv, also besonders wirklichkeitsnah, erfahren werden.

Neben der Kommunikation wurde vor allem die Notwendigkeit von hochaufgelösten klimatischen Karten zur Bewertung von Anpassungsmaßnahmen im öffentlichen Raum stark

betont. Hierfür wurden die Zoom-Funktion der Anwendung und die hohe Auflösung der Karten, bspw. zur gefühlten Temperatur, sehr geschätzt. Die im Methoden-Baukasten enthaltenen Szenarien wurden zusätzlich sehr begrüßt, da Empfehlungen für die Ausgestaltung und räumliche Anordnung grüner Infrastruktur in hochaufgelöster Form bisher nicht vorliegen. Dies ist eine konkrete Unterstützung der kommunalen Arbeit im Hinblick auf die klimapolitischen Zielsetzungen sowie dem Gesundheitsschutz der Bevölkerung und wurde so auch entsprechend wahrgenommen. In Gesprächen mit dem Leipziger Gesundheitsamt wurde vereinbart, die Web-Applikation auf dessen Homepage einzubinden und somit als Kommunikationsinstrument der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen.

Zur Evaluation des Wissenstransfers und der erarbeiteten Produkte (interaktive Web-Applikation, 3D-Visualisierung/VR) führten wir im Rahmen des 2. Arbeitskreises eine kleine Umfrage unter den 18 Teilnehmenden durch. Etwa drei Viertel äußerten Interesse an einer Anwendung der Produkte in ihrem Arbeitsbereich, insbesondere im Hinblick auf die digitale Stadtplanung.

Des Weiteren wurden die 3D-Visualisierungen von Szenarien zur Umgestaltung der Grünfläche im Quartier Titaniaweg den Bewohner\*innen der umliegenden Wohnblöcke sowie Vertreter\*innen des Leipziger Wohnungsunternehmens LWB im Rahmen des uVITAL-Projektes präsentiert. Auf dieser Basis entwickelte sich eine lebhafte Diskussion hinsichtlich einzelner Gestaltungselemente und der Bedeutung der Grünfläche für den sozialen Zusammenhalt im Quartier.

## 5. Verwertung

a) **Teilnahme an Konferenzen, Workshops und Podiumsdiskussionen:** Auf der Fachmesse „*therapie* LEIPZIG“ wurde am 24.03.2022 (Neue Messe Leipzig) eine Podiumsdiskussion im Rahmen des Interdisziplinären „Hitzeforums“ durchgeführt. Unsere Sichtweise auf das Thema „Handeln zur Anpassung an Hitze in Städten“ im Rahmen des Projektes wurde dabei von Janine Pößneck vertreten. Die Veranstaltung wurde vom *Health for Future* & Allianz Klimawandel und Gesundheit e.V. (KLUG) veranstaltet.

Daniel Hertel nahm an der Vernetzungskonferenz „Kommunale Klimaanpassung im Dialog“ teil und wirkte am Workshop „Hitzevorsorge durch Aktionspläne der Kommunen“ mit. Dabei brachte er vor allem die „Planetary Health“-Sichtweise auf das Thema Klimaanpassung ein. Die Veranstaltung wurde am 24.03.2022 durch das Zentrum KlimaAnpassung im Auftrag des BMUV organisiert.

Das Forschungsprojekt wurde von Daniel Hertel auf der Konferenz der Internationalen Assoziation für Mensch-Umwelt-Beziehungen (IAPS) (06.-08.07.2022, Lissabon) als online-Präsentation unter dem Titel „Planetary Health as conceptual framework for heat-resilient neighbourhoods“ vorgestellt.

Eine Kurzpräsentation des Projektes erfolgte darüber hinaus auf dem „Science Day“ des Themenbereichs Umwelt und Gesellschaft am UFZ (29.06.2022) von Daniel Hertel.

Am 12.06.2023 hat Janine Pößneck im Rahmen der Konferenz EuroVis 2023 auf dem EnvirVis-Workshop (Visualisation in Environmental Sciences) eine gemeinsame Publikation zum Thema „Potential of 3D Visualisation and VR as Boundary Object for Redesigning Green Infrastructure – a Case Study“ (siehe auch Abschnitt b) vorgestellt.

Am 04.07.2023 hielt Uwe Schlink einen Vortrag bei der Geographischen Gesellschaft zu Leipzig mit dem Thema „Hitzestress in Städten und Möglichkeiten zur Anpassung“.

Zwecks fachlichen Austauschs mit dem weiteren Kolleg\*innenkreis am UFZ wurden in mehreren Veranstaltungen der methodische Ansatz und ausgewählte Ergebnisse präsentiert. Als wichtigste sind das Treffen der AG Stadt am 25.04.2023 und die Veranstaltung des Plattformprojektes CityTech am 07.07.2023 zu nennen.

Für die Tagung „Stadterneuerung im Klimawandel“ am 02./03.11.2023 in Kassel wurde ein Abstract des Projektteams akzeptiert. Hier wird vor allem die interaktive Web-Applikation vorgestellt werden. Die Tagungsergebnisse werden in einem Band veröffentlicht.

- b) **Publikationen:** Für das Buch „Resiliente Stadt – Konzepte, Konflikte, Lösungen“ (Herausgeber: S. Kabisch, D. Rink, E. Banzhaf) wurde vom Projektteam (Hertel et al. 2023, siehe Anhang) ein Beitrag zum Thema „Hitzestress in Stadtquartieren – Methodik und empirische Belege unter Nutzung des *Planetary Health* Ansatzes“ erarbeitet. Das Papier enthält erste Projektergebnisse und konzeptionelle Überlegungen. Die Veröffentlichung des gesamten Buches ist für September 2023 vereinbart.

In Zusammenarbeit mit einem weiteren Projekt am UFZ (uVITAL) wurde ein Beitrag zum Thema „Potential of 3D Visualisation and VR as Boundary Object for Redesigning Green Infrastructure – a Case Study“ im Rahmen des EnvirVis- Workshops auf der EuroVis Konferenz 2023 (siehe Abschnitt a) veröffentlicht. Dieser beleuchtet unter anderem wie komplexe Systeme, z.B. „Planetary Health“, geeignet kommuniziert/visualisiert werden können, um praxisrelevanten Impact zu generieren (Helbig et al., 2023, im Anhang).

Ein weiterer Beitrag wird im Transforming Cities Magazine, Ausgabe „Ökosystem Stadt“ mit dem Titel „Lokalem Hitzestress im Quartier zielgenau begegnen“ (Kabisch et al., 2023) erscheinen (siehe Anhang).

Eine abschließende Publikation ist im Zusammenhang mit der Tagung „Stadterneuerung im Klimawandel“ (siehe Abschnitt a) geplant. Es werden die Projektergebnisse mit Schwerpunkt auf der Entwicklung der interaktiven Web-Applikation diskutiert, aber auch die Herausforderungen und Chancen für die digitale Stadtplanung und die klimawandelangepasste Erneuerung von Bestandsquartieren näher beleuchtet.

- c) **Interviews:** Uwe Schlink hat für die Sendung „Zeitfragen“ am 19.07.2022 (zwischen 19:05 und 19:30) im Deutschlandfunk Kultur ein Interview zum Thema Hitzestress in Quartieren gegeben.

Ein weiteres Interview mit Uwe Schlink entstand für das Magazin Umschau des Mitteldeutschen Rundfunks zu den Herausforderungen des Klimawandels in Städten, mit besonderem Fokus auf Quartieren (Sendetermin August 2022).

- d) **Arbeitskreise mit Expert\*innen:** Der Kontakt zu den Praxispartner\*innen und die Kommunikation der Ergebnisse im Rahmen des Projektes, wurden vor allem über die beiden projektbegleitenden Arbeitskreise intensiviert. Die 1. Veranstaltung fand am 17.05.2022 von 13:30 – 16:00 im Visualisierungszentrum (VisLab) des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung-UFZ in Leipzig statt. Neben dem gesamten Projektteam

waren Teilnehmer\*innen aus dem Amt für Umweltschutz, Gesundheitsamt und Amt für Wohnungsbau und Stadtentwicklung der Stadt Leipzig vertreten. Darüber hinaus gab es Vertreter\*innen des Universitätsklinikums Halle (Epidemiologie), des sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, sowie vom Verein Ökolöwe. Nach der Vorstellung des Arbeitsstandes erfolgte eine Diskussion zu den Fragen „Welche Anpassungsmaßnahmen an Hitzestress sind aus Ihrem Arbeitsumfeld heraus erforderlich?“, „Gab es in Ihrer Arbeit bereits Anknüpfungspunkte zum Planetary Health-Konzept?“ und „Welche wissenschaftlichen Beiträge erwarten Sie zur Hitzeanpassung auf der Quartiersebene?“ Die wertvollen Diskussionsergebnisse wurden für die weitere Projektarbeit berücksichtigt, und eine intensiviertere Zusammenarbeit wurde vereinbart.

Der 2. Arbeitskreis fand am 19.04.2023 von 13:00 – 16:00 (ebenfalls im VisLab) statt. Der Teilnehmerkreis konnte im Vergleich zur 1. Veranstaltung deutlich erweitert werden. Neben dem Projektteam und den bereits oben genannten Teilnehmer\*innen waren Vertreter\*innen der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, der Leipziger Wohnungs- und Baugesellschaft, Health for Future Leipzig, der Wohnungsgenossenschaft „Lipsia“ eG, PISA Immobilien und dem Architektenbüro DNR anwesend. Nachdem die Diskussionsergebnisse aus dem 1. Arbeitskreis zur Schärfung des Planetary Health-Konzeptes und zur Entwicklung des Methoden-Baukastens eingeflossen waren, ging es im 2. Arbeitskreis vor allem darum, die Ergebnisse vor praxisnahen Expert\*innen vorzustellen und deren Feedback zur Anwendbarkeit in ihrer täglichen Arbeit abzuholen.

Wesentlicher Bestandteil nach Vorstellung der Projektergebnisse war die Präsentation der Anwendung des Methoden-Baukastens. Hierfür wurden 2 rotierende Gruppen gebildet. Die 1. Gruppe beschäftigte sich mit der Anwendung im Quartier Titaniaweg hinsichtlich der Szenarien für das Design der Quartiersbegrünung (siehe Kapitel 3.3). Hierfür wurden die Funktionalitäten einer interaktiven Web-Applikation live vorgeführt und mit den Gruppenteilnehmer\*innen diskutiert. Die 2. Gruppe konnte sich mit Hilfe einer 3D-Brille die verschiedenen Szenarien in virtueller Realität detailliert anschauen. Alle Teilnehmer\*innen haben dabei die Wichtigkeit des Forschungsansatzes unterstrichen und den wiederholten intensiven fachübergreifenden Austausch sowohl zwischen Wissenschaftler\*innen und Praxisvertreter\*innen als auch innerhalb der Gäste sehr gewinnbringend empfunden. Eine vor und nach der Veranstaltung durchgeführte Befragung bei den Anwesenden zu ihren Erwartungen an das Arbeitskreistreffen zeigte die hohe Zufriedenheit mit den Ergebnissen. Insbesondere die Web-Applikation wurde als sehr nützlich hervorgehoben. Eine deutliche Mehrheit konnte sich eine Anwendung im Arbeitsalltag vorstellen.

## **6. Fazit**

Trotz begrenzter Ressourcen konnte das Projekt die Wichtigkeit von einerseits interdisziplinärer Arbeit aber auch andererseits der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis überzeugend belegen. Gerade bei sehr komplexen Sachverhalten, wie lokale Ausprägungen von Hitzestress, die eine Vielzahl von Handlungsfeldern betreffen, ist dieser Ansatz essentiell. Das Projekt war ein neuartiges Vorhaben, das sozialwissenschaftliche Methoden (Befragungen, Auswertungen der Kommunalstatistik, etc.) mit



naturwissenschaftlichen Ansätzen (Stadtklimasimulation, thermischer Komfort etc.) kombiniert hat, um neues Wissen und Methoden zu generieren, die helfen, Hitzestress auf Quartiersebene besser und zielgerichteter zu begegnen. Als Syntheseprodukt erfolgt die Zusammenführung der verschiedenen methodischen Zugänge in Form eines „Methoden-Baukastens“ (siehe Kapitel 3.2). Dieser wurde in das Planetary Health-Konzept eingebettet, um Schlüsselfaktoren für eine gezielte Hitzestressreduktion auf Quartiersebene zu identifizieren.

Zusätzlich ermöglicht der Baukasten, zusammen mit den simulierten Szenarien verschiedener Quartiersbegrünungen, Vorschläge hinsichtlich des Designs von grüner Infrastruktur abzuleiten. „Real World“-Probleme erfordern solch inter- und transdisziplinäre Herangehensweisen, indem verschiedene methodische Zugänge bereits bei der Projektkonzeption mitgedacht werden. Dies verlangt einen permanenten Austausch der einzelnen Akteure, um das verwendete Modell entsprechend zu adjustieren. Das hier vorgestellte Projekt stellt somit einen innovativen Versuch dar, diese Art wissenschaftlichen Herangehens auf komplexe Problemstellungen anzuwenden und einen Mehrwert für eine gezielte Hitzestressreduktion zu liefern.

Gerade die Diskussion innerhalb der Arbeitskreise hat gezeigt, dass neben den „harten“ Einflussgrößen (z.B. Temperatur, Wind, thermischer Komfort (PET) usw.) auch „weiche“ Effekte (Zufriedenheit der Einwohner\*innen, Einfluss von Temperaturunterschieden auf die Gesundheit der Menschen in ihren Wohnungen, konkrete gesundheitliche Auswirkungen von Kühleffekten usw.) eine große Rolle bei den realen Auswirkungen von Hitzestress spielen.

Aufgrund der begrenzten Ressourcen im Projekt war es bisher nur möglich einzelne Quartiere miteinander zu vergleichen. Perspektivisch ist allerdings eine Simulation der Gesamtstadt anzustreben. Dies würde unter anderem auch eine konkrete Verschneidung mit der Klimaanalyse der Stadt Leipzig (Stadt Leipzig 2019, 2021) ermöglichen, sodass bspw. Kaltluftzonen im Methoden-Baukasten mit bedacht werden können. Letztlich muss es darum gehen hochaufgelöste Hitzerrisikokarten zu erstellen, die alle Faktoren berücksichtigen und als Planungsgrundlage für Anpassungsmaßnahmen, einschließlich Hitzeaktionspläne, dienen können. Durch geeignete Kommunikationsformate, die u.a. digital zur Verfügung gestellt und zielgruppenspezifisch aufbereitet werden, kann die Eigenverantwortung in der Bevölkerung gestärkt werden. Mit dem im Rahmen des Projektes entwickelten Methoden-Baukasten, der einfach erweiterbar und übertragbar ist, wird hierfür ein Beitrag geleistet.

## 7. Literaturverzeichnis

BMUV, Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe „Gesundheitliche Anpassung and die Folgen des Klimawandels (GAK)“ (2017): Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. In: Bundesgesundheitsblatt, 60, S. 662-672. <https://doi.org/10.1007/s00103-017-2554-5>

Buchholz, S. (2019): Inkas – ein vielseitiges Klimaberatungswerkzeug für die Stadtentwicklung. In: Lozán, J.L., Breckle, S.-W., Graßl, H., Kuttler, W., Matzarakis, A. (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Städte. pp. 269-274. <https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/buchreihe/die-staedte/kapitel-6-11-inkas-ein-vielseitiges-beratungswerkzeug-fuer-die-stadtentwicklung/>

Bunting, C., Cleeland, B., Graham, J.D., Florin, M.-V. (2010): Emerging Risks: Sources, Drivers and Governance Issues (2nd ed.). International Risk Governance Council (IRGC), Geneva. <https://doi.org/10.5075/epfl-irgc-228190>

DAS (2019): Monitoringbericht 2019 zur deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Bericht der interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2019>

French, M.A., S.F. Barker, R.R. Taruc, A. Ansariadi, G.A. Duffy, M. Saifuddaolah, A.Z. Agussalim, F. Awaluddin, Z. Zainal, J. Wardani, P.A. Faber, G. Fleming, E.E. Ramsay, R. Henry, A. Lin, J. O’Toole, J. Openshaw, R. Sweeney, S.S. Sinharoy, P. Kolotelo, D. Jovanovic, C. Shang, E.E. Higginson, M.F. Prescott, K. Burge, B. Davis, D. Ramirez-Lovering, D. Reidpath, C. Greening, P. Allotey, J.A. Simpson, A. Forbes, S.L. Chown, D. McCarthy, D. Johnston, T. Wong, R. Brown, T. Clasen, S. Luby, K. Leder, and the RISE consortium (2021): A planetary health model for reducing exposure to faecal contamination in urban informal settlements: Baseline findings from Makassar, Indonesia. *Environment International*, 155, 106679. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106679>

Helbig, C., Pößneck, J., Hertel, D., Sen, Ö. O. (2023): Potential of 3D Visualisation and VR as Boundary Object for Redesigning Green Infrastructure – a Case Study. In: Dutta, S., Feige, K., Rink, K., Zeckzer, D. (Hrsg.): Workshop on Visualisation in Environmental Sciences (EnvirVis), Proceedings. Eurographics. <https://doi.org/10.2312/envirvis.20231105v>

Hertel, D., und U. Schlink (2019): Decomposition of urban temperatures for targeted climate change adaptation. *Environmental Modelling & Software*, 113, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.11.015>

Hertel D., Zeidler J., Schlink U (2022): Urban climate modeling. In: Jacob, D., Teutsch, G., Koch, R. (Hrsg.): Helmholtz Climate Initiative: Final Report 2022. Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ, Leipzig, 2022, pp. 128 - 131. <https://doi.org/10.57699/MDTD-NR07>

Hertel, D., Pöbneck, J., Kabisch, S., Schlink, U. (2023, im Erscheinen): Hitzestress in Stadtquartieren. Methodik und empirische Belege unter Nutzung des Planetary-Health-Ansatzes. In: Kabisch, S., Rink, D., Banzhaf, E. (Hrsg.), Die resiliente Stadt – Konzepte, Konflikte, Lösungen, Springer.

Horton, R. (2013): Planetary health – a new vision for the post-2015 era. *The Lancet*, 382(9897), 1012. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61936-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61936-4)

Kabisch, S., Pöbneck, J. (2021): Grünau 2020: Ergebnisse der Bewohnerbefragung im Rahmen der Intervallstudie „Wohnen und Leben in Leipzig-Grünau“. UFZ-Bericht 1/2021, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ. Leipzig, 173 S.  
<https://doi.org/10.57699/76TC-4757>

Kabisch, S., Schlink, U., Hertel, D., Pöbneck, J. (2023, erscheint im September): Lokalem Hitzestress im Quartier zielgenau begegnen. 3D-Stadtklimasimulationen zur Gestaltung schattiger und einladender Grünräume. In: *Transforming Cities*, 3-2023, S. 56-60.

Karutz, R., Zozmann, H., Wollschläger, N., Schlink, U. (2023): Fassadenbegrünung als multifunktionales Resilienzinstrument: Ergebnisse des Leipziger Pilotprojektes „Lebendige Wände“. In: Kabisch, S., Rink, D., Banzhaf, E. (Hrsg.), *Die resiliente Stadt – Konzepte, Konflikte, Lösungen*, Springer.

KlimaKonform-Projekt: <https://klimakonform.uw.tu-dresden.de/> (letzter Zugriff: 24.08.2023)

Knifka, W., Karutz, R., Zozmann, H. (2023): Barriers and solutions to green facade implementation – a review of literature and a case study of Leipzig, Germany. *Buildings* 13 (7), art. 1621

Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley (2009): Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2), 32. <https://www.jstor.org/stable/26268316>

Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz, Stadtplanungsamt (2019) Abschlussbericht (Phase I): Stadtklimaanalyse Leipzig 2019. Vorgelegt von: J. Förster & C. Burmeister, GEO-NET-Umweltconsulting GmbH, Hannover. <https://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/energie-und-klima/stadtklima> (letzter Zugriff: 24.08.2023)

Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz, Stadtplanungsamt (2021) Leipzig Klimaanalyse – Phase II: Erweiterung der Planungshinweiskarte. Vorgelegt von: C. Burmeister & P. Trute, GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover. <https://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/energie-und-klima/stadtklima> (letzter Zugriff: 24.08.2023)

SVR-Gutachten, Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen (2023): Resilienz im Gesundheitswesen – Wege zur Bewältigung zukünftiger Krisen – Gutachten 2023. MWV Medizinisch Wissenschaftliche

Verlagsgesellschaft, S. 639. [https://www.svr-gesundheit.de/fileadmin/Gutachten/Gutachten\\_2023/Gesamtgutachten\\_ePDF\\_Final.pdf](https://www.svr-gesundheit.de/fileadmin/Gutachten/Gutachten_2023/Gesamtgutachten_ePDF_Final.pdf)

UBA (2022): KLIMALOTSE 3.0 – Offlineversion. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5612/dokumente/klimalotse\\_3.0\\_offline\\_version\\_2022.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5612/dokumente/klimalotse_3.0_offline_version_2022.pdf)

UBA (2023): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank>

uVITAL-Projekt: User-Valued Innovations for Social Housing Upgrading through Trans-Atlantic Living Labs. <https://www.ufz.de/index.php?de=47154> (letzter Zugriff: 24.08.2023)

Wollschläger, N., Zinck, F., Schlink, U. (2022): Sustainable Urban Development for Heat Adaptation of Small and Medium Sized Communities. *Land* 2022, 11(9), 1385. <https://doi.org/10.3390/land11091385>

## 8. Anhang: Publikationen

Im Projekt entstandene Publikationen

- I. Helbig, C., Pöbneck, J., Hertel, D., Sen, Ö. O. (2023): *Potential of 3D Visualisation and VR as Boundary Object for Redesigning Green Infrastructure – a Case Study*. In: Dutta, S., Feige, K., Rink, K., Zeckzer, D. (Hrsg.): *Workshop on Visualisation in Environmental Sciences (EnvirVis), Proceedings. Eurographics*. <https://doi.org/10.2312/envirvis.20231105v>
- II. Hertel, D., Pöbneck, J., Kabisch, S., Schlink, U. (2023, im Erscheinen): *Hitzestress in Stadtquartieren. Methodik und empirische Belege unter Nutzung des Planetary-Health-Ansatzes*. In: Kabisch, S., Rink, D., Banzhaf, E. (Hrsg.), *Die resiliente Stadt – Konzepte, Konflikte, Lösungen*, Springer.
- III. Kabisch, S., Schlink, U., Hertel, D., Pöbneck, J. (2023, erscheint im September): *Lokalem Hitzestress im Quartier zielgenau begegnen. 3D-Stadtklimasimulationen zur Gestaltung schattiger und einladender Grünräume*. In: *Transforming Cities*, 3-2023, S. 56-60.

# Potential of 3D Visualisation and VR as Boundary Object for Redesigning Green Infrastructure - a Case Study

C. Helbig<sup>1</sup>  and J. Pöbneck<sup>1</sup>  and D. Hertel<sup>1</sup>  and Ö. O. Sen<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Department of Urban and Environmental Sociology, Helmholtz Centre for Environmental Research—UFZ, Leipzig, Germany

<sup>2</sup>Department of Environmental Informatics, Helmholtz Centre for Environmental Research—UFZ, Leipzig, Germany

## Abstract

*Faced with most various challenges (e.g. climate change, biodiversity loss, population growth) that will affect people's future lives in cities, analysis, planning and communication tools that bring together data from different areas and thus create a holistic picture of the environment are needed. This includes data with a socio-economic background as well as data on urban structure, vegetation, climate data and many others. The integration of heterogeneous data and their visualisation are part of the presented case study. The aim was to create a boundary object that facilitates the communication between actors with different social and disciplinary backgrounds in the process of redesigning green infrastructure. 3D visualisation and virtual reality were demonstrated to various stakeholders in transfer events. They confirmed the visualisation's potential to serve as a boundary object. It represents an appropriate group-specific communication tool for a thematic Digital Twin that supports the transformation to a sustainable and resilient city in light of future changes.*

## 1. Introduction

In the context of the climate crisis, the potential of green infrastructure (GI) is being discussed due to its multi-functionality and ability to improve the urban environment [MA14, Lin17], although it can be viewed critically [DPD\*22]. However, the positive influence of GI on urban drainage resilience [RFB\*21], urban air quality [HAM20] and urban heat [HS19, WZS22] has been demonstrated in many studies.

The number and intensity of extreme events such as heat waves will increase in future [FBS\*12]. First signs pointing to such a development, especially after 1997, were analysed by e.g.: [CJS15, MCM\*17]. The (re)design of GI plays an important role in making cities resilient towards extreme events and promoting sustainable urban development. GI is embedded in a complex urban system and interacts with the surrounding environment demanding for a more comprehensive perspective for the evaluation of GI potentials in light of the climate crisis. Thus, adequately addressing the complexity of the urban environment requires an interdisciplinary perspective and the involvement of different actors. In this paper, we present the approach of using 3D visualisation as a boundary object to

1. analyse complex, heterogeneous data from different disciplines and
2. present it on a PC or in an immersive virtual reality (VR) environment to bridge communication boundaries in the context of urban planning and GI redesign.

In the context of this paper, by 3D visualisation we mean the

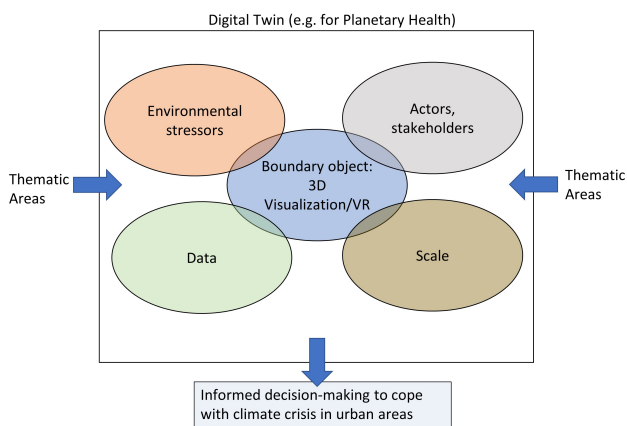
spatial representation of data such as buildings and vegetation using 3D models, as well as the representation of abstract data such as wind flow using streamlines. This 3D visualisation can be projected stereoscopic using a virtual reality environment.

## 2. Methods

### 2.1. Conceptual Framework

To cope with changing environmental conditions as a result of climate change, targeted and effective adaptation measures are necessary. Existing tools and guidelines to support municipalities with the implementation of climate adaptation strategies are often rather generalizing and abstract without concrete examples of application such as the redesign of GI. Furthermore, usually only individual kinds of data are considered (e.g. modelling, indicator development or socio-demographic data) and no systemic data integration that combines data outputs from various methodological and professional approaches [RSL\*20]. However, this cannot meet the complexity of the urban environment. Integrated assessments of the impacts of extreme events [NKB\*22] or an interdisciplinary approach, as represented by the concept of “Planetary Health”, can be helpful in addressing these challenges. [FBTa21] unite the following four thematic areas in their Planetary Health model that need to be considered when dealing with environmental stressors: physical/built environment, socio-economic well-being, environment and ecology, and human health. The result of such an integrative and interdisciplinary approach is a large amount and complexity of very different data sets. In order to provide added value for the urban

planning practice and to overcome barriers between these thematic areas, the interplay and combined effects on climate-adapted planning strategies need to be appropriately processed for and communicated to various stakeholders. This involves, e.g., planning authorities, the residents, housing companies, civil society initiatives, and the scientific community. All of them have different interests, needs and levels of knowledge. 3D visualisations and VR can be used as boundary objects to overcome communication challenges, bridge boundaries between these diverse stakeholders, and act as a synthesis channel (as thematic Digital Twin) for cross-sectoral concepts like “Planetary Health” that help coping with future challenges (Fig. 1).



**Figure 1:** Illustration of the conceptual framework

We interpret a Digital Twin as a virtual representation of a system (e.g., Planetary Health in urban areas) that involves the impact chain for a given challenge (e.g., heat stress) in order to enable well informed decision-making in light of future changes through the climate crisis. The boundary object acts as a melting pot for the different data sets and user groups to represent a platform (communication tool) for this virtual representation. Following Star and Griesemer ([SG89], p. 393), we understand the 3D visualisation as a specific tool that can be recognised and used by different actors, even if the information presented will be interpreted and adapted differently, depending on the disciplinary background as well as local requirements and individual needs.

Our approach is to use 3D visualisation as a boundary object and thus support communication between different actors involved in the discussions about redesigning GI. 3D visualisations and VR are increasingly used as a communication instrument in urban planning processes [MLB\*21, NvE\*21, Pei21, ZZ21]. [BTSW16] identified five challenges for implementing visualisation tools, including the “challenge of integrating data” and the “challenge of representing data”. The first, in addition to the amount of data, also refers to the integration of qualitative / social / “soft” values and quantitative / physical / “hard” parameters. The second challenge appears for instance in the way of switching seamlessly between different levels of detail. [HDB\*17] also identified challenges concerning the development of suitable visual exploration concepts and methods

as well as pointed out the need for implementing effective and tailored tools that are intuitive and provide adequate interaction methods. Besides technical questions, there are also psychological barriers [Wil20, HDB\*17] about integrating such advanced technologies in daily workflows of relevant stakeholders. They are not trained in using these technologies. More efforts in communicating the benefits, research about possible use cases, co-designing tools according to user needs or developing guidelines for good practices are required.

Based on the above, we address the following questions:

- To what extent can 3D visualisation / VR be used as a boundary object to create a thematic Digital Twin on the basis of which decisions can be supported?
- What is the potential of 3D visualisation / VR as a communication tool for GI redesign?
- How can data of different characteristics be integrated and represented in 3D space?
- How can usability be realised across different user groups?

## 2.2. Case Study

To develop and test 3D visualisation and VR as a boundary object for integrating different data sets and bridging boundaries between stakeholders as well as disciplines, we conducted a case study in the large panel housing estate Leipzig-Grünau, at the western fringe of the City of Leipzig. We selected this area because we can build on experiences and extensive data from previous studies at the Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Leipzig. The development of the entire housing estate has been investigated since 1979 within the framework of a sociological long-term study addressing, among other topics, residential satisfaction, environmental perception and the socio-demographic characteristics of the residents. A comprehensive and unique data set is available from eleven resident surveys. The most recent one took place in 2020 [KP21].

As part of the international and interdisciplinary project uVITAL (“User-Valued Innovations for Social Housing Upgrading through Trans-Atlantic Living Labs”, funded by the Federal Ministry of Education and Research – BMBF (DLR-PT); funding number: 01UG2025), we focused on a neighbourhood in the south-eastern corner of the district Grünau-North (see Fig. 2). The initial research was on housing upgrading, but it has been extended to redesigning GI.

In the specific case study area, there are five prefabricated panel buildings of nine storeys each. Four of them are rented out by the municipal housing company. One is used as a student residence. In between, there are green spaces with meadows and trees, and paths that connect the buildings. There is also an area where people can dry their clothes. There used to be a playground, but the equipment has been removed. In the near vicinity of the buildings, there are few seating facilities, only three smeared benches, that are difficult to access due to tripping hazards. This is important to mention because most of the residents in this area are elderly people who often live alone in a one- or two-room apartment. Some of them are with reduced mobility and have to use a wheelchair, walker or other





ownership and responsibilities, and questions about the concrete implementation of design options (including obstacles, legal requirements, etc.). Individual aspects of this have been considered in the creation of the design scenarios.

As part of the “Hitzestress” project, **urban climate simulations** were carried out in the case study area. The simulations were conducted by help of PALM-4U (see section 2.2) for 23.9.2010 since airborne thermal scans were available. As a result, the simulations provide hourly data on wind fields and PET (physiological equivalent temperature) values. The “PET is defined as the air temperature at which, in a typical indoor setting (without wind and solar radiation), the heat budget of the human body is balanced with the same core and skin temperature as under the complex outdoor conditions to be assessed” [Hö99]. The simulation outcomes were visualised with ParaView [AGL05] and exported as an FBX file, which was then imported into Unity as a game object.

Data from the **urban climate analysis** of the City of Leipzig was integrated [BT21]. In the analysis, data were collected on the microclimate, the flow field and the heat stress of the people in Leipzig. On the basis of this data, 17 action plans were derived and spatially represented. The action plan maps show where a specific strategy can help to reduce the heat load prevailing in the block or in the street space. The data is available in the form of PDF maps. These were analysed and the respective status for all 17 action plans was determined for each building in the scene.

**Orthographic photos** were used as a basis in order to reproduce the development of the area as realistically as possible. In addition, several site visits took place, during which **sketches and photos** of the surroundings were made. Additional information was obtained from Google Earth. The orthographic photos are given as images and were transformed to material textures in Unity and can thus be integrated into the scene.

Unity offers the possibility to integrate **sound effects**. In order to not only be able to experience the visual aspects of different scenarios in comparison to the current situation in the area, a sound file with traffic noise was integrated into the scene. This additional audio stimulus is intended to allow for experiencing the difference between the scenario and the status quo even more intensively. It must be pointed out, that the sound is perceived equally strongly from all positions in the area. In order to achieve a more realistic integration of the sound-scape, a precise analysis of the location regarding shielding/reflection of sounds would have to be carried out and then integrated into the scene. The sound file was available in MP3 format and could thus be easily integrated into Unity.

A number of **3D models** (buildings, vegetation, streets, etc.) are needed to set up the scene. These were directly downloaded from the Unity Asset Store.

### 2.3.2. Visualisation Methods

The representation of the different data described in section 2.3.1 is done according to their characteristics with the help of 2D or 3D representatives in a Unity scene. **Real world objects** such as buildings, vegetation, infrastructure (streets / pathways / tram tracks), outdoor furniture, playground / play area, and parking areas with cars are represented by realistic 3D models. The positioning of

these objects in the status quo scenario (see section 3.1) is based on the orthographic photos, the site inspection and information from Google Earth. When selecting 3D models in the Unity Asset Store, it is important to ensure that they are compatible with the corresponding version of Unity (2019) and that they have as few polygons as possible (especially for 3D models that appear several times in the scene). The richness of detail of a 3D model must always be weighed against its size in order to guarantee good performance of the scene. Unity supports the calculation and display of shadows of 3D models in the scene. For the representation of vegetation and with regard to the height of the buildings in the scene, the different shadow cast in the scenarios is very important. In an intuitive way, it represents coolness, especially if one set the scenario on a hot summer day.

In addition to the real world objects, the following **abstract objects** are added to the scene (see Fig. 3): streamlines (representing wind), plane with colour coding (representing PET values), coloured boxes around the buildings (representing the status of action plan of urban climate analysis), a cube with corresponding symbol (representing use of buildings, e.g. student residence, school, elderly care), and info points for additional information (see next paragraph).

In order to be able to integrate **2D data** such as socio-economic statistics and questionnaire data as well as photos into the scene, these are used as elements of the user interface.

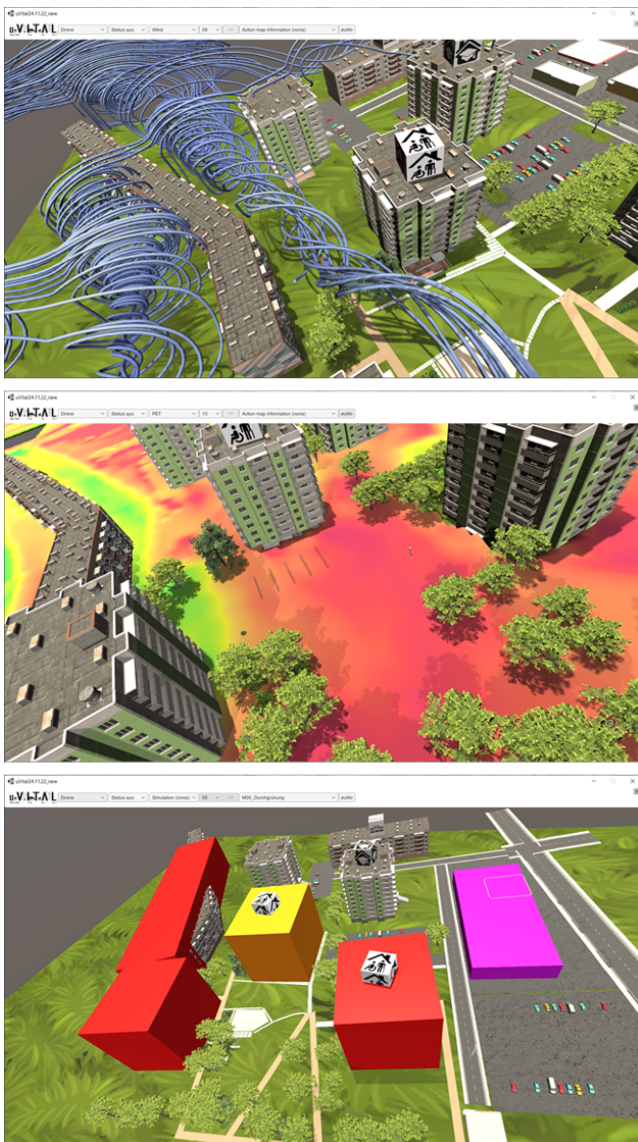
### 2.3.3. Navigation and Interaction

When it comes to complex, heterogeneous data, Shneiderman’s mantra “overview first, zoom and filter, details on demand” is still relevant [NS00]. This concept is particularly suitable when there are different user groups. In the developed application, a navigation bar gives the possibility to show and hide different data sets. In this way, the view can be adapted according to the question to be addressed. Thus, the complexity is reduced and details are only shown when necessary.

The different **scenarios** (Status Quo, Scenario 1, Scenario 2, for details see section 3.1) that can be displayed are selected via a drop-down menu. Likewise, the **simulation results** for wind and PET can be shown through such a menu. In addition, it is possible to select individual time steps. The relevance of individual measures of the **action map** (M01 Shading of buildings, M02 Green roofs, M03 Energetic renovation, M04 Unsealing, M05 Greening through, M06 Increase of surface albedo, M07 Creation of open green spaces, M08 Expansion of social networks, M10 Shading, M14 Increase micro-climatic diversity) can also be shown via a drop-down menu.

There are different **perspectives** that the user can select via another drop-down menu: Avatar (user can move around the scene from a first-person perspective), Drone (or bird’s eye view, it gives users a good overview of the area) and Avatar with figure (similar to the avatar perspective, here a figure is also displayed with which one moves). The avatar perspective is particularly suitable for movement in the VR environment. It offers the greatest immersion, as it comes closest to natural movement in an environment. Buildings, vegetation with their shadows as well as other landscape elements can be experienced.





**Figure 3:** Status quo scenario with streamlines of the wind simulation (top; bright blue means low wind speed, dark blue means high wind speed), a plane showing the PET values by colour (middle; reddish means high values - thermal uncomfortable, greenish means lower values - thermal comfortable), boxes around the buildings representing status of the recommended greening (bottom).

**Additional information** such as statistics on socio-economic issues, results from resident surveys as well as photos of the surroundings are integrated via a 2D display. The information can be opened by clicking on the purple or blue 3D "i" in the scene.

The **sound** is controlled by selecting the scenario (status quo = traffic noise). In addition, the user has the option to mute the sound completely.

### 3. Results with Discussion

#### 3.1. Scenarios

In our study, we have incorporated 3 scenarios in the application: status quo shows the current state of the area; scenario 1 and 2 are possible future scenarios in which various elements have been added to the status quo (see Fig. 5). In addition to GI, elements such as water features, facade shading, playgrounds and seating were integrated.

The results of the residents' survey (N=16), from which the priorities for concrete measures among the residents emerged, served as one basis for the development of the scenarios. For example, they were asked about desired measures to reduce heat stress in the building and the living environment. They could choose between the answer options "yes", "no", "already exists" and "don't know". The preferred measures are (answer "yes", order of decreasing agreement): Solar shading devices (78%), insulation of roof and facade (78%), tree planting (73%), fountains/water features (71%), air conditioning (63%), green facade (57%), and green roof (50%). The insulation and air conditioning measures were not taken into account in the scenarios, as these would only be visible in the interior anyway. Green facades and roofs were also not integrated, since on the one hand the statics of the buildings do not allow for green roofs and on the other hand the facades of the buildings have just recently been renovated, which makes the installation of both green roofs and facades very unrealistic. The scenarios were also based on the data from the qualitative interviews and on other best-practice projects in the area, such as the "Kolonnadengarten" (see Fig. 4).



**Figure 4:** "Kolonnadengarten" as a best-practice project in the large-housing estate Leipzig-Grünau

The scenarios created are described in more detail below:

The **status quo scenario** represents the current state of the area including the five nine-storey buildings, surrounded buildings such as a petrol station and a large block of flats, the green area including existing vegetation, an open space that used to be a playground, parking lots, paths, roads, tram tracks, seating, and clothes drying rails.

In scenarios 1 and 2, existing elements were retained (apart from the clothes drying rails) and others were added. In **scenario 1**, a water surface, seating with and without shade, a community garden, playground equipment and various types of vegetation (e.g., trees, bushes, flowers) were integrated. In **scenario 2**, the focus was, among other things, on increasing biodiversity, which is why additional vegetation types were added. In both scenarios, shading elements were integrated on the balconies of the nine-storey-buildings.



**Figure 5:** Status quo scenario (top), scenario 1 (middle), and scenario 2 (bottom) from avatar view (left images) and drone view (right images)

### 3.2. Transfer Events

Unity offers the possibility to build the application for different platforms. It is possible to use it on a PC, in a VR environment or with a head mounted display (HMD). As VR environment, we used the TESSIN VisLab at the UFZ, Leipzig [BFH\* 14].

As part of a stakeholder workshop (17.05.2022) in the “Hitzestress” project (see section 2.2), we used the VR environment to demonstrate PALM-4U results, our Planetary Health understanding and mobile measurement trajectories as a first application case for a thematic Digital Twin of the city. Primarily, the participants came from the city offices of Leipzig (health, environment, housing), university hospital Halle (epidemiology), environmental association “Ökolöwe” and had various professional backgrounds. The participants agreed that measurements and model results and their respective visualisation represents an important basis for regional recommendations for climate adaptation measures. Especially, energetic redevelopment or in general new climate related building projects should be monitored by measurements and/or visualisation/modelling before and after the construction start to be able to assess the impacts on the environment. Further, they strongly appreciate suggestions for designing GI and considering the health

of the ecosystem (vitality, age, better understanding of ecosystem services through Planetary Health concepts). Concerning these discussion results, all agreed that 3D and VR are useful for communicating with the local residents and finding/monitoring suitable sites for urban heat adaptation. To sum up, they argued for the importance of an appropriate communication to cope with individual heat stress and that there is a need for climate maps to assess climate adaptation measures in public spaces. So far, VR is seen as a communication tool with the local residents or to provide information for the public on the municipal homepages. There was no discussion about the benefits for their daily work because a thematic Digital Twin and the heat stress problem alone is not sufficient for the planning practice. Thus, as an addition, further developments of the presented VR approach need to incorporate already evaluated data that can be derived from the thematic Digital Twin of the city.

Based on the first stakeholder workshop, another took place about a year later (19.04.2023) with some of the same participants, but also with a number of new ones (from the “Health for Future” initiative, the DBU and from housing companies and planning offices). This time, they could test the VR with different scenarios using a HMD. A small survey was conducted to find out whether the 3D visualisation and VR could also be used in their field of work. 44% of all participants (N=18) answered “yes” (mainly from the housing and planning industry), 28% said “no”. Another 28% did not answer this question.

The VR environment was additionally used and discussed in the context of the uVITAL project meeting (09.08.2022, see Fig. 6) together with partners from the University of Huddersfield (UK) and the University of Delft who also deal with different kinds of 3D visualisations in their research (in addition to VR also BIM – Building Information Modeling). It was emphasised that the level of immersion, which varies according to the technology used, can play an important role. There was agreement that boundary objects can help to exchange knowledge and improve mutual understanding. However, it was stressed that careful consideration should be given to which tool is useful at which stage of a project or planning process.

Finally, the 3D visualisation including scenario 1 was presented to and discussed with four of the residents in the case study area and two representatives of the housing company during a meeting of the tenants’ association (02.11.2022). The presentation was generally welcomed with interest by all of them. One of the challenges was not to raise expectations that cannot be met. Therefore, it has been explained repeatedly by the scientists that the main point is to show what is technically possible. One resident compared scenario 1 to a spa park and welcomed the community garden. Another said that he did not want benches and tables because they would be used by drinkers or noisy people. A representative of the housing company pointed out that the access for the fire brigade would have to be considered for the green areas close to the house. These examples from the discussion illustrate the complexity of redesigning GI from a social science perspective and underline the importance of using 3D visualisations to foster communication between different stakeholders.

We would like to point out that there is a lot of research and analysis on the usability of 3D visualisation and VR in planning. It is





**Figure 6:** Colleagues from different disciplines exploring the developed scenes during the uVITAL workshop at the VisLab of the UFZ

beyond our focus to go into more detail in this paper. We would like to draw attention to Eilola et al. 2023 who state that there is a research-practise gap that risks that research does not create applicable knowledge of the usability of 3D visualisations. They stress that there is not enough critical evaluation of 3D visualisations concerning their benefits and limitations from communicative planning theory perspective in the complex reality of planning. They suggest a common framework for developing and reporting 3D visualisations [EJK\*23]. We agree with this assessment and would like to help systematise the research in this area in the future.

#### 4. Conclusion and Outlook

In this paper, we presented a visualisation application that served as a boundary object in the communication process during the development of scenarios for urban planning and GI redesign. Based on our findings, we answer the posed research questions as follows:

**To what extent can 3D visualisation / VR be used as a boundary object to create a thematic Digital Twin on the basis of which decisions can be supported?** In the paper, we provide evidence that the 3D visualisation / VR can be used to analyse complex, heterogeneous data from multiple disciplines. Furthermore, it can be presented on a PC or in an immersive VR environment. This helps to bridge communication boundaries. In several transfer events, the participants stressed the importance of an intensive, group specific and linguistically appropriate communication. They confirmed the visualisation's potential to fulfil this task and to serve as a boundary object for the development of a thematic Digital Twin.

**What is the potential of 3D visualisation / VR as a communication tool for GI redesign?** In the context of our case study on GI redesign and with regard to urban planning, the potential of the 3D visualisation / VR presented is the integration of heterogeneous data and its processing for different stakeholder groups. However,

when it comes to applying 3D visualisation / VR, it is important to bear in mind that the development of such an application is associated with a not inconsiderable amount of work, for which experts are required. Appropriate resources (finances, staff, time) and hardware infrastructure must be considered in project planning.

**How can data of different characteristics be integrated and represented in 3D space?** The different kinds of data were visualised according to their characteristics which allow for a systemic data integration (see section 2.1) via 3D visualisation as a boundary object. Natural objects such as buildings and vegetation were represented by a 3D object, data from simulation and climate report were assigned to abstract 3D objects. The socio-economic data available as a table were represented as graphs and projected in 2D in front of the scene, just like the photos.

**How can usability be realised across different user groups?** The transfer events provided unique opportunities to verify the usability of the presented visualisation pipeline among experts from very different professional backgrounds. The usability across different user groups was ensured by showing / hiding different data layers as needed. In this way, the level of detail in the scene could be customised depending on the actor and the focused question. However, it was not possible to conduct large-scale formal usability testing.

In future work, it would be beneficial to enlarge the data basis, e.g. with mobile measurements of environmental stressors [HBM\*22]. These spatially and temporally highly resolved data can enhance the thematic Digital Twin and support the verification of the simulation results. Additional simulations with input data based on the scenarios would be interesting. In order to facilitate the integration of such tools into the daily work of actors, the development of workflows for their implementation would be helpful (in order to reduce the development effort) as well as further training of actors in the technologies used.

#### Acknowledgements

C.H. and J.P. were financially supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF, funding number: 01UG2025) for the project uVITAL. J.P. and D.H. were financially supported by the German Federal Environmental Foundation (DBU) for the project "Heat stress at neighbourhood level" within the funding measure "Planetary Health" (grant number: 37993/01). We thank Karsten Rink from the Department of Environmental Informatics at UFZ for providing us the visualisation of the simulation data.

#### References

- [AGL05] AHRENS J. P., GEVECI B., LAW C. C.: Paraview: An end-user tool for large-data visualization. In *The Visualization Handbook* (2005). 4
- [BFH\*14] BILKE L., FISCHER T., HELBIG C., KRAWCZYK C., NAGEL T., NAUMOV D., PAULICK S.: Tessin vislab - laboratory for scientific visualization. *Environmental Earth Sciences* 72 (2014). doi: 10.1007/s12665-014-3785-5. 6
- [BT21] BURMEISTER C., TRUTE P.: Leipzig Klimaanalyse – Phase II Erweiterung der Planungshinweiskarte, 2021. URL: [https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02\\_3\\_Dez3\\_Umwelt\\_Ordnung\\_](https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02_3_Dez3_Umwelt_Ordnung_)

- [Sport/36\\_Amt\\_fuer\\_Umweltschutz/Energie\\_und\\_Klima/Stadtklima/Abschlussbericht\\_mit\\_Karten\\_Stadtklimaanalyse\\_Phase\\_II\\_Leipzig.pdf.4](#)
- [BTSW16] BILLGER M., THUVANDER L., STAHR WÄSTBERG B.: In search of visualization challenges: The development and implementation of visualization tools for supporting dialogue in urban planning processes. *Environment and Planning B Planning and Design* 44 (07 2016). doi:10.1177/0265813516657341. 2
- [CJS15] CHRISTIDIS N., JONES G. S., STOTT P. A.: Dramatically increasing chance of extremely hot summers since the 2003 European heatwave. *NATURE CLIMATE CHANGE* 5, 1 (JAN 2015), 46–50. doi:10.1038/NCLIMATE2468. 1
- [DPD\*22] DIEP L., PARIKH P., DODMAN D., ALENCAR J., SCARATI MARTINS J. R.: Problematising infrastructural “fixes”: critical perspectives on technocratic approaches to green infrastructure. *URBAN GEOGRAPHY* (2022). doi:10.1080/02723638.2022.2087947. 1
- [EJK\*23] EILOLA S., JAALAMA K., KANGASSALO P., NUMMI P., STAFFANS A., FAGERHOLM N.: 3d visualisations for communicative urban and landscape planning: What systematic mapping of academic literature can tell us of their potential? *Landscape and Urban Planning* 234 (2023), 104716. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920462300035X>, doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104716>. 7
- [FBS\*12] FIELD C., BARROS V., STOCKER T., QIN D., AL. (Eds.): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2012. 582 pp. 1
- [FBTa21] FRENCH M. A., BARKER S. F., TARUC R. R., AL.: A planetary health model for reducing exposure to faecal contamination in urban informal settlements: Baseline findings from makassar, indonesia. *Environment International* 155 (2021), 106679. doi:10.1016/j.envint.2021.106679. 1
- [HAM20] HEWITT C. N., ASHWORTH K., MACKENZIE A. R.: Using green infrastructure to improve urban air quality (gi4aq). *AMBIO* 49, 1 (JAN 2020), 62–73. doi:10.1007/s13280-019-01164-3. 1
- [HBM\*22] HELBIG C., BECKER A. M., MASSON T., MOHAMDEEN A., SEN O., SCHLINK U.: A game engine based application for visualising and analysing environmental spatiotemporal mobile sensor data in an urban context. *Frontiers in Environmental Science* 10 (2022). URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.952725>, doi:10.3389/fenvs.2022.952725. 7
- [HDB\*17] HELBIG C., DRANSCH D., BÖTTINGER M., DEVEY C., HAAS A., HLAWITSCHKA M., KUENZER C., RINK K., SCHÄFER-NETH C., SCHEUERMANN G., KWASNITSCHKA T., UNGER A.: Challenges and strategies for the visual exploration of complex environmental data. *International Journal of Digital Earth* 10, 10 (2017), 1070–1076. doi:10.1080/17538947.2017.1327618. 2
- [HPHS] HELBIG C., POESSNECK J., HERTEL D., SEN O.: uivial. URL: <https://zenodo.org/record/7885795>. 3
- [HS19] HERTEL D., SCHLINK U.: Decomposition of urban temperatures for targeted climate change adaptation. *Environmental Modelling & Software* 113 (2019), 20–28. doi:10.1016/j.envsoft.2018.11.015. 1
- [HZS22] HERTEL D., ZEIDLER J., SCHLINK U.: Urban climate modeling. In *Final Report Phase 1 - Ergebnisbericht der ersten Phase unserer Klima-Initiative*. Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ, Leipzig, 2022, pp. 128 – 131. 3
- [Hö99] HÖPPE P.: The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology* 43, 2 (1999), 71–75. doi:10.1007/s004840050118. 4
- [KP21] KABISCH S., PÖSSNECK J.: *Grünau 2020: Ergebnisse der Bewohnerbefragung im Rahmen der Intervallstudie "Wohnen und Leben in Leipzig-Grünau"*. Tech. Rep. 1/2021, Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ, Leipzig, Germany, 2021. URL: [https://www.ufz.de/index.php?de=20939&pub\\_id=24705](https://www.ufz.de/index.php?de=20939&pub_id=24705), doi:10.57699/76TC-4757. 2
- [Lin17] LINDHOLM G.: The implementation of green infrastructure: Relating a general concept to context and site. *SUSTAINABILITY* 9, 4 (APR 2017). doi:10.3390/su9040610. 1
- [MA14] MADUREIRA H., ANDRESEN T.: Planning for multifunctional urban green infrastructures: Promises and challenges. *URBAN DESIGN INTERNATIONAL* 19, 1 (SPR 2014), 38–49. doi:10.1057/udi.2013.11. 1
- [MCM\*17] MORABITO M., CRISCI A., MESSERI A., MESSERI G., BETTI G., ORLANDINI S., RASCHI A., MARACCHI G.: Increasing Heatwave Hazards in the Southeastern European Union Capitals. *Atmosphere* 8, 7 (2017). URL: <http://www.mdpi.com/2073-4433/8/7/115>, doi:10.3390/atmos8070115. 1
- [MLB\*21] MOKAS I., LIZIN S., BRIJS T., WITTERS N., MALINA R.: Can immersive virtual reality increase respondents' certainty in discrete choice experiments? a comparison with traditional presentation formats. *Journal of Environmental Economics and Management* 109 (2021), 102509. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069621000784>, doi:10.1016/j.jeem.2021.102509. 2
- [NKB\*22] NAZARIAN N., KRAYENHOFF E. S., BECHTEL B., HONDULA D. M., AL.: Integrated assessment of urban overheating impacts on human life. *Earth's Future* 10, 8 (2022), e2022EF002682. doi:10.1029/2022EF002682. 1
- [NS00] NORTH C., SHNEIDERMAN B.: Snap-together visualization: a user interface for coordinating visualizations via relational schemata. In *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces - AVI '00* (New York, New York, USA, 2000), ACM Press, pp. 128–135. doi:10.1145/345513.345282. 4
- [NvE\*21] NAZEMI M., VAN EGGEMOND M., ERATH A., SCHAFFNER D., JOOS M., AXHAUSEN K. W.: Studying bicyclists' perceived level of safety using a bicycle simulator combined with immersive virtual reality. *Accident Analysis & Prevention* 151 (2021), 105943. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457520317632>, doi:10.1016/j.aap.2020.105943. 2
- [Pei21] PEI L.: Green urban garden landscape design and user experience based on virtual reality technology and embedded network. *Environmental Technology & Innovation* 24 (2021), 101738. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186421003862>, doi:10.1016/j.eti.2021.101738. 2
- [RFB\*21] RODRIGUEZ M., FU G., BUTLER D., YUAN Z., SHARMA K.: Exploring the spatial impact of green infrastructure on urban drainage resilience. *WATER* 13, 13 (JUL 2021). doi:10.3390/w13131789. 1
- [RSL\*20] RAGHAVAN S., SIMON B. Y. L., LEE Y. L., TAN W. L., KEE K. K.: Data integration for smart cities: Opportunities and challenges. In *Computational Science and Technology* (Singapore, 2020), Alfred R., Lim Y., Havaluddin H., On C. K., (Eds.), Springer Singapore, pp. 393–403. 1
- [SG89] STAR S., GRIESEMER J.: Institutional ecology, translations and boundary objects - amateurs and professionals in berkeley's-museum-of-vertebrate-zoology, 1907-39. *Social Studies of Science* 19, 3 (August 1989), 387–420. doi:10.1177/030631289019003001. 2
- [Wil20] WILLIS P.: Headset go - how can virtual reality tools help meteorological research? industry experts discuss the tech's benefits. *Meteorological Technology International* (September 2020), 18 – 22. URL: <https://www.ukimediaevents.com/publication/b853e52b.2>

- [WZS22] WOLLSCHLÄGER N., ZINCK F., SCHLINK U.: Sustainable urban development for heat adaptation of small and medium sized communities. *Land 11*, 9 (2022). 1
- [ZZ21] ZHANG R.-X., ZHANG L.-M.: Panoramic visual perception and identification of architectural cityscape elements in a virtual-reality environment. *Future Generation Computer Systems 118* (2021), 107–117. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X20330843>, doi:10.1016/j.future.2020.12.022. 2



Sigrun Kabisch · Dieter Rink  
Ellen Banzhaf *Hrsg.*

# Die Resiliente Stadt

Konzepte, Konflikte, Lösungen

OPEN ACCESS



Springer Spektrum

---

Sigrun Kabisch · Dieter Rink · Ellen Banzhaf  
(Hrsg.)

# Die Resiliente Stadt

Konzepte, Konflikte, Lösungen



*Hrsg.*

Sigrun Kabisch  
Department Stadt- und Umweltsoziologie  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
Leipzig, Deutschland

Dieter Rink  
Department Stadt- und Umweltsoziologie  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
Leipzig, Deutschland

Ellen Banzhaf  
Department Stadt- und Umweltsoziologie  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung  
Leipzig, Deutschland



ISBN 978-3-662-66915-0      ISBN 978-3-662-66916-7 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-66916-7>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ 2024. Dieses Buch ist eine Open-Access-Publikation.

**Open Access** Dieses Buch wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Buch enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Coverabbildung: Das Foto zeigt eine Demonstration von Fridays For Future in Leipzig. Sie fand im September 2019 auf dem zentralen Augustusplatz statt. Im Hintergrund sind die Hauptgebäude der Leipziger Universität zu sehen. Foto: © Dieter Rink

Planung/Lektorat: Simon Shah-Rohlf

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany





# Hitzestress in Stadtquartieren – Methodik und empirische Belege unter Nutzung des *Planetary-Health*-Ansatzes

# 16

Daniel Hertel , Janine Pöbneck , Sigrun Kabisch  und Uwe Schlink 

## 16.1 Einleitung

Durch den Klimawandel wird die urbane Resilienz gegenüber Extremereignissen, Störungen und Krisen herausgefordert, weil er die Aufrechterhaltung grundlegender städtischer Funktionen beeinträchtigt (Kuhlicke et al. 2020). Für die Entwicklung und Umsetzung gezielter und effektiver Anpassungsstrategien ist neben der gesamtstädtischen Perspektive die Betroffenheit auf Quartiersebene relevant. Dies ist insbesondere nötig, da Resilienz keinen statischen Zustand repräsentiert, sondern durch Anpassung und Transformation erzeugt wird (siehe Rink et al. in diesem Band). Das betrifft zum Beispiel den Umgang mit und die Anpassung an plötzlich auftretende Wetterextreme wie Hitzewellen.

Eine zentrale Voraussetzung dafür ist die genaue, vorausschauende Bewertung des möglichen Hitzestresses. Darunter werden hitzebedingte Belastungen des menschlichen Organismus verstanden, die im Verlauf von Hitzewellen zu ernststen gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können. Für die Bewertung werden mikrometeorologische Simulationen mit soziodemographischen Daten der Kommunalstatistik kombiniert,

---

D. Hertel (✉) · J. Pöbneck · S. Kabisch · U. Schlink  
Department Stadt- und Umweltsoziologie, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ,  
Leipzig, Deutschland  
E-Mail: [daniel.hertel@ufz.de](mailto:daniel.hertel@ufz.de)

J. Pöbneck  
E-Mail: [janine.poesneck@ufz.de](mailto:janine.poesneck@ufz.de)

S. Kabisch  
E-Mail: [sigrun.kabisch@ufz.de](mailto:sigrun.kabisch@ufz.de)

U. Schlink  
E-Mail: [uwe.schlink@ufz.de](mailto:uwe.schlink@ufz.de)

sodass die gruppenspezifische Betroffenheit räumlich differenziert erkennbar wird. Um Einblicke in den alltagsweltlichen Umgang mit Hitzestress im Quartier zu erhalten, kommen Befragungen von Bewohner\*innen zum Einsatz. Die Befragungsergebnisse sind Bestandteil des umfassenden Herangehens an die Herausforderungen von Hitzestress auf Quartiersebene. Sie helfen, durch gezielte Interventionen die Wohnbevölkerung besser vor den Folgen von Hitzestress zu schützen und dadurch individuelle Gesundheitsrisiken zu minimieren (zur persönlichen Exposition von Bewohner\*innen siehe Helbig et al. in diesem Band). Dieses interdisziplinäre Vorgehen charakterisiert den *Planetary-Health-Ansatz*, welcher die Wechselwirkungen zwischen der Gesundheit, der menschlichen Zivilisation und den natürlichen Systemen (z. B. Biosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre) sowie deren gegenseitige Abhängigkeiten betont (Horton 2013).

Im Folgenden wird Hitzestress ausgehend von der gesamtstädtischen Skala auf der Quartiersebene untersucht. Nach einer Vorstellung der beiden Untersuchungsquartiere werden die jeweiligen mikrometeorologischen Simulationen mithilfe des Modells PALM-4U beschrieben. Der Fokus liegt hierbei auf dem thermischen Komfort. In der Zusammenschau mit kommunalstatistischen Daten und selbst generierten Befragungsergebnissen sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

1. Wie kann die Ausprägung von Hitzestress auf Quartiersebene bestimmt werden?
2. Welche Erkenntnisse sind aus dem Forschungszugang für die Nutzung des *Planetary-Health-Ansatzes* abzuleiten?

Nach der Ergebnisdiskussion schließt sich eine kritische Reflexion des verwendeten methodischen Designs an. Zum Abschluss werden die Forschungsergebnisse als Beitrag zur Anwendung des *Planetary-Health-Ansatzes* eingeordnet.

---

## 16.2 Zum Umgang mit Hitzestress von der Gesamtstadt bis zur Quartiersebene

Im Kontext der weltweit zunehmenden Urbanisierung sind Städte Brennpunkte für Gesundheitsrisiken in Folge von Klimaextremereignissen wie Hitzewellen. Dabei sind verschiedene Skalen von der Stadtregion bis zum Quartier bzw. der unmittelbaren Nachbarschaft zu beachten. Städte und ihre Quartiere weisen unterschiedliche Lagemerkmale und variierende Freiraum- und Bauungsstrukturen auf, sodass Umwelteinflüsse in den verschiedenen Teilräumen ungleiche Wirkungen entfalten. Des Weiteren sind Quartiere durch variierende soziodemographische Merkmale ihrer Bewohnerschaft gekennzeichnet. Dies impliziert Fragen der Betroffenheit und damit der Gerechtigkeit. Fekkek et al. (2016, S. 77) weisen darauf hin: „Auch unter dem Aspekt der Verletzlichkeit sind Fragen der sozialen Gerechtigkeit und Umweltgerechtigkeit in den Blick zu nehmen, da die Betroffenheiten sowohl räumlich ... als auch zwischen sozialen Gruppen ungleich verteilt sind.“ Um dem entgegenzuwirken, bedarf es einer genauen Bestandsanalyse

auf Quartiersebene. Prioritäre Interventionspunkte sind zu identifizieren, um Robustheit, Widerstandsfähigkeit und Anpassungsvermögen im Sinne von urbaner Resilienz gegenüber Extremereignissen zu stärken. Dies wird in der bisherigen Debatte um urbane Hitzeinseln kaum berücksichtigt. So wird der Hitzeinseleffekt, welcher Hitzestress verstärken kann, meist nur im Vergleich zwischen Stadt und offenem Umland behandelt (Krug und Mücke 2018). Die räumliche Feinstruktur der thermischen Bedingungen („Wärme-Archipel“), also hinsichtlich eines differenzierenden Quartiersbezugs, findet wenig Beachtung (Hupfer und Kuttler 2006; Kuttler 2012). Das Quartier als wichtige Interventions- und Handlungsebene spielt eine zentrale Rolle, was auch im Umweltgutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen der Bundesregierung hervorgehoben wird (SRU 2020, Kap. 7). Hier wird betont, dass auf der Quartiersebene das eigene Handeln wirksam wahrgenommen wird, dass Alltagskultur und Daseinsvorsorge konkret erfahren und dass Synergien und Defizite spürbar werden (ebd., S. 406). Das Quartier umfasst das unmittelbare Lebensumfeld der Stadtbevölkerung, wo alltagsweltliche Routinen gelebt werden und eine stadträumliche Verankerung existiert (siehe Schmidt et al. in diesem Band).

Zum Umgang mit Hitzestress gehören darüber hinaus die Wahrnehmung von Umweltbelastungen und das Risikobewusstsein verschiedener Bevölkerungsgruppen. So wird Hitzestress aufgrund unterschiedlicher Lebensbedingungen und körperlicher Konstitution nicht von allen Menschen gleich stark empfunden (Großmann et al. 2012). Gerade Personen mit Mehrfachbelastung im Alltag und vulnerable Gruppen wie Ältere oder Menschen mit Behinderung haben besondere Herausforderungen zu bewältigen. Ihre Wohn- und Mobilitätsbedingungen, ihr Zugang zu grün-blauer Infrastruktur oder die Möglichkeiten, Alltagsroutinen zu durchbrechen, sind hinsichtlich einer individuellen Verhaltensanpassung zu beachten. Darüber hinaus belegen Studien, dass ältere Menschen überdurchschnittlich häufig gesundheitliche Risiken unterschätzen und sich schwer von Alltagsroutinen lösen können (Sandholz et al. 2021).

Notwendige stadtplanerische Maßnahmen wie Hitzeaktionspläne dienen dem Ziel, gesundheitsfördernde und hitzeresiliente Lebensbedingungen zu begünstigen. Hitzeaktionspläne zeigen präventive Handlungsoptionen auf und unterstützen die Kommunikation im Umgang mit Hitzestress. Ihre Struktur und Ausgestaltung kann auf Leitfäden der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zur Erstellung von Hitzeaktionsplänen aufbauen. Seitens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUV 2017) sind entsprechende Handlungsempfehlungen vorgelegt worden. Diese umfassen Sofort- und Langfristmaßnahmen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Bisherige Erfahrungen zeigen allerdings, dass der konkrete Einsatz der Hitzeaktionspläne begrenzt ist und je nach Kommune unterschiedlich gestaltet wird. Darüber hinaus bleibt eine für die jeweilige Quartiersstruktur angepasste Umsetzung weitgehend aus (Osterloh 2022).

Dennoch wird der Handlungsbedarf auf städtischer Ebene durchaus anerkannt. Beispielsweise verfügt die Stadt Erfurt bereits über einen Hitzeaktionsplan (Hitze-Portal<sup>1</sup> der Stadt Erfurt). Die Stadt Leipzig hat eine Stadtklimaanalyse erarbeiten lassen (Stadt Leipzig 2019). Hierin werden vor allem typische Kaltluftprozessräume identifiziert und zusammen mit einer bioklimatischen Bewertung Planungshinweiskarten für den Tag und für die Nacht vorgelegt. Diese Karten (Auflösung 10 m) wurden hinsichtlich der zukünftigen klimatischen Entwicklung und entsprechender klimatischer Sanierungsbereiche ausgewertet, sodass verschiedene Anpassungsmaßnahmen entwickelt werden konnten. Zur Priorisierung wurden außerdem Daten zu besonders vulnerablen Bevölkerungsgruppen (Anteil an Kleinkindern und älteren Menschen) sowie zur Bevölkerungsdichte und dem Vorhandensein sensibler Infrastruktureinrichtungen (z. B. Krankenhäuser, Seniorenheime) einbezogen (Stadt Leipzig 2021). Ein Hitzeaktionsplan ist in Erarbeitung.

Anknüpfend an die skizzierten Erfahrungen und Wissensvorräte soll der hier präsentierte Forschungszugang in den *Planetary-Health*-Ansatz eingeordnet werden.

---

### 16.3 Zur Einordnung des Forschungszugangs in den *Planetary-Health*-Ansatz

Die Herausforderung, hitzeresiliente Quartiere zu schaffen, steht in einem engen Zusammenhang mit den zentralen Perspektiven des *Planetary-Health*-Ansatzes:

1. Die Menschen müssen ihr Verhältnis zur Umwelt und deren Wahrnehmung grundlegend neu denken.
2. Das Wissen über die Wechselwirkungen zwischen Umwelteinflüssen und individueller Gesundheit muss verbessert werden.
3. Das Verständnis für praktische Realisierungen nachhaltiger Lösungen zur Minimierung langzeitlicher Gesundheitsrisiken muss vertieft und deren Implementierung verstärkt werden (nach Gabrysch 2018, S. e372).

Der *Planetary-Health*-Ansatz wird in der Gesundheitsforschung als Paradigmenwechsel bezeichnet, der durch eine starke multi- und interdisziplinäre Herangehensweise charakterisiert ist (Müller et al. 2018). In seinem Rahmen werden lokale Gesundheitsrisiken im Kontext globaler Systeme betrachtet. Planetare Gesundheit wird von den Menschen in den Städten und vor allem deren Quartieren „global gedacht und lokal gemacht“ (Masztalerz und Kleineberg-Massuthe 2019, S. 5).

Die Wirkung und Intensität von Umweltstressoren hängt von einer Vielzahl von Handlungsfeldern ab. Diese schließen die individuellen Lebensumstände, die von sozio-

---

<sup>1</sup> <https://www.erfurt.de/ef/de/leben/oekoumwelt/stadtklima/hitze/index.html> (02.12.2022).

demographischen Merkmalen bestimmt werden, ein. French et al. (2021) benennen folgende, einzubindende Themenfelder: sozioökonomisches Wohlbefinden, individuelle Gesundheit, Umwelt und Ökologie sowie physikalische/bebaute Umwelt. *Planetary Health* bietet somit ein ganzheitliches Konzept im Umgang mit gesundheitsbeeinflussenden Extremereignissen und urbaner Resilienz.

Hitzewellen gehören zu den besonders dramatischen Umweltextremen, die zu erheblichen Beeinträchtigungen der Gesundheit, der Lebensqualität und des Wohlbefindens der Menschen führen. Dafür liegen medizinisch gesicherte Belege vor (Adams und Jardine 2020; Krug und Mücke 2018). Die hohen Zahlen an Hitzetoten sind die tragischste Auswirkung. Auf der Basis belastbarer Schätzungen wurden 2018 deutschlandweit 8700 hitzebedingte Sterbefälle, 2019 6900 und 2020 3700 registriert (Winklmayr et al. 2022).

Hitzestress wirkt nicht nur unmittelbar auf den Menschen, sondern auch mittelbar, da die urbane Vegetation ebenfalls leidet. Vertrocknen Bäume, dann fällt ihre kühlende und schattenspendende Funktion aus (siehe Knapp und Dushkova in diesem Band). Dieser Verlust führt zu einer stärkeren Erwärmung und damit zu erhöhtem Hitzestress. Fassadengrün, als Beispiel für eine konkrete Anpassungsmaßnahme gegenüber Hitzestress (siehe Karutz et al. in diesem Band), kann bei einem solchen Funktionsverlust nicht mehr zur Stärkung der Hitzeresilienz beitragen. Dementsprechend wird ein umfassender Zugang benötigt, der häufig unzureichend realisiert wird, sodass manche Analysen und Bewertungen zu kurz greifen (Cou tts und Hahn 2015).

In zunehmenden Maße wird Hitzestress als ein gravierendes, durch den Klimawandel verstärktes Problem für die Gesundheit anerkannt. In einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage des Umweltbundesamtes von 2016 sahen sich ~50 % der Befragten nur wenig oder überhaupt nicht gesundheitlich von Hitzestress betroffen (UBA 2019, S. 33). Darüber hinaus hat das Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation an der Fachhochschule Erfurt eine Vielzahl von Umsetzungs- und Kommunikationshemmnissen hinsichtlich des Umgangs mit Hitze und ihren gesundheitlichen Auswirkungen identifiziert (ISP 2021, S. 20–33). Mit der Anwendung des *Planetary-Health*-Ansatzes bei der Untersuchung von Hitzestress auf Quartiersebene soll ein Beitrag zu entsprechendem Umdenken geleistet werden.

---

## 16.4 Methodisches Vorgehen

Die Stadt Leipzig stellt das übergeordnete Untersuchungsfeld für den hier präsentierten interdisziplinären Forschungsansatz dar. Somit ist das Forschungsvorhaben Bestandteil des Stadtlabors Leipzig (siehe Banzhaf et al. in diesem Band).

Entsprechend der Lage in der ostdeutschen Tieflandsbucht (51°20'N, 12°22'E) sind die klimatischen Bedingungen Leipzigs nach Köppen-Geiger durch das Cfb-Klima (warm gemäßigt mit warmen Sommern, vollständig humid) charakterisiert (Kottek et al. 2006). Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,1 °C, und der mittlere Jahresniederschlag

umfasst 584,6 mm (DWD Messstation Leipzig-Holzhausen). In der Großstadt lebten Ende 2021 ca. 610.000 Einwohner\*innen auf 298 km<sup>2</sup>. 18 % der Stadtfläche sind als Erholungs- und Waldfläche ausgewiesen (Stadt Leipzig 2022a).

Administrativ ist Leipzig in 63 Ortsteile, die über spezifische Charakteristika verfügen, gegliedert. Zwei unterschiedliche Ortsteile wurden als Untersuchungsquartiere ausgewählt. Sie werden jeweils hinsichtlich Temperatur-Hotspots, Grünflächenanteil, Wohnbaustruktur und Alters- und Sozialstruktur näher beleuchtet, um die Ausprägung von und den Umgang mit Hitzestress zu bestimmen. Die kommunalstatistischen Daten sind neben der Ortsteilebene bis auf die Ebene der statistischen Blöcke (SB) verfügbar. Die SB sind nicht mit Baublöcken zu verwechseln; sie sind eine rein kommunalstatistische Kategorie. Der Ortsteil Grünau-Nord umfasst 42 SB, der Ortsteil Zentrum-West 54 SB.

#### **16.4.1 Kommunalstatistische Charakteristik der Untersuchungsquartiere Grünau-Nord und Zentrum-West**

Die Fallstudie umfasst zwei Leipziger Wohnquartiere, die sich kontrastierenden Quartierstypen – randstädtisches Plattenbaugebiet (Grünau-Nord) und innenstadtnahes Wohngebiet mit gemischter Baustruktur (Zentrum-West) – zuordnen lassen. Zentrale Auswahlkriterien waren die Lage und Größe der Quartiere, die Baustruktur, die Ausstattung mit Grünflächen, die Bevölkerungs- und die Eigentumsstruktur.

Grünau-Nord ist einer von fünf Ortsteilen der randstädtischen Großwohnsiedlung Leipzig-Grünau. Diese ist komplett in Plattenbauweise errichtet worden. Der Ortsteil erstreckt sich insgesamt über 0,95 km<sup>2</sup> (0,44 km<sup>2</sup> Wohnbaufläche). Davon zählen 15 % als Erholungs- und Waldflächen. Der Ortsteil Zentrum-West grenzt an den Leipziger Innenstadtring an und ist durch eine Mischbebauung mit Gründerzeithäusern und Plattenbauten auf 1,65 km<sup>2</sup> (0,50 km<sup>2</sup> Wohnbaufläche) und einen hohen Anteil an Erholungs- und Waldflächen (30 %) sowie knapp 10 % Wasserfläche gekennzeichnet (Stadt Leipzig 2022a).

In Grünau-Nord lebten Ende 2021 9012 Menschen, im Zentrum-West 11.263. Es ergeben sich vergleichsweise hohe Einwohnerdichten von 9540 Einwohner\*innen pro km<sup>2</sup> in Grünau-Nord und 7056 Einwohner\*innen pro km<sup>2</sup> im Zentrum-West (ebd.). Um erkennen zu können, inwieweit ein Quartier von Hitzestress betroffen ist, wird die jeweilige Bewohnerschaft anhand ihrer soziodemographischen Merkmale beschrieben. Es fallen markante Unterschiede hinsichtlich Altersstruktur, Ausbildungsabschluss, Erwerb und Einkommensniveau auf (Tab. 16.1). Die Altersstruktur in Grünau-Nord ist einerseits durch einen sehr hohen Anteil älterer Bewohner\*innen gekennzeichnet. Andererseits erhöhte sich aufgrund des vermehrten Zuzugs von Familien in der jüngeren Vergangenheit der Anteil an Kindern und Jugendlichen. Im Zentrum-West dominieren die mittleren Altersgruppen. Des Weiteren zeigt sich, dass das Bildungs- und Einkommensniveau in Grünau-Nord deutlich niedriger ist als im Zentrum-West.

**Tab. 16.1** Ausgewählte soziodemographische Daten der Stadt Leipzig und der Ortsteile Grünau-Nord und Zentrum-West. (Stadt Leipzig 2022a, Stand der Daten: 2021)

Merkmale	Leipzig	Grünau-Nord	Zentrum-West
Durchschnittsalter [Jahre]	42,4	43,6	38,8
Jugend-/Altenquote <sup>2</sup> [%]	21/30	27/44	19/19
Anteil Personen mit Hochschulabschluss [%]	28	16	54
Hauptquelle des Lebensunterhalts: Anteil Erwerbseinkommen [%]	62	35	78
Median persönl. Nettoeinkommen pro Monat [€]	1.592	1.500	1.950

### 16.4.2 Mikrometeorologische Simulation der beiden Untersuchungsquartiere mittels PALM-4U

Um die thermische Situation in den beiden Untersuchungsquartieren vergleichend zu bewerten, kam das mikrometeorologische Modell PALM-4U (v6.0, 2018) zur Anwendung.<sup>3</sup> PALM-4U ist ein dreidimensionales, nicht hydrostatisches LES-Modell (*Large-Eddy Simulation*) (Maronga et al. 2019). Damit sind turbulente Strömungen in komplexen Umgebungen hochaufgelöst und performant berechenbar. Das originale LES-Modell PALM (engl. *Parallelized Large-Eddy Simulation Model*) existiert bereits seit 1997. Es wurde ab 2015 schrittweise für urbane Anwendungen (4U) erweitert. Das Anwendungsspektrum umfasst u. a. Bestandsanalysen, Variantenprüfungen (Szenarien), Kommunikation, Klimawandel, Windturbinen und Windböen-Abschätzungen für Flughäfen. Aufgrund der Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten und der Kombination aus hoher Genauigkeit und effizienter Rechenleistung gewinnt es für eine klimaangepasste Stadtplanung zunehmend an Bedeutung.

Da solche Modelle sehr rechenintensiv sind, wird meist nur ein Zeitfenster von einem Tag oder wenigen Tagen simuliert. Aufgrund der Verfügbarkeit luftgestützter Thermalaufnahmen wurde der 23.09.2010 als Simulationsgrundlage für eine repräsentative warme Hochdruckwetterlage gewählt. Den Ausgangspunkt für die Simulationen bildete ein hochaufgelöster 3D-Datensatz für das gesamte Stadtgebiet von Leipzig. Zur Analyse der beiden Untersuchungsquartiere wurde jeweils ein Gitter mit  $750 \times 750$  Zellen (je  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ) ausgeschnitten und für die Simulationen aufbereitet.

<sup>2</sup>Die Jugendquote beschreibt die Zahl der Einwohner\*innen im Alter von unter 15 Jahren im Verhältnis zur Zahl der Einwohner\*innen im Alter von 15 bis unter 65 Jahren (Stadt Leipzig 2022a). Die Altenquote beschreibt die Zahl der Einwohner\*innen im Alter von 65 Jahren und älter im Verhältnis zur Zahl der Einwohner\*innen im Alter von 15 bis unter 65 Jahren (Stadt Leipzig 2022a).

<sup>3</sup>Vertiefende Informationen auf der Modell-Homepage: <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac> (02.12.2022).

Die zur Modellinitialisierung erforderlichen meteorologischen Randbedingungen (Lufttemperatur in 2 m Höhe über dem Boden, spezifische Feuchte und bodennahe Windgeschwindigkeit) wurden von der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) am Flughafen Leipzig-Halle<sup>4</sup> und der Messstation des Leipziger Institutes für Meteorologie<sup>5</sup> übernommen.

### 16.4.3 Bewohnerbefragungen in den Untersuchungsquartieren Grünau-Nord und Zentrum-West

Die Wahrnehmungen und Einschätzungen der Bewohner\*innen hinsichtlich ihrer Betroffenheit von Hitzestress sowie ihre Priorisierung von Schutzmaßnahmen wurden mithilfe eines explorativen Ansatzes ermittelt. Dazu dienten Daten aus Bewohnerbefragungen. Die Befragung im Quartier Grünau-Nord fand im Rahmen der Erhebung zur soziologischen Langzeitstudie *Wohnen und Leben in Leipzig-Grünau* im Juni und Juli 2020 statt (Kabisch und Pöbneck 2021). Die Bewohnerbefragung im Quartier Zentrum-West wurde im März und April 2022 durchgeführt (siehe Karutz et al. in diesem Band). Beide Erhebungen konzentrierten sich ausschließlich auf den Plattenbaubestand im Quartier.

Es kam jeweils ein halbstandardisierter Fragebogen mit vergleichbaren Fragestellungen zum Einsatz. Diese bezogen sich auf die wahrgenommenen Auswirkungen des Klimawandels im Wohnumfeld, das subjektive Hitzeempfinden in der Wohnung im Hochsommer (tagsüber und nachts) sowie auf Maßnahmen zur Verringerung von Hitzestress im Wohnumfeld (z. B. Dämmung von Dach und Fassade, Dach- und Fassadenbegrünung, Springbrunnen). Die persönliche Verteilung der Fragebögen und deren Abholung nach wenigen Tagen garantierten hohe Rücklaufquoten. Die Auswertung der Daten erfolgte mittels der Statistiksoftware SPSS.

---

## 16.5 Ergebnisse

### 16.5.1 Thermische Situation in den Untersuchungsquartieren

Zur Bewertung der lokalen thermischen Bedingungen in den beiden Untersuchungsquartieren (für Grünau-Nord siehe auch Kabisch et al. 2018) wurden verschiedene Karten aus den PALM-4U-Simulationen erstellt. Basierend auf den Simulationen zu Lufttemperatur, relativer Feuchte, Strahlungstemperatur, Windgeschwindigkeit sowie Kleidung und typischem Gesamtenergieumsatz (metabolische Rate) eines Menschen

---

<sup>4</sup><https://cdc.dwd.de/portal/202209231028/mapview> (02.12.2022).

<sup>5</sup><https://www.physgeo.uni-leipzig.de/institut-fuer-meteorologie/wetterdaten> (02.12.2022).



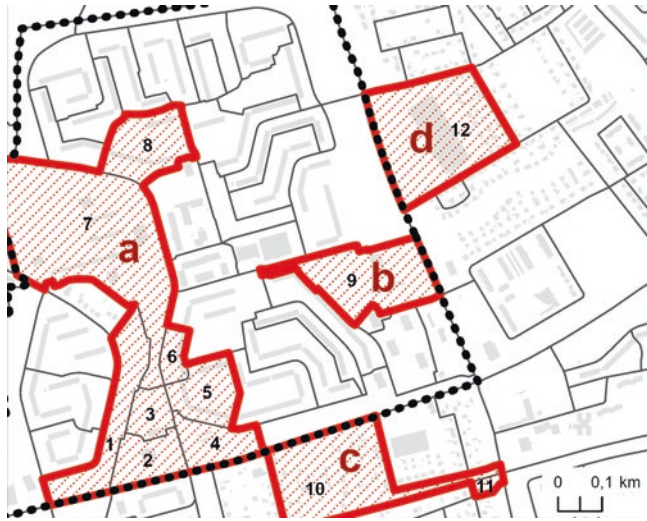
**Tab. 16.2** Für die Untersuchungsquartiere ermittelte statistische Kenngrößen des PET-Werts sowie der in PALM-4U verwendete Grünflächenanteil

Kenngrößen	Grünau-Nord	Zentrum-West
Maximum PET [°C]	37,7	37,4
Minimum PET [°C]	12,6	10,1
Max – Min PET [°C]	25,1	27,3
Mittelwert PET [°C]	23,2	22,6
Median PET [°C]	24,5	22,5
Standardabweichung PET [°C]	4,6	4,2
Grünflächenanteil an Gesamtfläche [%]	69,2	53,8
Anteil Straßenbäume an Gesamtfläche [%]	4,1	0,8

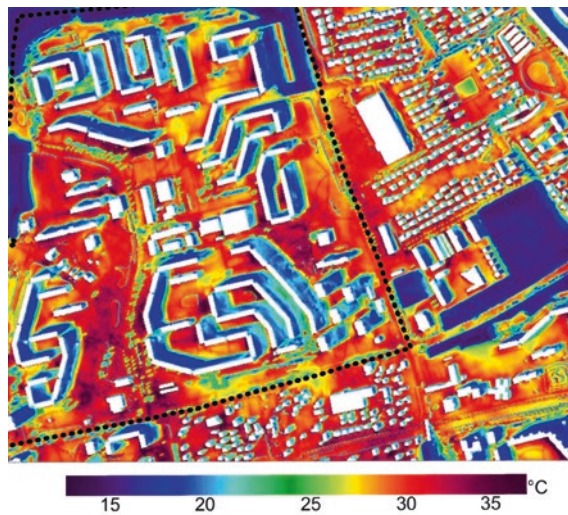
bei verschiedenen Aktivitäten (siehe VDI 1998, Tab. 1, S. 11) kann die bioklimatische Situation (mittlerer thermischer Komfort) bewertet werden (VDI 1998). Ein verbreiteter Bewertungsmaßstab ist der PET-Wert (*Physiological Equivalent Temperature*). Dieser beschreibt den thermischen Komfort eines Individuums auf Basis der Wärmebilanz an der Hautoberfläche. Dabei repräsentiert die PET „diejenige Lufttemperatur im Freien, bei der die Wärmebilanz eines Menschen in einem typischen Innenraum ausgeglichen ist wie bei den Außenbedingungen“ (VDI 1998, Blatt 2, S. 18). Ein optimaler thermischer Komfort stellt sich dann bei 20 °C ein. Höhere Werte werden als Hitzestress empfunden, niedrigere als Kältestress. Je nach Aktivität oder Kleidung kann sich der als optimal empfundene Wert etwas verschieben.

In der vorliegenden Studie wurde beispielhaft für den 23.09.2010 um 17:00 der PET-Wert für die beiden Untersuchungsquartiere berechnet (Abb. 16.2 und 16.4). Der Wertebereich (Tab. 16.2) liegt zwischen ~10,1 °C und ~37,4 °C im Zentrum-West und ~12,6 °C und ~37,7 °C in Grünau-Nord. Die Maximalwerte von ~37 °C des PET sind für beide Untersuchungsquartiere in etwa gleich und entsprechen starkem Hitzestress. Insgesamt ist das Zentrum-West aufgrund der Simulationsdaten als thermisch leicht komfortabler einzuschätzen, d. h. es gibt hier eine geringere Wärmebelastung im Vergleich zu Grünau-Nord (vgl. Mittelwert und Median des PET in Tab. 16.2). Dies lässt sich auf die Verschattung durch eine dichtere Bebauung mit vielen Innenhöfen sowie das Vorhandensein größerer Parkareale und Wasserkanäle im Zentrum-West zurückführen. Die Wasserflächen können zwar aufgrund von Verdunstung den Hitzestress erhöhen, zugleich aber auch kühlend wirken. Der kühlende Effekt überwiegt, da die Windgeschwindigkeiten im Zentrum-West höher sind als in den begrünten Gebieten von Grünau-Nord. Tab. 16.2 verdeutlicht, dass die PET-Werte in Grünau-Nord etwas stärker streuen als im Zentrum-West, d. h. die räumlichen Variationen der Wärmebelastung sind in Grünau-Nord stärker.

Das Simulationsgebiet, in dem sich das Untersuchungsquartier Grünau-Nord befindet und welches aus technischen Gründen auch benachbarte Areale aus anderen Ortsteilen



**Abb. 16.1** Statistische Blöcke 1 bis 12 und PET-Hotspots a bis d (rot) im Ortsteil Grünau-Nord (Ortsteilgrenze schwarz gepunktet hervorgehoben) und in den benachbarten Ortsteilen. (Kartengrundlagen: Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen – SB, GeoSN – Hausumringe)



**Abb. 16.2** Simulierte PET für Grünau-Nord (Ortsteilgrenze schwarz gepunktet hervorgehoben) und in den benachbarten Ortsteilen; weiße Konturen markieren Gebäude

abbildet, lässt vier Temperatur-Hotspots (a bis d) auf der Ebene der statistischen Blöcke (SB) erkennen (Abb. 16.1 und 16.2). Zur besseren Lesbarkeit der Karte ist jedem SB eine fortlaufende Nummer zugeordnet:

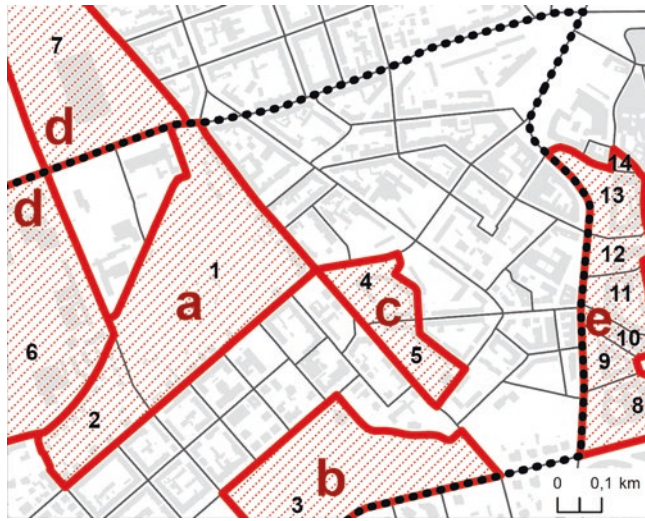
- a) 1  $\triangleq$  SB 653004, ohne Wohnbauten, „urbaner Wald“ mit niedrigem Baumbestand und Büschen, wodurch eine hohe Sonnenexposition besteht, daran östlich anschließend 2  $\triangleq$  SB 653011, 3  $\triangleq$  SB 653012, 4  $\triangleq$  SB 654006, 5  $\triangleq$  SB 654004, 6  $\triangleq$  SB 654003, sowie nördlich 7  $\triangleq$  SB 650007, 8  $\triangleq$  SB 650006, mit geringer Wohnbebauung und breiten Straßen
- b) 9  $\triangleq$  SB 655001, im östlichen Bereich des Ortsteils, Freifläche umgrenzt von 7- und 9-geschossigen Wohnbauten sowie einem Schulgebäude
- c) 10  $\triangleq$  SB 631003 und 11  $\triangleq$  SB 631011 südlich angrenzend, außerhalb des Ortsteils Grünau-Nord, Straßenbahn- und S-Bahnlinien
- d) 12  $\triangleq$  SB 602013, östlich angrenzend, außerhalb des Ortsteils Grünau-Nord, Einkaufszentrum mit versiegeltem Parkplatz

Das Simulationsgebiet, welches weitgehend vom Untersuchungsquartier Zentrum-West bedeckt wird (Abb. 16.3 und 16.4), zeigt fünf Hotspots (a bis e):

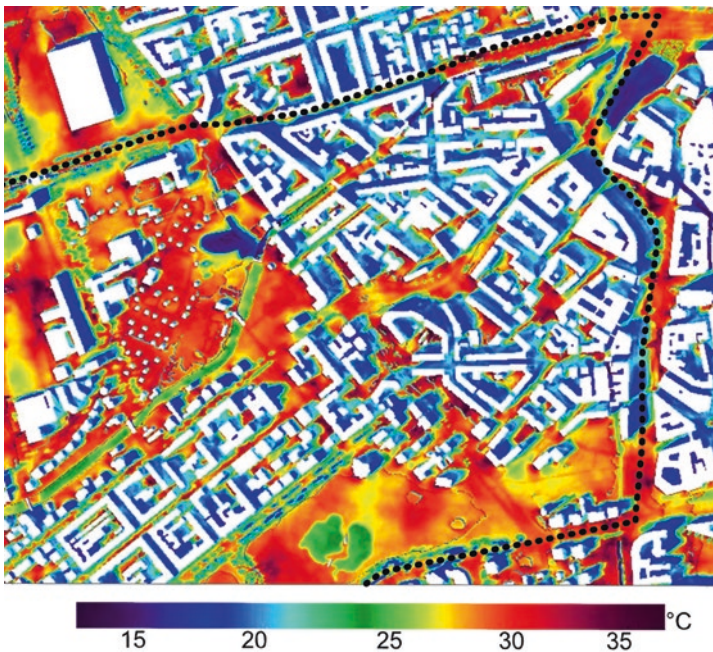
- a) 1  $\triangleq$  SB 041001, 2  $\triangleq$  SB 040007, großzügig begrüntes Villenviertel mit Stadthafen, Wärmestau an Bebauung
- b) 3  $\triangleq$  SB 041015, Parkanlage
- c) 4  $\triangleq$  SB 043001, 5  $\triangleq$  SB 044001, breiter Straßenraum mit Straßenbahngleisen
- d) 6  $\triangleq$  SB 040001, versiegelte Flächen der Universität, und nordöstlich angrenzend, außerhalb des Ortsteils Zentrum-West 7  $\triangleq$  SB 051009, große Veranstaltungsstätte mit versiegeltem Parkplatz
- e) 8  $\triangleq$  SB 001022, 9  $\triangleq$  SB 001021, 10  $\triangleq$  SB 001020, 11  $\triangleq$  SB 001017, 12  $\triangleq$  SB 001014, 13  $\triangleq$  SB 001009, 14  $\triangleq$  SB 001008, Ringstraße, angrenzend an benachbarten Ortsteil

Die Räume mit hoher Wärmebelastung (große PET-Werte) und somit starkem Hitzestress schließen an die Westfassaden der Gebäude an und befinden sich auch im Bereich von großen Instituts- und Veranstaltungsgebäuden mit versiegelten Parkplätzen. Das ist insbesondere dort der Fall, wo die Luftströmung abgebremst oder der turbulente Vertikalaustausch behindert wird, auf sonnenexponierten Parkflächen und locker bebauten und durchgrünten Wohnflächen sowie in breiten Straßenräumen.

Im Untersuchungsquartier Grünau-Nord ist auffällig, dass einige Innenhöfe und Räume an Ostfassaden von Gebäuden kühl sind. Deren Verschattungsleistung wird durch relativ dichte Vegetation unterstützt. Im Zentrum-West sind tendenziell kühlere Temperaturen festzustellen. Wesentliche Ursachen dafür sind die großen Parkflächen, die Nähe zu Wasserläufen und die häufigere Gebäudeanordnung um geschlossene Innenhöfe mit schattenspendender Begrünung.



**Abb. 16.3** Statistische Blöcke 1 bis 14 und PET-Hotspots a bis e (rot) im Ortsteil Zentrum-West (Ortsteilgrenze schwarz gepunktet hervorgehoben) und in den benachbarten Ortsteilen. (Kartengrundlagen: Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen – SB, GeoSN – Hausumringe)



**Abb. 16.4** Simulierte PET für das Zentrum-West (Ortsteilgrenze schwarz gepunktet hervorgehoben) und in den benachbarten Ortsteilen; weiße Konturen markieren Gebäude



Die Ausweisung der Hitzestress-Schwerpunktgebiete auf der Ebene der SB ermöglicht die kleinräumige Zuordnung von soziodemographischen Merkmalen und subjektiven Hitzewahrnehmungen, die durch Bewohnerbefragungen erfasst wurden.

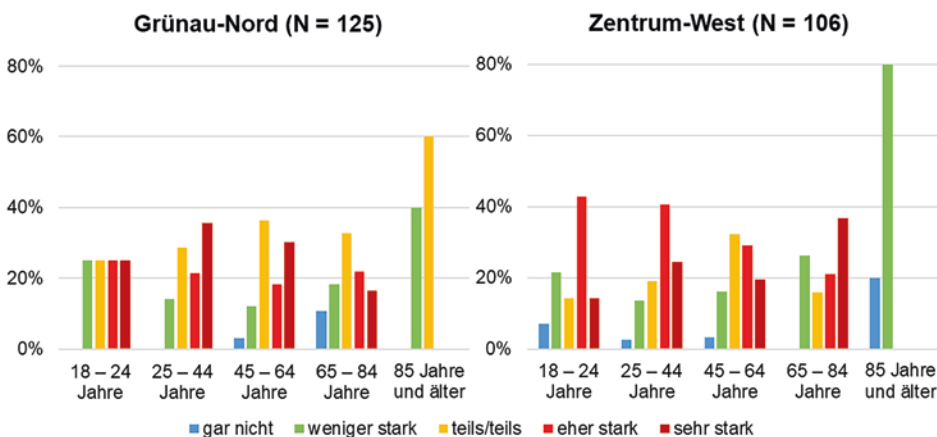
### 16.5.2 Befragungsergebnisse

Bezüglich der soziodemographischen Charakteristik der Bewohner\*innen in den Untersuchungsquartieren Grünau-Nord und Zentrum-West bestätigen die Befragungsergebnisse die Unterschiede hinsichtlich Alter, Ausbildungsabschluss und Erwerb, auf die auch die Leipziger Kommunalstatistik (Tab. 16.1) verweist. Der Fokus der Auswertung liegt im Folgenden auf dem Indikator Alter, da alte Menschen in Bezug auf Hitzestress zu den vulnerablen Bevölkerungsgruppen zählen.

Durch Befragungen können Aussagen zu Hitzestress innerhalb der Wohnung ermittelt werden. Sie ergänzen damit die mikrometeorologischen Simulationen, die sich auf die Außenbereiche konzentrieren. Wird der subjektiv wahrgenommene hochsommerliche Hitzestress in der Wohnung (tagsüber und nachts) in beiden Untersuchungsquartieren verglichen, dann zeigt sich eine ähnliche Verteilung. Der t-Test weist keine signifikanten Unterschiede nach ( $p > 0,05$ ).

Werden die Befragungsergebnisse nach Altersgruppen ausgewertet, fällt sowohl in Grünau-Nord als auch im Zentrum-West auf, dass von der Gruppe der Hochaltrigen (85 Jahre und älter, jeweils  $N=5$ ) Hitzestress in der Wohnung am wenigsten stark empfunden wird (Abb. 16.5).

Zur Identifizierung der teilräumlichen Betroffenheit konnten die Ergebnisse je eines SB genutzt werden. Die SB 8 (Grünau-Nord) und 5 (Zentrum-West) befinden sich



**Abb. 16.5** Subjektiver Hitzestress in der Wohnung (tagsüber im Hochsommer) in den beiden Untersuchungsquartieren nach Altersgruppen

jeweils in einem PET-Hotspot. Die Befragungsergebnisse belegen, dass der Hitzestress in den ausgewählten SB stärker wahrgenommen wird als in den Untersuchungsquartieren insgesamt (Vergleich der Mittelwerte).

Zudem liegen für beide SB sowohl Daten aus der Kommunalstatistik als auch aus den Bewohnerbefragungen (für ausgewählte Adressen) vor. Der Anteil von Personen über 65 Jahren beträgt laut Leipziger Kommunalstatistik im SB 8 34 % und im SB 5 7 % (Stadt Leipzig 2022b). Die Befragungsergebnisse bestätigen die Unterschiede hinsichtlich Durchschnittsalter und Rentneranteil (Adressen im SB 8, N=15: 59 Jahre, 64 % Rentner\*innen; Adressen im SB 5, N=20: 37 Jahre, 0 % Rentner\*innen).

Des Weiteren wurde die Frage gestellt, welche Maßnahmen zur Verringerung von Hitzestress im Haus und im Wohnumfeld die Befragten begrüßen würden. Auch hier lassen sich Unterschiede erkennen. Im SB 5 wurden Dachbegrünungen sowie Baumpflanzungen und Sonnenschutzvorrichtungen am häufigsten angekreuzt. Unter den Befragten im SB 8 erhielt die Dämmung von Dach und Fassade den größten Zuspruch, gefolgt von Sonnenschutzvorrichtungen und mit etwas Abstand Springbrunnen. Weitere Befragungsergebnisse belegen, dass die Bewohner\*innen sich hier eher unzufrieden mit der Wärmedämmung zeigten und einen Sanierungsbedarf angaben. Betrachtet man die Ergebnisse für den Ortsteil Grünau-Nord insgesamt, wird Dämmung im Vergleich zu anderen Maßnahmen eine geringere Priorität zugesprochen. Rund 40 % der Befragten verwiesen auf eine bereits vorhandene Dämmung ihres Hauses. Dies verdeutlicht kleinräumige Unterschiede, die im Umgang mit Hitzestress zu beachten sind.

---

## 16.6 Diskussion der Ergebnisse

### 16.6.1 Quartiersbezug von Hitzestress

Die Zusammenschau von mikrometeorologischen Simulationen, Befragungsergebnissen und soziodemographischen Daten der Kommunalstatistik ermöglicht umfassende Erkenntnisse zum Umgang mit Hitzestress. Insbesondere die räumliche Verteilung und die individuelle Ausprägung konnten mit dem hochauflösenden Ansatz (Ebene des Untersuchungsquartiers bis zur SB-Ebene) genauer analysiert werden. Dadurch wurden räumliche Hotspots hinsichtlich Hitzestress identifiziert.

Um deren Ursachen zu erklären, müssen neben dem thermischen Komfort die spezifische Bebauungsstruktur und der jeweilige Grünflächenanteil Beachtung finden. So verfügen hohe Gebäude über einen charakteristischen Schattenwurf, und die Intensität der Sonneneinstrahlung in der Wohnung ist von der Ausrichtung der Fenster abhängig. Die Flächennutzung variiert von Schlichtrassen bis hin zu Parkanlagen mit Großgrün. Darüber hinaus sind versiegelte Flächen wie Parkplätze und Straßen für Hitzestress in der Wohnumgebung bedeutsam.

Die Abschätzung der realen Betroffenheit von Hitzestress und des Umgangs damit setzt zusätzlich die Kenntnis der soziodemographischen Struktur der Bewohnerschaft



voraus. Gleichzeitig muss die Erkundung der individuellen Wahrnehmung von Hitzestress erfolgen. Kommunalstatistische Daten bieten einen guten Überblick über die Bewohnerstruktur auf Ortsteil- und SB-Ebene. Sie erfahren durch Befragungen vor Ort eine wertvolle Ergänzung, da die Ergebnisse Einblicke in die subjektive Wahrnehmung von Hitzestress ermöglichen.

Da sich die beiden Untersuchungsquartiere hinsichtlich der aufgezeigten Merkmale und der Ergebnisse voneinander unterscheiden, konnte eine vergleichende Analyse der räumlichen Feinstruktur von Hitzestress erfolgen. Die erkannten Unterschiede lassen Rückschlüsse auf eine gruppenspezifische Betroffenheit und deren Ursachen zu.

Der erprobte quartiersbezogene Forschungsansatz ist übertragbar. Die Voraussetzungen dafür sind eine entsprechende Datenverfügbarkeit und die Bereitstellung ausreichender Rechnerkapazität für die Anwendung des PALM-4U-Modells.

### 16.6.2 Grenzen des methodischen Zugangs

Der präsentierte Forschungszugang ist als explorativer Prozess zu betrachten. Es wurde geprüft, wie Hitzestress auf Quartiersebene aus interdisziplinärer Perspektive gemessen und bewertet werden kann. Dafür wurden zwei unterschiedliche Quartiere vergleichend untersucht. Das ambitionierte, jedoch zeitlich beschränkte Forschungsvorhaben sah sich verschiedenen Limitierungen gegenüber, die bei der Auswertung und Interpretation der Untersuchungsdaten zu berücksichtigen sind. Beispielsweise kann für mikrometeorologische Simulationen mit dem Modell PALM-4U aufgrund der langen Rechendauer meist nur ein Tag berücksichtigt werden.

Die kommunalstatistischen Daten standen zwar in großem Umfang zur Verfügung und deckten neben der Ortsteilebene für zentrale Merkmale auch die SB-Ebene ab. Der räumliche Zuschnitt der SB beschränkte jedoch die angestrebte, themenspezifische Auswertung.

Die Befragungsergebnisse lieferten wichtige Informationen dazu, wie unterschiedliche Bewohnergruppen Hitzestress wahrnehmen. Befragungsaktionen sind jedoch sehr ressourcenaufwendig und nur begrenzt umsetzbar. In der vorliegenden Studie wurden Befragungsdaten genutzt, die im Zusammenhang mit anderen Erhebungen entstanden waren. Aus diesem Grund lagen nur in begrenztem Umfang vorhabenrelevante Ergebnisse vor. Des Weiteren stammten die Befragungsergebnisse aus den beiden Untersuchungsquartieren aus verschiedenen Zeiträumen. Es muss auch darauf hingewiesen werden, dass aufgrund der Kooperation mit dem kommunalen Wohnungsunternehmen die Befragung im Untersuchungsquartier Zentrum-West auf dessen Plattenbaubestand beschränkt wurde, welcher nur einen Teil des Wohnungsbestandes umfasst.

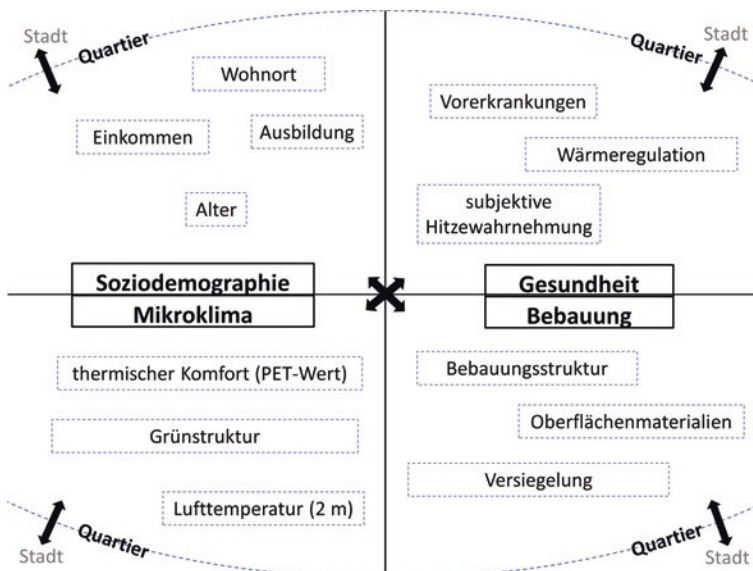
Der gewählte methodische Zugang kalkulierte in Ermangelung von Alternativen diese Restriktionen ein. Zentral war der Versuch einer Kombination der verschiedenen disziplinären Ansätze zur Erforschung von Hitzestress auf Quartiersebene. Dazu lagen bislang kaum Erfahrungen vor. Dieser explorative Prozess dient als ein Testfeld für die Nutzung des *Planetary-Health*-Ansatzes auf Quartiersebene.

## 16.7 Schlussfolgerungen zur Umsetzung des *Planetary-Health-Ansatzes*

In Anlehnung an die konzeptionelle Rahmung des *Planetary-Health-Ansatzes* wurden mikrometeorologische Simulationen mit Daten der Kommunalstatistik und aus Bewohnerbefragungen verknüpft, um Hitzestress auf Quartiersebene zu untersuchen.

Im Zentrum des *Planetary-Health-Ansatzes* stehen die vier definierten Handlungsfelder Soziodemographie, Gesundheit, Ökosystem und bebaute Umwelt (French et al. 2021). In dieses System wurden die Forschungsergebnisse der vorliegenden Studie eingeordnet (Abb. 16.6).

Alle Handlungsfelder sind direkt miteinander verzahnt, beeinflussen sich gegenseitig und stehen in Wechselwirkung mit der gesamtstädtischen Ebene. Deshalb ist der Vergleich mit den kommunalen Strategien im Umgang mit Hitzestress hilfreich. Im Abschlussbericht zur Stadtklimaanalyse Leipzigs (Stadt Leipzig 2019) wurde ebenfalls Hitzestress (mittels PET-Wert) ausgewiesen. Dabei zeigte sich am Tag vor allem im westlichen und zentralen Bereich des Zentrums-West eine etwas geringere Wärmebelastung als in Grünau-Nord. Dies korrespondiert mit den in diesem Beitrag beschriebenen Ergebnissen. Darüber hinaus werden im Abschlussbericht vor allem für die Gebiete in Leipzig-Grünau, welche Hotspot d (SB 602013  $\pm$  12) entsprechen, sowie den SB, der nordwestlich an Hotspot b angrenzt (Abb. 16.1 und 16.2), sehr hohe PET-Werte hervorgehoben. In der Nacht hingegen weist das Untersuchungsquartier



**Abb. 16.6** Handlungsfelder und Schlüsselfaktoren im Rahmen des *Planetary-Health-Konzeptes*, die Hitzestress auf Quartiersebene beeinflussen. (Eigener Entwurf in Anlehnung an French et al. 2021)

Zentrum-West ein deutlich höheres Risiko für Tropennächte (Lufttemperatur > 20 °C) und insgesamt höhere PET-Werte auf als Grünau-Nord.

Die präsentierten Untersuchungsergebnisse bilden einen Ausschnitt der in Abb. 16.6 verdeutlichten komplexen Interaktionen ab. Sie sind als erster Schritt zu einem umfassenden *Planetary-Health*-Konzept auf der Quartiersebene zu verstehen. Mikrometeorologische Simulationen, die den thermischen Komfort, den Grünflächenanteil und die Lufttemperatur einbeziehen, werden in engem Zusammenhang mit der Baustruktur interpretiert. Diese physischen Ausprägungen werden der Betroffenheit der Bewohnerschaft von Hitzestress gegenübergestellt. Dabei sind soziodemographische Faktoren ebenso bedeutsam wie Faktoren, die das gesundheitliche Wohlbefinden bestimmen. In diesem Sinn kann eine Resilienzbewertung von Quartieren bezüglich Hitzestress vorgenommen und dadurch die Planung und Umsetzung resilienter Stadtkonzepte unterstützt werden (siehe z. B. Baumgart et al. 2022 mit Bezug auf COVID-19).

Es lässt sich insgesamt konstatieren, dass nur ein interdisziplinäres Vorgehen im Sinne des *Planetary-Health*-Ansatzes zu erforderlichem Wissensgewinn und praxisrelevanten Lösungen führt. In diesem Sinne repräsentiert der Zugang über *Planetary Health* einen wichtigen Beitrag zur Stärkung der Resilienz – nicht nur auf der Quartiersebene, sondern auch gesamtstädtisch. Seine forschungspraktische Umsetzung ist aktuell durchaus herausfordernd. Es werden weitere empirisch untersetzte Studien gebraucht, die den Ansatz überzeugend demonstrieren und übertragbare methodisch-konzeptionelle Ergebnisse liefern.

**Danksagung** Die Autor\*innen danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), die das Forschungsvorhaben *Hitzestress auf Quartiersebene* im Rahmen der Fördermaßnahme *Planetary Health* von Januar 2022 bis Mai 2023 unterstützt hat (Förder-KZ: 37993/01).

---

## Literatur

- Adams, W. M., und J. F. Jardine. 2020. Overview of exertional heat illness. In *Exertional Heat Illness. A Clinical and Evidence-Based Guide*, Hrsg. W. M. Adams und J. F. Jardine, 1–16. Cham: Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27805-2>.
- Baumgart, S., G. Bolte, A. Hallmann, und J. Hamilton. 2022. Stresstest Resilientes Quartier. Eine Arbeitshilfe für Planungs- und Bauverwaltungen. *PLANERIN* 2/2022, S. 18–20.
- BMUV, Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe Gesundheitliche Anpassung and die Folgen des Klimawandels (GAK). 2017. Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. *Bundesgesundheitsblatt* 60:662–672. <https://doi.org/10.1007/s00103-017-2554-5>.
- Coutts, C., und M. Hahn. 2015. Green infrastructure, ecosystem services, and human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12 (8): 9768–9798. <https://doi.org/10.3390/ijerph120809768>.
- Fekkek, M., M. Fleischhauer, S. Greiving, R. Lucas, J. Schinkel, und U. von Winterfeld. 2016. Resiliente Stadt – Zukunftsstadt. Forschungsgutachten im Auftrag des Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MBWSV), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH. [https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6614/file/6614\\_Resiliente\\_Stadt.pdf](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6614/file/6614_Resiliente_Stadt.pdf). Zugegriffen: 02. Dez. 2022.

- French, M.A., S.F. Barker, R.R. Taruc, A. Ansariadi, G.A. Duffy, M. Saifuddaolah, A.Z. Agussalim, F. Awaluddin, Z. Zainal, J. Wardani, P.A. Faber, G. Fleming, E.E. Ramsay, R. Henry, A. Lin, J. O'Toole, J. Openshaw, R. Sweeney, S.S. Sinharoy, P. Kolotelo, D. Jovanovic, C. Schang, E.E. Higginson, M.F. Prescott, K. Burge, B. Davis, D. Ramirez-Lovering, D. Reidpath, C. Greening, P. Allotey, J.A. Simpson, A. Forbes, S.L. Chown, D. McCarthy, D. Johnston, T. Wong, R. Brown, T. Clasen, S. Luby, K. Leder, and the RISE consortium. 2021. A planetary health model for reducing exposure to faecal contamination in urban informal settlements: Baseline findings from Makassar, Indonesia. *Environment International* 155:106679. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106679>.
- Gabrysch, S. 2018. Imagination challenges in planetary health: Re-conceptualising the human-environment relationship. *The Lancet Planetary Health* 2 (9): e372–e373. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30169-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30169-4).
- Großmann, K., U. Franck, M. Krüger, U. Schlink, N. Schwarz, and K. Stark. 2012. Soziale Dimensionen von Hitzebelastung in Großstädten. Social dimensions of heat stress in cities. *disP – The Planning Review* 48 (4): 56–68. <https://doi.org/10.1080/02513625.2012.776818>.
- Horton, R. 2013. Planetary health – a new vision for the post-2015 era. *The Lancet* 382 (9897): 1012. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61936-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61936-4).
- Hupfer, P., and W. Kuttler. 2006. Stadtklima – Begriffsdefinition und geschichtlicher Aspekt. In *Witterung und Klima: Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie*, Hrsg. P. Hupfer und W. Kuttler, 371. Wiesbaden: Teubner.
- ISP, Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation der Fachhochschule Erfurt. 2021. *Perspektiven kommunaler Akteure auf Klimaanpassung an Hitze. Ergebnisbericht der Akteurs- und Governanceanalyse sowie Handlungsempfehlungen für Kommunen*, Hrsg. M. L. Baldin und H. E. Sinning. ISP-Schriftenreihe, Bd. 15. <https://doi.org/10.22032/dbt.49154>.
- Kabisch, S., und J. Pöbneck. 2021. Grünau 2020. *Ergebnisse der Bewohnerbefragung im Rahmen der Intervallstudie „Wohnen und Leben in Leipzig-Grünau“*. UFZ-Bericht 1/2021. Leipzig: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. <https://doi.org/10.57699/76TC-4757>.
- Kabisch, S., M. Ueberham, U. Schlink, D. Hertel, und A. Mohamdeen. 2018. Local residential quality from an interdisciplinary perspective: combining individual perception and micrometeorological factors. In *Urban Transformations. Sustainable Urban Development through Ressource Efficiency, Quality of Life and Resilience. Future City*, Hrsg. S. Kabisch, et al., Bd. 10. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-59324-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-59324-1_13).
- Kotteck, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, und F. Rubel. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15:259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>.
- Krug, A., und H.G. Mücke. 2018. Auswertung Hitze-bezogener Indikatoren als Orientierung der gesundheitlichen Belastung. *UMID* 2 (2018): 66–78.
- Kuhlicke, C., S. Kabisch, und D. Rink. 2020. Urban resilience and urban sustainability. In *The Routledge Handbook of Urban Resilience*, Hrsg. M. A. Burayidi, A. Allen, J. Twigg, und C. Wamsler, 17–25. Abingdon: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429506666>
- Kuttler, W. 2012. Climate change on the urban scale – effects and countermeasures in Central Europe. In *Human and Social Dimensions of Climate Change*, Hrsg. N. Chhetri. London: IntechOpen Limited. <https://doi.org/10.5772/50867>.
- Maronga, B., G. Gross, S. Raasch, S. Banzhaf, R. Forkel, W. Heldens, F. Kanani-Sühring, A. Matzarakis, M. Mauder, D. Pavlik, J. Pfafferoth, S. Schubert, G. Seckmeyer, H. Sieker, und K. Winderlich. 2019. Development of a new urban climate model based on the model PALM – Project overview, planned work, and first achievements. *Meteorologische Zeitschrift* 28 (2): 105–119. <https://doi.org/10.1127/metz/2019/0909>.

- Masztalerz, O., und H. Kleineberg-Massuthe. 2019. Von Public zu Planetary Health: Für die Gesundheit von Mensch und Planet im neuen Zeitalter des Anthropozän. *Blickpunkt Öffentliche Gesundheit* 2 (2019): 4–5.
- Müller, O., A. Jahn, und S. Gabrysch. 2018. Planetary Health: Ein umfassendes Gesundheitskonzept. *Deutsches Ärzteblatt* 115 (40): 1751–1752.
- Osterloh, F. 2022. Hitzeaktionspläne: Schutz vor Hitze in den Städten. *Deutsches Ärzteblatt* 119 (5): A-166/B-144.
- Sandholz, S., D. Sett, A. Greco, M. Wannewitz, und M. Garschagen. 2021. Rethinking urban heat stress: Assessing risk and adaptation options across socioeconomic groups in Bonn, Germany. *Urban Climate* 37:100857. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100857>.
- SRU, Sachverständigenrat für Umweltfragen. 2020. Umweltgutachten 2020: Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. [https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01\\_Umweltgutachten/2016\\_2020/2020\\_Umweltgutachten\\_Entschlossene\\_Umweltpolitik.html](https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.html). Zugegriffen: 02. Dez. 2022.
- Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz, Stadtplanungsamt. 2019. Abschlussbericht (Phase I): Stadtklimaanalyse Leipzig 2019. Vorgelegt von: Förster, J., Burmeister, C., GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover. <https://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/energie-und-klima/stadtklima>. Zugegriffen: 02. Dez. 2022.
- Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz, Stadtplanungsamt. 2021. Leipzig Klimaanalyse – Phase II: Erweiterung der Planungshinweiskarte. Vorgelegt von: Burmeister, C., Trute, P., GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover. <https://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/energie-und-klima/stadtklima>. Zugegriffen: 02. Dez. 2022.
- Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen. 2022a. Leipzig-Informationssystem. <https://statistik.leipzig.de>. Zugegriffen: 02. Dez. 2022.
- Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen. 2022b. Zuarbeit von Daten zur Altersstruktur in den Ortsteilen Grünau-Nord und Zentrum-West auf Blockebene. Stand der Daten: 31.12.2021
- UBA, Umweltbundesamt. 2019. *Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung*, Hrsg. P. van Rühl (KomPASS – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung, Umweltbundesamt), K. Schönthaler, S. von Andrian-Werburg, M. Buth. Bosch & Partner GmbH. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2019>. Zugegriffen: 16. Jan. 2023.
- VDI, Verein Deutscher Ingenieure. 1998. *Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil 1: Klima*. VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2.
- Winklmayr, C., S. Muthers, H. Niemann, H.G. Mücke, und an der Heiden, M. 2022. Hitzebedingte Mortalität in Deutschland zwischen 1992 und 2021. *Deutsches Ärzteblatt* 119 (26): 451–457. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2022.0202>.

# Lokalem Hitzestress im Quartier zielgenau begegnen

## 3D-Stadtklimasimulationen zur Gestaltung schattiger und einladender Grünräume

Hitzestress, Grünflächen, 3D-Stadtklimasimulation, Methodenbaukasten, Sitzgelegenheiten, Einsamkeit

**Sigrun Kabisch, Uwe Schlink, Daniel Hertel, Janine Pößneck**

*Um auf Hitzestress im Wohnquartier zu reagieren, spielen Grünräume eine wichtige Rolle. Mittels 3D-Stadtklimasimulationen lassen sich das Auftreten extremer Hitze genau lokalisieren und bedürfnisgerechte Gestaltungsoptionen von Grünflächen erarbeiten. In der Kombination mit soziodemographischen Daten werden die Bedarfe vulnerabler Bewohnergruppen herausgestellt. Besonderes Augenmerk wird auf wohnungsnahen Grünflächen mit einer hohen Verweilqualität gelegt. Dabei sind ausreichende und intakte Sitzmöglichkeiten von besonderer Bedeutung, da sie soziales Miteinander und gesundheitliches Wohlbefinden unterstützen.*

### **Zum Umgang mit Hitzestress**

Hitzestress gehört zu den deutlich spürbaren Auswirkungen des Klimawandels [1, 2]. Um besser darauf vorbereitet zu sein und effiziente Anpassungsmaßnahmen ergreifen zu können, soll ein nationaler Hitzeschutzplan nach dem Vorbild Frankreichs umgehend erarbeitet werden. Ein Hitzeschutzplan für Gesundheit (Entwurf) ist am 23. Juni 2023 durch das Bundesministerium für Gesundheit vorgelegt worden [3].

Für die Umsetzung von Maßnahmen auf lokaler Ebene sind viele Städte in Deutschland dabei, Hitzeaktionspläne zu erarbeiten und diese konkret umzusetzen (zum Beispiel: Mannheim, Worms, Köln – Hitzeknigge). Sie zeigen präventive Handlungsoptionen auf und unterstützen die Kommunikation im Umgang mit Hitzestress. Die Stadt Leipzig hat einen Hitzeaktionsplan erarbeitet, der im Sommer 2023 erstmals in Kraft treten soll und die Risikokommunikation sowie das Informieren vulnerabler Bevölkerungsgruppen (speziell Kinder und ältere Menschen) als Schwerpunkte sieht. Daneben wird die Stadt ein Klimaanpassungskonzept erarbeiten, in dem der Aktionsplan einen wichtigen Baustein darstellen soll [4].

Damit diese Pläne unterschiedlichen Risikoausprägungen innerhalb der Stadt gerecht werden, müssen sie die Flächennutzungsstrukturen und vor allem die Baustrukturen berücksichtigen. Die

verschiedenen Stadtteile unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Baudichte und ihres Anteils an Grünflächen. Häufig verfügen innerstädtische Bereiche eher über einen begrenzten Grünflächenanteil, wodurch der Hitzeinseleffekt begünstigt wird. Dagegen sind die Randgebiete mit umfangreichen Grünflächen ausgestattet. Neben diesen Merkmalen müssen Hitzeaktionspläne die demographischen und sozialstrukturellen Charakteristika der Einwohnerschaft sowie die jeweils existierende sensible soziale Infrastruktur, wie etwa Krankenhäuser, Altenheime oder Kindertagesstätten, beachten.

Parallel zu den Hitzeaktionsplänen auf gesamtstädtischer Ebene werden lokal spezifische, auf Quartiersebene bezogene Anpassungsmaßnahmen benötigt, die auf detaillierten Informationen, spezifischem Wissen und Erfahrungen basieren. Somit bewegt sich eine Anpassungsstrategie hinsichtlich Hitzestress auf unterschiedlichen Ebenen: national, kommunal, quartierspezifisch. Für alle Ebenen sind verschiedene, miteinander zu kombinierende Methoden anwendbar, um die tatsächliche Betroffenheit von Hitzestress präzise zu erkennen.

Einen wissenschaftlich fortgeschrittenen Zugang bieten 3D-Stadtklimasimulationen (zum Beispiel mit dem Modell PALM-4U), die naturräumliche Merkmale auf Basis der Flächennutzung erfassen. Dazu gehören Luftströme im Quartier, die durch die Anordnung der Wohnbauten und des Großgrüns (hohe,



schattenspendende, hitzeresistente Bäume) beeinflusst werden. Luftströme können modellieren nach saisonalen Bedingungen oder Tageszeiten variieren. Die Verknüpfung der Modellierungsvarianten (Szenarien) mit Sozialdaten der Kommunalstatistik und mit soziologischen Erhebungsdaten, die die gruppenspezifische Wahrnehmung von Hitzestress und den Umgang damit belegen, bieten gute Voraussetzungen, um maßgeschneiderte Anpassungsmaßnahmen abzuleiten [5].

Im Folgenden werden konkrete Forschungsergebnisse vorgestellt, die in einem Leipziger Wohnquartier mit besonders vulnerabler Bevölkerung generiert und mit Praxispartner\*innen diskutiert worden sind.

### Quartier Titaniaweg in der Großwohnsiedlung Leipzig-Grünau und seine Bewohner\*innen

Das Untersuchungsquartier Titaniaweg (Bild 1) liegt in Grünau-Nord, einem von fünf Ortsteilen der randstädtischen Großwohnsiedlung Leipzig-Grünau. Diese ist komplett in Plattenbauweise errichtet worden. Der Ortsteil erstreckt sich insgesamt über 0,95 km<sup>2</sup>. Davon zählen 46 % als Wohnbaufläche und 15 % als Erholungs- und Waldflächen [6].

In Grünau-Nord lebten Ende 2022 9 337 Menschen. Die Bewohnerschaft weist markante Ausprägungen ihrer soziodemographischen Merkmale auf. Das Durchschnittsalter in Grünau-Nord lag mit 43,0 Jahren etwas über dem städtischen Durchschnitt (42,2 Jahre). Somit ist der Ortsteil durch einen hohen Anteil älterer Bewohner\*innen gekennzeichnet. Der Anteil des Erwerbseinkommens als Hauptquelle des Lebensunterhalts lag 2021 mit 35 % erheblich unter dem städtischen Wert von 62 % [6]. Dies ist vorrangig durch den sehr hohen Anteil an Rentner\*innen zu erklären.

Im Untersuchungsquartier befinden sich vier neugeschossige Wohngebäude der Leipziger Wohn- und Baugesellschaft mbH (LWB), einem kommunalen Tochterunternehmen der Stadt Leipzig. Diese wurden Anfang der 1980er Jahre errichtet und gelten aufgrund ihrer altersgerechten Ausstattung (zum Beispiel: barrierefreier Zugang) und spezieller Service-Angebote für Ältere als „Rentnerwohnhäuser“. Die meisten der insgesamt rund 400 Wohnungen haben ein bis zwei Wohnräume. Sie verfügen über ein Bad, eine offene Küche und einen Balkon. Viele ältere Bewohner\*innen sind alleinstehend und körperlich in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt.

**Bild 1:**  
Grünfläche im Titaniaweg, mit verbranntem Rasen im Sommer 2022.  
© Janine Pößneck.



Beobachtungen hinsichtlich der Nutzung der wohnungsnahen Grünflächen ergaben, dass sich selten Personen längere Zeit dort aufhielten. In der Regel wurden die Grünräume nur durchquert. Mögliche Gründe dafür könnten sein, dass Grünräume bei unklar definierter Nutzung meist unbelebt bleiben und sich auf Grünflächen zwischen Hochhäusern oft das Gefühl, beobachtet zu werden, einstellt [7]. Hinzu kommt der Umstand, dass es im fußläufig zu erreichenden Umkreis der Wohngebäude keine akzeptablen Sitzgelegenheiten in geschützter Lage gibt. Die wenigen vorhandenen Bänke sind reparaturbedürftig und mit illegalem Graffiti besprüht, also nicht einladend. Zudem besteht der Weg dorthin aufgrund schiefer Gehwegplatten aus zahlreichen Stolperfallen. Für Personen mit Gehhilfen oder Rollstühlen sind diese Sitzgelegenheiten somit nur schwer oder gar nicht erreichbar. Des Weiteren werden manche Bänke von Menschen eingenommen, die Alkohol trinken, lärmern und das Umfeld verschmutzen. Dies wirkt abstoßend und könnte letztlich dazu führen, dass diese Bänke nach Beschwerden der Anwohner\*innen beseitigt werden.

Jedoch würden sich die Bewohner\*innen nach ihren Aussagen gerne in kühlen Stunden öfter im Freien aufhalten, denn im Falle starker Hitze ist ein Querlüften bzw. Durchzug in Einraumwohnungen fast unmöglich. Manche Bewohner\*innen helfen sich dadurch, dass sie mit den Nachbar\*innen aus der gegenüberliegenden Wohnung eine Durchlüftung verabreden, indem sie die Wohnungstüren offenstehen lassen. Wohnungen in den oberen Etagen und auf der Süd- oder Westseite heizen sich besonders stark auf, vor allem wenn kein außenliegender Sonnenschutz (zum Beispiel: Markisen) vorhanden ist. Eine Balkonnutzung ist dann ebenfalls ausgeschlossen.

Insbesondere im Sommer besteht somit ein starkes Bedürfnis, die Wohnung zu verlassen und frische Luft zu schnappen. Die zentrale Voraussetzung dafür sind wohnungsnah Grünflächen, die zum Verweilen einladen. Schattige Grünräume, die mit altersangepassten Sitzgelegenheiten ausgestattet sind, bieten hitzestressgeplagten Bewohner\*innen eine Aufenthaltsoption. Dabei wird eine Vielzahl an Bänken mit Rücken- und Armlehne benötigt, um vielen Menschen mit unterschiedlichen Bedürfnissen eine Sitzgelegenheit zu bieten [8].

Um viele Nutzer\*innen einzuladen, können Wasserflächen ebenso eingebunden werden wie Hochbeete, Trinkbrunnen oder Spielflächen und ein Parkour zur körperlichen Bewegung für unterschiedliche Altersgruppen. Durch eine Fülle an Angeboten, die auch voneinander abgrenzbar sind (beispielswei-

se durch niedrige Hecken), entsteht eine Nutzungsvielfalt. Dies hat gesundheitsfördernde Effekte für Körper und Geist. Die Menschen bewegen sich, sie treffen auf andere Leute und können kommunizieren sowie Kontakte aufbauen. Damit kann einer zunehmenden Einsamkeit im Quartier entgegengewirkt werden. Die Ausweisung von sogenannten „Plauderbänken“, die zum Gespräch miteinander auffordern, unterstützen das Kontakterlebnis.

Um konkrete Gestaltungsoptionen wohnungsnaher Grünräume im Quartier zu erarbeiten, zu visualisieren und schließlich mit den potenziellen Nutzer\*innen und den Verantwortlichen zu diskutieren, wurden ortsgenaue Klimasimulationen und 3D-Darstellungen erstellt.

### 3D-Stadtklimasimulationen für das Quartier Titaniaweg mittels Methodenbaukasten

Für die mikroklimatische Bewertung von Hitzestress in Stadtquartieren wurde ein Methodenbaukasten entwickelt. Er umfasst 3D-Stadtklimasimulationen für verschiedene räumliche Ebenen mit anschließender Attributierung (Ursachenzuordnung von lokaler Hitze) und Karten zur gefühlten Temperatur (Bild 2). Des Weiteren umfasst er die Bewertung der Betroffenheit durch Hitzestress anhand von Sozialdaten sowie die für die Hitzevermeidung entwickelten Szenarien und deren Visualisierung und Kommunikation.

Für das Quartier Titaniaweg wurden die Baustruktur, die Flächennutzung und die soziodemographischen Merkmale der Bewohnerschaft analysiert. Beispielsweise lagen Daten zur Altersstruktur bis auf die sehr kleinteilige Ebene der statistischen Blöcke vor. Anhand dieser hochaufgelösten Information ist ein gebäudegenauer Vergleich mit den 3D-Stadtklimasimulationen möglich. So weisen die Hausnummern 2 und 5, deren Lage in Bild 3 angegeben wird, besonders hohe Werte für die gefühlte Temperatur (PET) auf. Die durchgeführten Stadtklimasimulationen ergaben ein PET-Maximum > 46 °C. In der Hausnummer 2 beträgt der Anteil der über 65-Jährigen 45 % [9], sodass hier ein hoher Anteil vulnerabler Bevölkerung dem Hitzestress ausgesetzt ist. Besonders hohe Werte der gefühlten Temperatur finden sich nordöstlich der Gebäude im Leebereich, da die Windgeschwindigkeit dort deutlich abnimmt.

Die 2m-Lufttemperatur wird maßgeblich von kleinräumigen, durch die Bebauung dominierten Luftströmungen (Advektion) bestimmt. Für die hier betrachtete taggenaue Fallstudie (11. August 2022) herrscht vorrangig West-Südwestwind, sodass die lokale Temperaturentwicklung wesentlich von der



thermischen Situation aus den südwestlich gelegenen Gebieten geprägt wird. Neben den Luftströmungen spielt der Sonnenstand und somit die Fassadenausrichtung eine wichtige Rolle für die Hitzebelastung. Südfassaden sind fast gantztägig gegenüber Sonnenstrahlung exponiert. Entsprechend finden sich dort nicht nur die höchsten Oberflächentemperaturen, sondern auch die größten Werte der fassadennahen Lufttemperatur. Hinzu kommt bei Südwestanströmung und entsprechendem Wärmetransport die Akkumulation von Hitze an den entsprechenden Hausfassaden. Westfassaden sind besonders am Nachmittag der Sonne ausgesetzt.

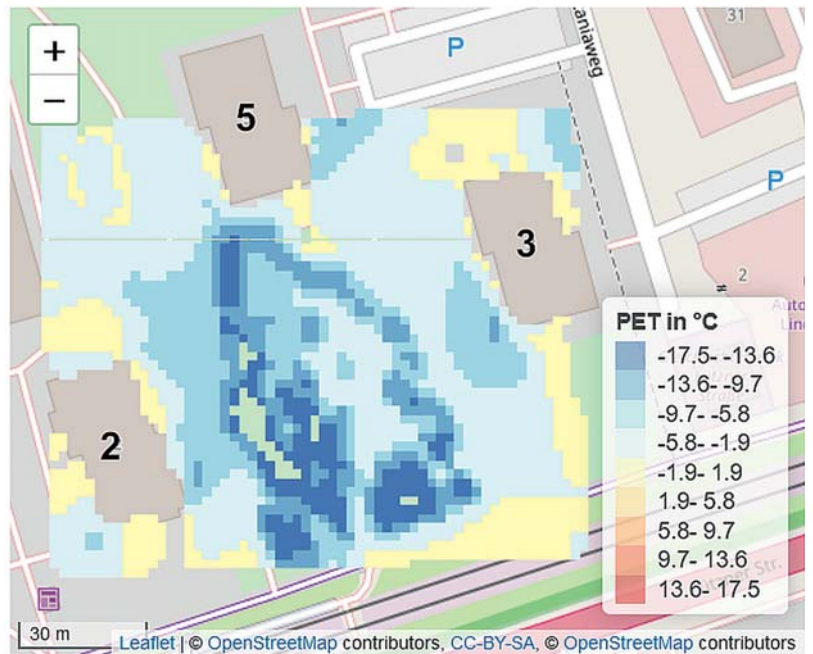
Von wesentlicher Bedeutung ist eine große Freifläche in der Mitte des Quartiers (Bild 1), wo die Windgeschwindigkeit (in 10 m Höhe) erhöht ist und somit ein Wärmetransport in Gang kommen kann. Die Fläche wird von Bäumen begrenzt, die das Strömungsfeld beeinflussen und modifizieren. Diese Befunde zeigen, dass besonders die Freiflächengestaltung wichtig für die Ausprägung von Hitzestress ist. Aus diesem Grund wurden verschiedene Gestaltungsoptionen für die Grünfläche entwickelt und deren Auswirkungen auf die thermische Situation simuliert. Die verschiedenen Varianten orientieren sich an der Ausrichtung zum Strömungsfeld, der unterschiedlichen Dimensionierung der Baumkronen und der möglichst guten Hitzebeständigkeit der jeweiligen Baumart (zum Beispiel: Platanen).

Konkret zeigt sich, dass eine trichterförmige Anordnung der Bäume (Bild 3) besonders günstig für eine Temperaturreduktion ist. Dies betrifft auch die stark belasteten Bereiche nordöstlich der Hausnummern 2 und 5.

Während die 2m-Lufttemperatur nur um etwa 0.3°C im Vergleich zum derzeitigen Gestaltungszustand zurückgehen würde, sinkt die gefühlte Temperatur um mehr als 14°C (Bild 2). Das heißt, der Hitzestress reduziert sich erheblich trotz ähnlicher Verhältnisse bei der Lufttemperatur. Die genaue Stärke des Effektes wird maßgeblich von der Baumgröße bestimmt, sodass der zeitliche Rahmen der Wuchsdauer bei entsprechender Umsetzung der Gestaltungsoption in jedem Fall zu berücksichtigen ist.

### Nutzerkommunikation und Beitrag zum kommunalen Hitzeaktionsplan

Um die wissenschaftlichen Erkenntnisse im Sinne einer effektiven Entscheidungsunterstützung in der gesellschaftlichen Praxis zu nutzen, bedarf es einer intensiven und gruppenspezifischen Kommunikation. Dies betrifft sowohl den Austausch zwischen Forscher\*innen und Verantwortungs-träger\*innen als auch den Dialog innerhalb der



**Bild 2:** Differenz der gefühlten Temperatur (PET – Physiologisch Äquivalente Temperatur; > 20°C wird bereits als Hitzestress empfunden) zwischen einem Gestaltungsszenario (Bild 2) und dem Status Quo. Die Zahlen 2, 3 und 5 im Bild markieren Hausnummern. © Modell erarbeitet von Daniel Hertel

Praxisvertreter\*innen. Dadurch entstehen Einsichten hinsichtlich der jeweiligen Gestaltungsspielräume, der Potenziale und Grenzen und somit Lerneffekte auf unterschiedlichen Ebenen.

Intensive Diskussionen bei zwei Arbeitskreistreffen, zu denen die Wissenschaftler\*innen Praxisvertreter\*innen aus der Stadtplanung und -verwaltung, von Wohnungsunternehmen und NGOs eingeladen hatten, demonstrierten die Wichtigkeit des Austauschs über die Grenzen des eigenen Verantwortungsbereichs hinweg. Übereinstimmend wurde von den Anwesenden der große Nutzen der 3D-Stadtklimasimulationen unterstrichen. Sie wurden als unerlässlicher Bestandteil einer digitalen Stadtplanung eingefordert. Eine Umfrage unter den Anwesenden zeigte, dass 78 % sich vorstellen

**Bild 3:** Gestaltungsszenario bei dem die neu definierten Bäume trichterförmig angeordnet sind (nördlich der Sand- und Wasserflächen). © Visualisierung erarbeitet von Carolin Helbig.



könnten, den interaktiven Methodenbaukasten bei der eigenen Tätigkeit zu nutzen.

Des Weiteren ist die Kommunikation mit Bewohner\*innen zu verbessern. Anhand simulierter Szenarien kann die Anpassung von Verhaltensweisen begründet und zugleich ein Beitrag zur Umweltbildung geleistet werden. Bildhafte Darstellungen vermitteln die Notwendigkeit, Lebensgewohnheiten und Tagesabläufe zu ändern, zum Beispiel die zeitliche Verlagerung von bestimmten Aktivitäten in die Morgen- oder Abendstunden.

Generell werden geeignete sowie niedrighschwellige Informations- und Kommunikationsmedien gebraucht. Eine Variante stellt die Verlinkung des interaktiven Methodenbaukastens auf der Homepage des Gesundheitsamtes der Stadt Leipzig dar. Er wird dort zur freien Verfügung eingestellt und kann als Beitrag für den kommunalen Hitzeaktionsplan betrachtet werden.

### Fazit

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass in der Zusammenschau von 3D-Stadtklimasimulationen, der gefühlten Temperatur und soziodemographischen Daten genaue Empfehlungen für die besonders von Hitze betroffenen vulnerablen Gruppen abgeleitet werden können. Dies schließt die Gestaltung ihrer Wohnbedingungen im Quartier unmittelbar ein. So lassen sich für die wohnungsnahen Freiräume konkrete Hinweise hinsichtlich Schatten spendendem Grün, Sitzgelegenheiten und weiteren Ausstattungsoptionen, die Hitzestress mindern und zugleich der Einsamkeit der Menschen entgegenwirken, formulieren. Die Methoden und Erkenntnisse tragen zu einer Verbesserung bisheriger kommunaler Anpassungsstrategien bei. Sie sollten Bestandteil einer zukunftsorientierten digitalen Stadtplanung sein.

### Danksagung

Die Autor\*innen danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), die das Forschungsvorhaben „Hitzestress auf Quartiersebene“ im Rahmen der Fördermaßnahme „Planetary Health“ von Januar 2022 bis Mai 2023 unterstützt hat (Förder-KZ: 37993/01).

### LITERATUR

- [1] SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umwelt und Gesundheit konsequent zusammendenken. Sondergutachten. Punkt 3.4 Hitze, (2023) S. 78 – 90, Berlin.
- [2] Fügner, T., Grunewald, K., Ziemann, A., Moderow, U., Goldberg, V., Kochan, N., Brzoska, P.: Das HRC-Hitzetool. Ein Web-Tool zur Bewertung von Hitzeanpassungsmaßnahmen in Städten. In: Transforming Cities, 3 (2022), S. 44 – 49.

- [3] Bundesministerium für Gesundheit: Hitzeschutzplan für Gesundheit. Impulse des BMG (Entwurf), (2023). [https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3\\_Downloads/H/Hitzeschutzplan/30623\\_BMG\\_Hitzeschutzplan.pdf](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/H/Hitzeschutzplan/30623_BMG_Hitzeschutzplan.pdf) (zugegriffen: 17.7.2023).
- [4] Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz: Hitzeaktionsplan Leipzig. Leipzig, (2023). <https://www.leipzig.de/buergerservice-und-verwaltung/buergerbeteiligung-und-einflussnahme/aktuelle-beteiligungen/detail/projekt/hitzeaktionsplan-2023> (zugegriffen: 22.6.2023).
- [5] Hertel, D., Pößneck, J., Kabisch, S., Schlink, U. (im Erscheinen): Hitzestress in Stadtquartieren. Methodik und empirische Belege unter Nutzung des Planetary-Health-Ansatzes. In: Kabisch, S., Rink, D., Banzhaf, E. (Hrsg.): Die resiliente Stadt – Konzepte, Konflikte, Lösungen, Springer.
- [6] Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen: Leipzig-Informationssystem, (2023). <https://statistik.leipzig.de> (zugegriffen: 21.06.2023).
- [7] Althaus, E.: Sozialraum Hochhaus. Bielefeld, transcript Verlag, (2018).
- [8] Kabisch, S., Pößneck, J.: Sitzgelegenheiten im wohnungsnahen Freiraum. Erholung zwischen Wunsch und Realität in Leipzig-Grünau. In: Stadt und Grün, 9 (2022), S. 51 – 57.
- [9] Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen: Zuarbeit von Daten zur Altersstruktur im Ortsteil Grünau-Nord auf Blockebene, (2022), Stand der Daten: 31.12.2021.

### AUTOR\*INNEN



Prof. Dr. Sigrun Kabisch

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
Kontakt: [sigrun.kabisch@ufz.de](mailto:sigrun.kabisch@ufz.de)



Prof. Dr. Uwe Schlink

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
Kontakt: [uwe.schlink@ufz.de](mailto:uwe.schlink@ufz.de)



Dr. Daniel Hertel

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
Kontakt: [daniel.hertel@ufz.de](mailto:daniel.hertel@ufz.de)



Janine Pößneck, M.A.

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
Kontakt: [janine.poesneck@ufz.de](mailto:janine.poesneck@ufz.de)