

Hitzeanpassung von Stadtquartieren

Akteursperspektiven und Umsetzungsansätze

Durch die projizierte globale Erwärmung werden sich Hitzeextreme verschärfen. Vor allem in den Städten wird die Lebensqualität der Stadtbevölkerung unter sommerlichen Hitzewellen leiden. Im Projekt HeatResilientCity werden bewohnerorientierte Hitzeanpassungsmaßnahmen an Gebäuden und im städtischen Freiraum entwickelt und geprüft sowie Empfehlungen für die Umsetzung gegeben.

Janneke R. Westermann , Jens Bolsius, Stefanie Kunze , Christoph Schünemann , Heidi Sinning , Astrid Ziemann , Marie-Luise Baldin , Kurt Brüggemann, Patrycia Brzoska , Franziska Ehnert , Valeri Goldberg , Lena Großmann, Karsten Grunewald , Thomas Naumann, Franziska Reinfried, Benjamin Richter, Guido Spohr , Regine Ortlepp 

Heat adaptation of urban districts. Perspectives of actors and approaches to implementation

GAIA 30/4 (2021): 257–267

Abstract

The HeatResilientCity project applied insights from natural sciences, engineering and the social sciences to develop heat adaptation measures, test their effectiveness and partially implement them in two structurally different real-world laboratories in Dresden-Gorbitz and Erfurt-Oststadt. The present article discusses interventions to plant street trees and to refurbish two different residential buildings. We describe and analyse aspects of the implementation process to identify key factors that enable or constrain adaptation action among different groups of actors. We find that adaptation measures that are objectively effective and supported by residents are most appropriate for implementation. Where residents evince scepticism about adaptation measures, information about their effectiveness and usefulness should be disseminated. Early and targeted involvement of relevant stakeholders, careful communication and the establishment of climate adaptation as a permanent interdepartmental task at municipal level can promote successful implementation of heat adaptation measures.

Keywords

climate adaptation, implementation of adaptation measures, real-world laboratory, residents' perspective, street trees, thermal adaptation of buildings, transdisciplinary research, urban districts

Anpassung an den Klimawandel für die Stadtbevölkerung

Die globale Erwärmung durch menschliche Aktivitäten beträgt momentan etwa 1,0 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau. Die 1,5 °C-Marke wird wahrscheinlich zwischen 2030 und 2052 erreicht (IPCC 2018). Klimamodelle projizieren belastbare Unterschiede zwischen den aktuellen klimatischen Bedingungen und einer künftigen Erwärmung, die sich sowohl auf die mittleren Temperaturwerte als auch auf Extremereignisse, wie zum Beispiel Hitzewellen, auswirken werden.

Der Effekt der städtischen Wärmeinsel verstärkt bereits in der Gegenwart die Folgen von Hitzewellen in Städten. Versiegelte, offene Flächen und ein geringes Grünvolumen führen tagsüber zu hoher Hitzebelastung im Freiraum (IPCC 2018). Da in Europa mehr als 75 % der Bevölkerung in urbanen Gebieten leben (Voytenko et al. 2016), sind hiervon sehr viele Menschen betroffen. Eng bebaute Stadtquartiere behindern die Ventilation sowie die effektive Abkühlung in der Nacht. Extrem heiße Tage werden in den mittleren Breiten bei 1,5 °C globaler Erwärmung um bis zu 3 °C wärmer. Die Anzahl heißer Tage wird zunehmen (IPCC 2018). Diese Entwicklung von Hitzeextremen stellt sich auch in regionalen Klimaprojektionen dar (für Sachsen: Spekat und Enke 2020).

Zur Bewältigung der Herausforderungen der globalen Erwärmung in den Städten sind zum Schutz der Menschen sowohl Klimaschutz als auch lokale Anpassung an die zunehmende sommerliche Hitzebelastung erforderlich. Die Notwendigkeit, Anpassungsmaßnahmen zu verstärken, wurde auch auf der 26. Vertragsstaatenkonferenz im Jahr 2021 in Glasgow unterstrichen und die Vertragsparteien aufgefordert, Anpassung stärker in die lokale, nationale und regionale Planung zu integrieren (COP 26 2021). Zum Schutz der Menschen vor der sommerlichen Hitzebelastung notwendige Hitzeanpassungsmaßnahmen (HAM) wurden in dem Verbundforschungsprojekt *HeatResilientCity*¹ (Lauf-

>

Dr. Janneke R. Westermann | Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) | Projektkoordinatorin HeatResilientCity | Forschungsbereich Gebaute Umwelt – Ressourcen und Umweltrisiken | Weberplatz 1 | 01217 Dresden | Deutschland | +49 351 4679215 | j.westermann@ioer.de

© 2021 J.R. Westermann et al.: licensee oekom verlag.
This Open Access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution License CCBY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).
<https://doi.org/10.14512/gaia.30.4.9>
Received March 17, 2021; revised version accepted November 11, 2021 (double-blind peer review).

¹ Das Projekt hat den Deutschen Nachhaltigkeitspreis Forschung 2022 gewonnen.

BOX 1: Reallabor Dresden-Gorbitz

Am westlichen Rand der sächsischen Landeshauptstadt Dresden liegt Gorbitz (200 Hektar) (Abbildung 1), das durch eine sehr homogene, lockere sechsgeschossige Zeilenbebauung mit Gebäuden des industriellen Wohnungsbaus bestimmt wird. Gorbitz wurde im Jahr 2005 in das Städtebauförderprogramm Stadtteile mit besonderem Entwicklungsbedarf – Die „Soziale Stadt“ aufgenommen. Im Quartier besteht aufgrund der Konzentration sozial und ökonomisch Benachteiligter weiterhin erheb-

licher Entwicklungsbedarf. Gorbitz schrumpfte in den 1990er Jahren stark. 2018 lebten circa 17 300 Menschen im Gebiet des Reallabors, davon sind 5 % jünger als sechs Jahre, 62 % sechs bis 59 Jahre und 33 % 60 Jahre und älter.^a

a Abfrage von Bevölkerungsdaten bei der Kommunalen Statistikstelle der Landeshauptstadt Dresden 2018.



ABBILDUNG 1: Luftbild mit markierter Grenze des Reallabors und Gebäude des industriellen Wohnungsbaus in Dresden-Gorbitz.



zeit Oktober 2017 bis Januar 2021) beispielhaft in den Reallaboren Dresden-Gorbitz (DD-Gorbitz, Box 1) und Erfurt-Oststadt (EF-Oststadt, Box 2) untersucht. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Reallabore bieten einen vielversprechenden Ansatz zur Unterstützung einer nachhaltigen Entwicklung in Städten (Hahne und Kegler 2016) und zur Verbesserung der Anpassung an Hitze. Ziel von *Heat Resilient City* ist es, auf Basis von wissenschaftlichen Analysen, Bewohner- und Praxisperspektiven sozial gerechte, objektiv wirksame, von den Bewohner(inne)n befürwortete sowie klimaschutzkonforme HAM zu entwickeln, umzusetzen und ihre Wirksamkeit zu prüfen. So soll die Aufenthaltsqualität in Gebäuden und Freiräumen der Reallabore in Hitzeperioden gesteigert werden.

Ausgewählte Ergebnisse des Projekts werden unter dem Fokus der folgenden Forschungsfragen betrachtet:

- Welche HAM bewerten Bewohner(innen) als sinnvoll sowie Expert(inn)en als objektiv wirksam?
- Welche Rahmenbedingungen fördern oder hemmen die Umsetzung von HAM?

Der Beitrag erläutert nach einer Vorstellung der Reallabore den Stand der Wissenschaft und das methodische Vorgehen. Im Ergebnisteil werden anhand von Pilotprojekten die erhobenen Bewohnerperspektiven auf HAM den Ergebnissen der Wirksamkeitsprüfungen gegenübergestellt. Hemmende oder förderliche Faktoren für die Umsetzung von HAM werden dargelegt. Im letzten Teil werden Schlussfolgerungen für die praktische Umsetzung gezogen.

Stand der Wissenschaft und methodisches Vorgehen

HAM im Frei- und Innenraum sind zwar prinzipiell bekannt, spezifische, quantitative und auf die betrachteten Reallabore übertragbare Angaben zu ihrer Wirksamkeit liegen jedoch nicht vor. Auch über Bewohnerperspektiven auf HAM (Großmann et al. 2012, Kanning und Richter-Harm 2021, Mittermüller 2020) und die Ökosystem-basierte Anpassung urbaner Räume liegen bisher nur ungenügende Wissensstände vor (Zölch et al. 2018). Standardisierte Methoden zum Vergleich von Ergebnissen verschiedener Studien zum Einfluss urbanen Grüns auf die thermische Belastung des Menschen und die Lufttemperatur oder zur Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf andere Städte fehlen bislang (Koc et al. 2018). Freiraumanalysen auf kleinräumigen Skalenebenen, zum Beispiel Stadtquartieren, kleineren Grünstrukturen und Straßengrünzügen, gibt es bisher nur wenige (Brzoska und Späße 2020, Haase et al. 2014). Bei hitzebezogenen Untersuchungen von Gebäuden sind bisher vor allem Einfamilienhäuser oder einzelne Wohnungen von Mehrfamilienhäusern beschrieben, ohne Bezug auf deren Repräsentanz im Gebäudebestand zu nehmen (Symonds et al. 2016, Tink et al. 2018). Dementsprechend erfolgte bisher auch kaum eine transdisziplinäre Verbindung von Bewohnerperspektiven mit Wirkungsanalysen für konkrete Einzelmaßnahmen. Konkrete Umsetzungshemmnisse für HAM auf den Ebenen Verwaltung und Politik sowie Möglichkeiten zum Abbau dieser Hemmnisse sind bisher nur unzureichend betrachtet.

BOX 2: Reallabor Erfurt-Oststadt

Die östlich der Altstadt gelegene Erfurter Oststadt (140 Hektar) (Abbildung 2) hat einen hohen Versiegelungs- und Verdichtungsgrad und wenige öffentliche Freiräume. Das Reallabor erstreckt sich über das Hanseviertel mit sozialem Wohnungsbau der 1920er- und 1930er Jahre (unter anderem des Bauhauses), die gründerzeitliche Innere Oststadt sowie die Äußere Oststadt als städtebauliches Entwicklungsgebiet. Hanseviertel und Innere Oststadt wurden 1994 bis 1999 weitgehend im Rahmen

der Gemeinschaftsinitiative URBAN saniert. Die Erfurter Oststadt ist in den letzten Jahren stark gewachsen. Im Gebiet des Reallabors leben rund 11 900 Menschen, davon sind 9% jünger als sechs Jahre, 74% sechs bis 59 Jahre und 17% 60 Jahre und älter.³

a Abfrage von Bevölkerungsdaten des Einwohnermelderegisters bei der Abteilung Statistik und Wahlen der Landeshauptstadt Erfurt 2019.



ABBILDUNG 2: Luftbild mit markierter Grenze des Reallabors und Gründerzeitgebäude der Erfurter Oststadt.

Um diese Wissenslücken zu füllen, baut *HeatResilientCity* auf folgendem Stand der Methodenentwicklung auf: Für die Erhebung der Perspektiven von Bewohner(inne)n werden schriftliche Passanten- und Onlinebefragungen durchgeführt (Friedrichs und Wolf 1990, Wagner und Hering 2014). Der Zusammenhang zwischen Stadtstrukturparametern und Klimagrößen sowie der Hitzebelastung des Menschen wird unter anderem mit hochauflösenden Stadtklimamodellen (*ENVI-met*, Bruse und Fleer 1998) bestimmt. Um eine für die Stadtplanung nutzbare Bewertung der Ökosystemleistungen des Freiraums auf kleinräumigen Skalenebenen zu erhalten, werden auf standortspezifischen Parametern basierende Ansätze wie etwa Biotopkartierungen und Baumkataster genutzt (Brzoska et al. 2021). Bei der Entwicklung von HAM für Gebäude ist neben den Setzungen in den Bauordnungen, in Normen und Regelwerken der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes (DIN 4108-2:2013) zu berücksichtigen. Er wird entweder mit einem vereinfachten Handrechenverfahren (Sonneneintragskennwertverfahren) oder einer dynamisch-thermischen Gebäudesimulation, die auch in vielen internationalen Publikationen verwendet wird (etwa Fosas et al. 2018, Jenkins et al. 2011), erbracht. Umsetzungshemmnisse werden mithilfe von Akteurs- und Governanceanalysen (Mayring 2000) untersucht.

Folgende Methoden kommen dabei in *HeatResilientCity* zur Anwendung: In sozialwissenschaftlichen Befragungen (Friedrichs und Wolf 1990, Wagner und Hering 2014), unter anderem im Kontext von Interventionen (sensu Mackrodt 2014), bewerten Bewohner(innen) einzelne HAM hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit für die Verringerung sommerlicher Hitze. Um die Hitzebelastung des Menschen im Freiraum zu bestimmen, wird eine „gefühlte Temperatur“ (*Universeller Thermischer Klimaindex, UTCI*,² Bröde et al. 2012) genutzt. Eine Analyse der Baumbestände hinsichtlich unterschiedlicher Klimabedingungen erfolgt anhand der Datenbank *citree* (2020). Das Innenraumklima von Gebäuden wird mit Simulationen in *IDA ICE* sowie *TRNSYS*³ ergründet. Langzeitmessungen in mehreren Wohnungen der für das jeweilige Quartier repräsentativen Mehrfamilienhäuser sind Basis für eine sorgfältige Validierung der verwendeten Simulationsmodelle für komplette Gebäude (Schünemann et al. 2020 b, 2021 a). Mit der Methode der Übertemperaturgradstunden⁴ wird die Hitzebelastung in Anlehnung an DIN 4108-2:2013 bewertet. Darauf aufbauend werden HAM für belastete Bereiche im Freiraum und in Gebäuden entwickelt und geprüft. Dabei wird die „gefühlte Temperatur“ als Einflussfaktor betrachtet, Exposition und Sensibilität der Betroffenen jedoch nicht berücksichtigt. >

2 Der Universelle Thermische Klimaindex UTCI ermöglicht eine Bewertung des thermischen Wohlbefindens des Menschen als eine „gefühlte Temperatur“ mithilfe der meteorologischen Größen Strahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit.

3 IDA Indoor Climate and Energy 4.8 SP1 (EQUA, Stockholm 2018), TRNSYS 18 – a TRaNsient SYstem Simulation program, Version 18.00.0019 (University of Wisconsin-Madison, Solar Energy Laboratory 2017).

4 Mit der Methode der Übertemperaturgradstunden wird das Zeitintegral der Differenz zwischen der operativen Raumtemperatur („gefühlte Temperatur“ in Innenräumen) und einer standortunabhängigen Grenztemperatur von 26 °C für ein Jahr ermittelt, wobei nur Zeiträume berücksichtigt werden, in denen die Grenztemperatur überschritten ist. Eine Übertemperaturgradstunde tritt demnach auf, wenn die Raumtemperatur eine Stunde lang genau 27 °C beträgt.

TABELLE 1: Hitzeanpassungsmaßnahmen (HAM) mit einer Einschätzung der Wirksamkeit durch Bewohner(innen) (Ergebnisse aus den Reallaboren; Klassifikation: mindestens 75 % der Befragten finden die Maßnahme sinnvoll = hoch, < 75 % und \geq 50 % = mittel, < 50 % = gering) sowie durch das HeatResilientCity(HRC)-Team mit Expert(inn)en (Simulations- und Messergebnisse).

HAM	ALS SINNVOLL ERACHTET VON BEWOHNER(INNEN)	WIRKSAMKEIT HRC-TEAM UND EXPERT(INN)EN	MÖGLICHE SYNERGIE-EFFEKTE	MÖGLICHE KONFLIKTE UND RISIKEN
FREIRAUM				
Pflanzung von Straßenbäumen	hoch	hoch	Regenwassermanagement, Erhöhung Biodiversität und Lebensqualität, Klimaschutz	unterirdische Leitungsführung im verdichteten Stadtraum (hoher Abstimmungsaufwand), hohe Investitionskosten, Nutzungskonflikte (Parkraum), Ventilationshinderung, Pflegekosten
GEBÄUDE				
außenliegende Sonnenschutzvorrichtung	hoch	hoch	Sichtschutz	Denkmalschutz, Brandschutz, höhere Investitionskosten
automatisierte Nachtlüftung	gering	hoch	Komforterhöhung	Nachrüstungsaufwand, Geräuschbelastungen, laufende Kosten, evtl. Wohnraumverlust

Bei der Zusammenschau der verschiedenen disziplinären Ergebnisse können HAM identifiziert werden, die von den Bewohner(inne)n als sinnvoll erachtet werden und die messbar eine hohe Wirksamkeit haben. Ausgewählte HAM sind in Pilotprojekten realisiert. Akteurs- und Governanceanalysen (Mayring 2000) werden eingesetzt, um konkrete Hemmnisse in den Stadtverwaltungen von Dresden und Erfurt für die Umsetzung von HAM herauszuarbeiten und Wege für ihren Abbau aufzuzeigen (Baldin und Sinning 2021).

Bewertung von Hitzeanpassungsmaßnahmen durch Bewohner(innen) und Expert(inn)en

Von den in *HeatResilientCity* umgesetzten oder projektierten HAM im Freiraum und an Gebäuden werden hier drei näher vorgestellt, die in den Pilotprojekten realisiert wurden: die Pflanzung von Straßenbäumen, außenliegende Sonnenschutzvorrichtungen und automatisierte Nachtlüftung für die hitzeangepasste Sanierung von Gebäuden (Tabelle 1).

Pflanzung von Straßenbäumen

Die Pflanzung von Straßenbäumen ist durch die **Bewohner(innen)** in den Reallaboren in hohem Maße als sinnvoll bewertet worden (DD-Gorbitz: 73 %; EF-Oststadt: 82 %; Baldin und Sinning 2019 a, 2019 b). Nahezu alle Dresdner(innen) (93 %) sehen die Begrünung von Straßen und öffentlichen Plätzen als wichtigste HAM an (LHD 2018). In Erfurt beurteilen die Befragten Baumbepflanzungen von Straßen und öffentlichen Plätzen als sehr sinnvoll (48 %) oder eher sinnvoll (28 %) (LHE 2020). Bei der Onlinebefragung der Bürger(innen) im Rahmen der Intervention *Platz nehmen – auch bei Hitze!* im Jahr 2020 in der Erfurter Oststadt schätzten 90 % der Befragten die HAM „Pflanzung von zusätzlichen Bäumen“ als sehr gut ein (Großmann und Sinning 2021).

In **Modellsimulationen** zeigt sich, dass die mittlere Hitzebelastung für Menschen, die sich an einem heißen Sommertag im Freiraum der Reallabore aufhalten, deutliche räumliche Unterschiede aufweist. Im Schatten von Bäumen kommt es zu einer Verringerung um zwei Belastungsstufen gegenüber besonnten Straßen (Abbildung 3). Der Pflanzung von Straßenbäumen wird primär durch Beschattung und sekundär durch Evapotranspiration der Bäume und der entsiegelten Fläche eine hohe objektive Wirksamkeit zugeordnet (siehe auch Wang und Akbari 2016). Es ist zu erwarten, dass sich die Aufenthaltsqualität mit der Bereitstellung beschatteter Bereiche steigern lässt und damit auch die Erholungs- und Freizeitfunktion deutlich verbessert wird.

Auswertungen der **Baumkatasterdaten** und der Baumeigenschaften (citree 2020) in den Reallaboren zeigen, dass circa 34 % der Bäume in DD-Gorbitz und etwa 23 % der Bäume in EF-Oststadt als „hitzetolerant“ einzuordnen sind (Abbildung 4). Als „trockenheitstolerante“ Bäume (citree 2020) lassen sich circa 89 % in DD-Gorbitz und ungefähr 70 % in EF-Oststadt klassifizieren. Pflanzungen von hitze- und trockenheitstoleranten Bäumen sind somit notwendig, um einen für die kommenden Dekaden vitalen Baumbestand zu erhalten.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde das **Pilotprojekt 50 Bäume für die Erfurter Oststadt** im Rahmen von *HeatResilientCity* umgesetzt und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, der Bürgerinitiative *Stadtbäume statt Leerräume* sowie dem Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) gefördert (Abbildung 5, S. 262). Nach aufwendigen Abstimmungen zwischen den zuständigen Ämtern, Bestandsaufnahmen und Ortsterminen mit den Versorgungsunternehmen wurden die Bäume und Sträucher im Spätherbst 2020 und Frühjahr 2021 gepflanzt. Sie werden den zukünftigen klimatischen Standortbedingungen (längere Hitze- und Trockenperioden sowie erhöhte Spätfrostgefährdung) gerecht. Um zukünftig verstärkt Ersatzpflanzungen zu ermöglichen, wurden Rahmenvereinbarungen zwischen der Stadtverwaltung und den Leitungsträgern erarbei-

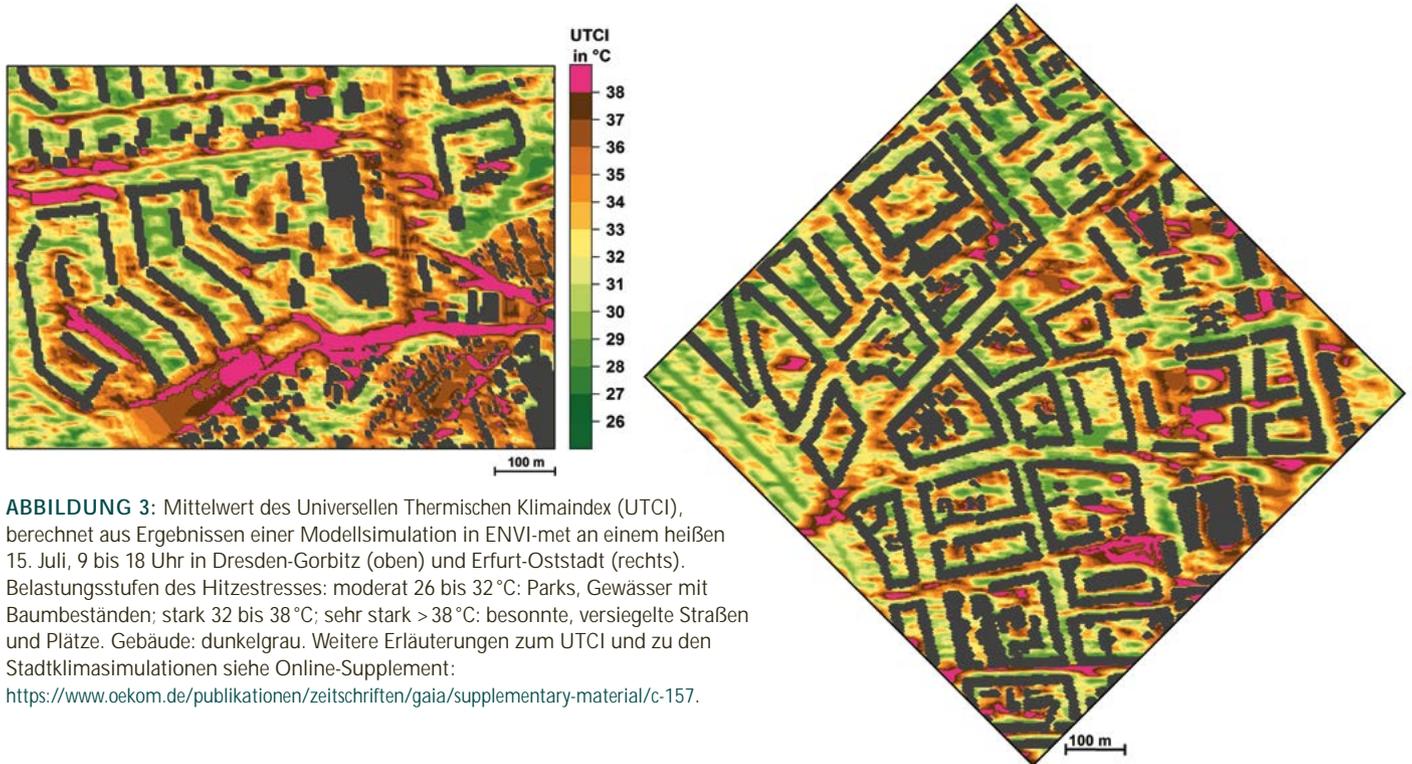


ABBILDUNG 3: Mittelwert des Universellen Thermischen Klimaindex (UTCI), berechnet aus Ergebnissen einer Modellsimulation in ENVI-met an einem heißen 15. Juli, 9 bis 18 Uhr in Dresden-Gorbitz (oben) und Erfurt-Oststadt (rechts). Belastungsstufen des Hitzezustresses: moderat 26 bis 32 °C: Parks, Gewässer mit Baumbeständen; stark 32 bis 38 °C; sehr stark > 38 °C: besonnte, versiegelte Straßen und Plätze. Gebäude: dunkelgrau. Weitere Erläuterungen zum UTCI und zu den Stadtklimasimulationen siehe Online-Supplement: <https://www.oekom.de/publikationen/zeitschriften/gaia/supplementary-material/c-157>.

tet, in denen Standards zur Zusammenarbeit und Kompromisse zu Mindestabständen formuliert wurden (Spohr und Westermann, im Erscheinen).

Hitzeangepasste Sanierung von Gebäuden

Ein Großteil der **Bewohner(innen)** der Reallabore (75 % DD-Gorbitz, 80 % EF-Oststadt; Baldin und Sinning 2019 a, 2019 b) schätzt in den Befragungen außenliegende Sonnenschutzrichtungen als sinnvoll ein. In Dresden wird das Anbringen von Sonnenschutzrichtungen von 87 % der Befragten als sinnvolle bauliche HAM genannt (LHD 2018), in Erfurt finden die Befragten diese HAM überwiegend sehr sinnvoll (45 %) oder eher sinnvoll (29 %) (LHE 2020). Eine automatisierte Nachtlüftung dagegen wird in der Befragung sowie in einer Nutzerschulung nur von einem kleineren Teil der Befragten als sinnvoll bewertet (35 % DD-Gorbitz, 39 % EF-Oststadt; Baldin und Sinning 2019 a, 2019 b).

Messungen des Innenraumklimas in verschiedenen Gebäudetypen zeigen eine sehr hohe Hitzebelastung (Maximaltemperaturen bis zu 35 °C im Gründerzeitgebäude (GZG) und 36 °C im Gebäude der industriellen Wohnungsbauserie 70 [WBS 70]) im Dachgeschoss und in Räumen mit großen Fensterflächen. Diese wird bedingt durch hohe solare Einträge durch Dach und Fenster sowie teilweise geringe thermische Wärmespeicherkapazität. In Gebäudesimulationen zeigen die HAM außenliegender Sonnenschutz (Temperaturreduktion GZG: 2 °C, WBS 70: 2,4 °C) und automatisierte Nachtlüftung (Temperaturreduktion GZG: 2 °C, WBS 70: 1,5 °C) eine hohe Wirksamkeit (Tabelle 1).

Gebäudesimulationen des **GZG** zeigen, dass HAM nur im hitzebelasteten Dachgeschoss notwendig sind. Die Kombination aus 1. hoch reflektierendem, innenliegendem Sonnenschutz auf der Ostseite, 2. außenliegendem Sonnenschutz auf der West-

ABBILDUNG 4: Baumbestände in den Reallaboren klassifiziert nach citree (2020) in Dresden-Gorbitz (links) und Erfurt-Oststadt (rechts). Luftbilder: GeoSN 2015, GDI-Th 2016.

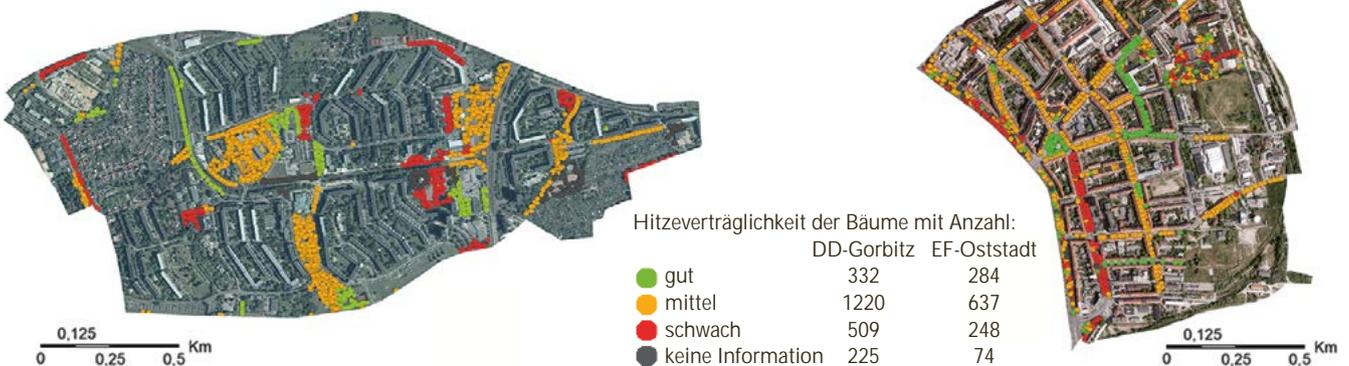




ABBILDUNG 5: In der Rathenaustraße (Erfurter Oststadt) wurden klimaresiliente Säulen-Hainbuchen (*Carpinus betulus*) der Sorte „Frans Fontaine“ gepflanzt.

seite und den Dachflächenfenstern im Dachgeschoss sowie 3. einer Abluftanlage im Bad mit hohem Volumenstrom (mindestens 250 Kubikmeter pro Stunde), die in der Nacht heiße Luft aus der Dachgeschosswohnung abführt, erweist sich als effektives Maßnahmenpaket, das große Eingriffe in die Bausubstanz des Gebäudes vermeidet (siehe auch Schünemann et al. 2020 a). Auf einen innenliegenden, ohne Gerüst montierbaren Sonnenschutz an der Ostfassade wurde vor allem aus ökonomischen Gründen zurückgegriffen. Die so erreichte Reduktion der Innenraumtemperatur ist geringer als bei einem außenliegenden Sonnenschutz, führt aber dennoch zu einer signifikanten Abkühlung.

Das Konzept für eine bereits geplante Gebäudesanierung der **WBS 70-Gebäude** beinhaltet Maßnahmen, die sich positiv auf den sommerlichen Wärmeschutz auswirken, beispielsweise der Austausch der Fenster sowie die Dämmung der obersten Geschossdecke. In dem Pilotprojekt wurden darüber hinausgehende HAM umgesetzt (Abbildung 6).

ABBILDUNG 6: Gebäude der industriellen Wohnungsbauserie 70 in Dresden-Gorbitz vor (links) und nach (rechts) der hitzeangepassten Sanierung.



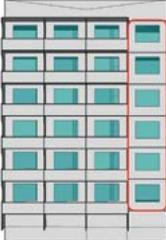
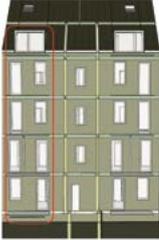
Die Ergebnisse der thermischen Gebäudesimulation zeigen, dass eine Kombination aus zwei HAM besonders effektiv ist: Zur Minderung der Wärmeeinträge wurden außenliegende Rollläden an den Fenstern der südlichen, westlichen sowie östlichen Fassaden angeordnet. Zudem wurde die vorhandene Abluftanlage vergrößert, um durch einen erhöhten Nachtluftwechsel die Gebäudeentwärmung im Sommerhalbjahr zu unterstützen. Die hohe **Wirksamkeit der HAM** zeigt sich in einer deutlichen Reduktion der simulierten Übertemperaturgradstunden (Tabelle 2). Sie wird auch durch externe Studien bestätigt (Mavrogianni et al. 2015, Porritt et al. 2013, Vellei et al. 2016).

Fördernde und hemmende Faktoren für die Umsetzung von Hitzeanpassungsmaßnahmen

Die Akteurs- und Governanceanalyse hat für die Reallabore gezeigt, dass verschiedene Akteursgruppen auf unterschiedlichen Ebenen (siehe Greiving und Fleischhauer 2008, Benz 2018), wie Kommunen und Ländern, in Prozesse zur Klimaanpassung an Hitze involviert sind. Für die Verwaltungen ist Klimaanpassung eine relativ neue Aufgabe und nach wie vor keine Pflichtaufgabe, obwohl sie zum Beispiel im Raumordnungsgesetz und im Baugesetzbuch verankert ist. In der Folge hat Klimaanpassung an Hitze im kommunalen Aufgabenportfolio einen schwachen Stand (Termeer et al. 2017). Die vielfältigen Risiken des Klimawandels stellen besondere Herausforderungen an Governancestrukturen (Birkmann et al. 2010) und erfordern eine integrierte, ressort- und ebenenübergreifende Organisation der Klimaanpassung (unter anderem Overbeck et al. 2008). Diese ist in vielen Kommunen kaum gegeben (Baldin und Sinning im Erscheinen).

Die **Betroffenheit der Bevölkerung** und der daraus folgende Handlungsbedarf, wie etwa durch Bewohner- und Kommunalbefragungen transparent gemacht (LHD 2018, Baldin und Sinning 2019 a, 2019 b, LHE 2020), ist ein wesentlicher Faktor, warum Stadtverwaltungen und -politik Handlungsbedarfe anerken-

TABELLE 2: Übertemperaturgradstunden verschiedener Räume des WBS 70-Gebäudes (links) und des Gründerzeitgebäudes (GZG) (rechts) im Istzustand und mit Maßnahmenpaket zur Reduktion der Hitzebelastung. Kritisch für den sommerlichen Wärmeschutz sind Übertemperaturgradstunden von mehr als 1 200 Kelvinstunden pro Jahr (Kh/a).

INDUSTRIELLER WOHNUNGSBAU (WBS 70)			GRÜNDERZEITGEBÄUDE (GZG)		
SÜDANSICHT	ISTZUSTAND [Kh/a]	ANPASSUNG [Kh/a]	ISTZUSTAND [Kh/a]	ANPASSUNG [Kh/a]	OSTANSICHT
	5. OG: 1508	99	4. OG: 1389	57	
	4. OG: 1205	57	3. OG: 167	66	
	3. OG: 1031	40	2. OG: 41	28	
	2. OG: 871	28	1. OG: 86	71	
	1. OG: 616	15	EG: 1	0	
	EG: 214	3			
WESTANSICHT	ISTZUSTAND [Kh/a]	ANPASSUNG [Kh/a]	ISTZUSTAND [Kh/a]	ANPASSUNG [Kh/a]	WESTANSICHT
	5. OG: 2164	397	4. OG: 1194	207	
	4. OG: 1805	274	3. OG: 806	586	
	3. OG: 1563	210	2. OG: 296	247	
	2. OG: 1321	165	1. OG: 690	664	
	1. OG: 940	113	EG: 588	578	
	EG: 346	49			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> < 300 Kh/a 1200 Kh/a >2500 Kh/a </div>					
<i>geringe Wärmebelastung</i>			<i>mittlere Wärmebelastung (normativer Anforderungswert)</i>		
			<i>sehr hohe Wärmebelastung</i>		

nen und zu Treibern der Klimaanpassung werden können. **Good Practices** von Kommunen und privaten Investor(inn)en können Vorbildfunktion für die Umsetzung haben. In diesem Kontext sind die Richtlinie *Dresden baut grün* für kommunale Hochbauvorhaben und die im Juni 2020 öffentlich bekannt gemachte Aufstellung eines Hitzeaktionsplans in Erfurt zu nennen.

Klimaanpassung betrifft aufgrund ihrer Komplexität unterschiedlichste Geschäftsbereiche und Ämter innerhalb der Verwaltung, wobei eine konkrete Zuordnung oder Anbindung des Themas innerhalb der Verwaltungsbereiche in Dresden und Erfurt bis 2020 weitgehend fehlte. In Dresden erfolgen **ressortübergreifende Abstimmungen** zu HAM zwar teilweise (beispielsweise in der Steuerungsgruppe *Klimaschutz und Klimaanpassung*), sie beziehen sich jedoch oftmals nur auf konkrete Einzelvorhaben. Die Erfurter Stadtverwaltung strebt seit April 2021 mit der Initiierung des *Lenkungsircles Resiliente Stadtentwicklung*, der organisatorische und inhaltliche Mindeststandards für künftige Planungen und Projekte entwickeln soll, eine übergreifende Verwaltungsstruktur an. Der Lenkungsreis wird von der Abteilung *Nachhaltigkeitsmanagement und strategische Umweltplanung*, die in Erfurt Querschnittsaufgaben der Verwaltung zur Klimaanpassung übernimmt, prozessorientiert moderiert.

Bei der Umsetzung gebäudebezogener HAM zeigte sich, dass Wirtschaftsakteure, hier eine Wohnungsbaugenossenschaft in DD-Gorbitz, Treiber der Klimaanpassung sein können. Ihre Mo-

tivation resultiert aus der **Wirtschaftlichkeit** (dauerhafte Vermietbarkeit des Wohnraums durch hohe Wohnqualität), der Betroffenheit der Mieter(innen) sowie dem fundierten **Wissen** über Anpassungs- und Fördermöglichkeiten. Eine Wohnungseigentümergeinschaft mit Einzeleigentümer(inne)n, wie im Gründerzeitgebäude in EF-Oststadt, machte die Umsetzung dagegen, unter anderem durch das geringe **Problembewusstsein** für die Relevanz der Klimaanpassung und die teils deutlich unterschiedliche **Betroffenheit** einzelner Wohnungen, unmöglich.

Anstrengungen zur Erhaltung und Förderung urbanen Grüns sollten auch durch private Eigentümer(innen) unternommen werden. Zur Durchsetzung von Belangen der Klimaanpassung an Hitze bei Vorgaben von Verwaltung und Politik gegenüber Privaten zeigen sich jedoch Defizite bei verbindlichen Rahmenbedingungen, Ermächtigungsgrundlagen und formellen Planungsinstrumenten. So fehlen in bestehenden **Begrünungs- und Vorgartensatzungen** konkrete Vorgaben, wie umfangreich begrünt werden soll. Auch das Controlling der Umsetzung der Satzungen müsste etwa in Erfurt konsequenter realisiert werden. Die Erfurter Begrünungssatzung wird aktuell novelliert. Der Begriff der Begrünung soll dabei, gerade auch im Hinblick auf Schottergärten, deutlich geschärft werden. Darüber hinaus wären auch Vorgartensatzungen oder Stellplatzsatzungen mit integrierten HAM vorstellbar, wobei hier insbesondere Regelungen für den Bestand wünschenswert wären (Baldin und Sinning 2021).

Innerhalb der Akteursgruppe Zivilgesellschaft zeigen sich vor allem Bürgerinitiativen (*Stadtbäume statt Leerräume*), Vereine (Lagune e.V., Omse e.V.) sowie Umweltverbände (BUND, Nabu) als Treiber für HAM in den Reallaboren. Sie setzen sowohl informelle Instrumente ein, wie kreative Aktionen für mehr Grün, als auch formelle Instrumente, wie Bürgerbegehren und Klagen. Diese Akteure können auch als „*Pioniere des Wandels*“ im Sinne der Großen Transformation (vergleiche WBGU 2011, 2016) und der *Transition Theorie* (Grin et al. 2010) bezeichnet werden.

Schlussfolgerungen für die praktische Umsetzung

Um die Aufenthaltsqualität in urbanen Freiräumen und Gebäuden in Hitzeperioden zu erhalten oder zu steigern, ist die Umsetzung lokaler HAM notwendig. Dabei steht der *Schutz des Menschen vor Hitzebelastung* im Fokus. Durch die Berücksichtigung der Bedürfnisse der Menschen bei der Auswahl, Lokalisierung und Ausgestaltung von HAM können beispielsweise Kommunen und Wohnungsunternehmen erwünschte, nutzbare Angebote realisieren. In transdisziplinäre Forschungsprozesse sollten Bewohner(innen) durch das Ko-Design, die Ko-Kreation und die Ko-Evaluation der Ergebnisse integriert werden.

Kommunen sollten ihre Aktivitäten für Klimaanpassung nutzen, um die Bevölkerung für den Klimaschutz zu motivieren und zu informieren. Die breite Betroffenheit der Bevölkerung von den Folgen des Klimawandels kann helfen, die Motivation des/der Einzelnen für den Klimaschutz zu stärken.

Die Ergebnisse von Bewohnerbefragungen zur Anpassung an den Klimawandel verdeutlichen die hohe Priorität in der Bevölkerung und zeigen relevante Themen für künftige Umsetzungsprozesse. Durch dokumentierte Bewohnerperspektiven kann der Handlungsdruck in der Verwaltung erhöht und zugleich Anregung für die Gestaltung von HAM gegeben werden. Im Rahmen von *HeatResilientCity* wurde die verwaltungsinterne *Bewusstseinsbildung* für das Thema Klimaanpassung durch die erhobenen Bewohnerperspektiven befördert. Neben den bereits im Projekt umgesetzten HAM werden die in Berichten dargestellten Bewohnerperspektiven zur hitzeangepassten Umgestaltung des Leipziger Platzes in Erfurt (Großmann und Sinning 2021) und einer Haltestelle in DD-Gorbitz (Großmann et al. 2021) bei der avisierten Umsetzung berücksichtigt.

Erfahrungen aus *HeatResilientCity* zeigen, dass die Bewohnerschaft beteiligt werden möchte und Beteiligung Akzeptanz für HAM schafft. Um kontinuierlich *kommunale Bürgerbeteiligungen* umsetzen zu können, werden eine Verankerung in Verwaltungsabläufen und -strukturen, finanzielle und personelle Ressourcen sowie eine angepasste Zeitplanung für die Umsetzung von HAM benötigt. Bei der Bürgerbeteiligung ist jedoch zu

beachten, dass die Umsetzung zeitnah erfolgt und sich an den Bedürfnissen der Bewohner(innen) orientiert. Vor dem Hintergrund der kurz- bis mittelfristig hoch erscheinenden Kosten für die Anpassung an den Klimawandel und der knappen finanziellen Ressourcen in den Kommunen kann die Berücksichtigung der Bewohnerperspektive zudem helfen, Investitionen gezielt zu steuern.

Aus Bewohnersicht benötigen urbane Freiräume zukünftig mehr Raum für Vegetation, eine verbesserte Zugänglichkeit und eine höhere Aufenthaltsqualität. Für Bereiche, in denen sich besonders viele Menschen aufhalten, zum Beispiel Haltestellen, Wege, stark frequentierte Stadtplätze, Wartebereiche an Ampeln und Sitzbänke, besteht besonderer Bedarf, sie hitzeangepasst zu gestalten. In der Folge sind hinsichtlich der Klimaanpassung weiterentwickelte *Leitbilder für zukunftsfähige Städte* und eine Stärkung der Freiraumpolitik im Sinne eines nutzungsübergreifenden Flächenmanagements notwendig. Das Ziel einer doppelten Innenentwicklung – innerstädtische bauliche Verdichtung unter Erhalt und Qualifizierung des urbanen Grüns – ist entsprechend in der Stadtentwicklung stärker zu befördern.

Bewohner(innen) scheinen grundsätzlich ein gutes Augenmaß für die Einschätzung der Zweckmäßigkeit von HAM zu haben (Tabelle 1). Dort, wo sich Abweichungen ergaben (HAM automatisierte Nachtlüftung), mag dies auf eine bislang gerin-

ge Verbreitung von und damit vermutlich wenig (Erfahrungs-) Wissen mit dieser Technik in der Bewohnerschaft zurückzuführen sein. Die Handlungsmöglichkeiten der Bewohner(innen) für ihre eigene Hitzeanpassung, zum Beispiel durch Lüften, sind generell hoch (Schünemann et al. 2021 b), Verhaltensänderungen sind jedoch schwierig zu erreichen (Baborska-Narozny et al. 2017). Ein *Wissenstransfer* über angepasstes Lüften in Hitzeperioden und die Vorteile automatisierter Nachtlüftung könnte beispielsweise über die Verbraucherzentralen stattfinden.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die subjektive Wahrnehmung der Hitzebelastung der Bewohner(innen) durch bauliche Merkmale (Beschaffenheit der Gebäudehülle, Anzahl der Geschosse, Wohnungsgröße) des jeweiligen Wohngebäudetyps beeinflusst wird (Großmann et al. 2012, Pfaffenbach und Siuda 2012). Darüber hinaus wirken sich der Sanierungszustand, die Lage der eigenen Wohnung innerhalb des Hauses sowie die Orientierung der jeweiligen Wohnung auf die zu erwartende Exposition der Bewohner(innen) gegenüber Hitze aus (Großmann et al. 2012, Vellei et al. 2016). Zudem beeinflussen individuelle Handlungsoptionen wie Mobilität, zeitliche Flexibilität sowie die finanzielle Situation die Wahrnehmung von Hitzebelastungen

(Großmann et al. 2012, Wittenberg et al. 2012) und persönliche Anpassungsmöglichkeiten. Die subjektiv empfundene Hitzebelastung hat somit auch eine **soziale und ökonomische Dimension**, die für die Planung von HAM von großer Bedeutung ist. Durch die Umsetzung von HAM verursachte Mietsteigerungen können zum Beispiel sozial benachteiligte Bewohner(innen) aus ihren Wohnungen verdrängen (Schünemann et al. 2020b).

Aufgrund der langen Aufenthaltsdauer von Menschen in Innenräumen von teilweise über 90 % der Tageszeit (Head et al. 2018), sind HAM für eine geringe Hitzebelastung in Gebäuden von großer Bedeutung. Aktuell muss für Bestandsgebäude jedoch auch bei Komplettisanierungen kein Nachweis eines sommerlichen Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2 geführt werden. Für Neubauten ist dies hingegen nach dem Gebäudeenergiegesetz verpflichtend. Da der sommerliche Wärmeschutz von Bestandsgebäuden nicht für zukünftig projizierte Sommer ausgelegt ist, ist dies kritisch zu sehen. Zudem bildet der für den Nachweis vorgeschriebene Wetterdatensatz im Verhältnis zum aktuellen Klima zu kühle Sommer ab und die lokalen Gegebenheiten, zum Beispiel eine Unterscheidung zwischen Stadt und Land, werden zu wenig berücksichtigt, sodass das Überhitzungsrisiko unterschätzt wird. Bei einer Prüfung der Anwendbarkeit des stark vereinfachten Handrechenverfahrens der DIN 4108-2 auf das GZG wurde zudem das Überhitzungsrisiko in den verschiedenen Räumen und Wohnungen zum Teil falsch eingeschätzt. Eine **Überarbeitung der DIN 4108-2** unter den genannten Gesichtspunkten sollte deshalb in Betracht gezogen werden.

Die **Hitzesommer 2018 bis 2020** haben die Wahrnehmung der Klimaanpassung als kommunales Handlungsfeld verstärkt. Die Unsicherheit über die Häufigkeit und Intensität künftiger Hitzeereignisse, die innerhalb von Wahlperioden begrenzt sichtbar werdenden Wirkungen der HAM und die kurz- bis mittelfristig hoch erscheinenden Kosten (vergleiche unter anderem Kropp und Daschkeit 2008) haben jedoch restriktiven Einfluss auf die Entscheidungsfindung. Als Lösung bieten sich beispielsweise **multifunktionale Freiflächen** an, auf denen Erholungs-, bei Hitze Kühl- und Rückzugsfunktionen sowie bei Starkregen Versickerung zum Tragen kommen. Diese finden im politisch-administrativen Entscheidungsprozess eher Zustimmung.

Um in Hitzeperioden die Lebensqualität und Arbeitsproduktivität der Menschen aufrechtzuerhalten und die Zahl der Hitzetoten zu reduzieren, ist es dringlich, die Rahmenbedingungen für die Umsetzung von HAM zu verbessern. Für die Realisierung der Klimaanpassung ist es von Bedeutung, dass Politiker(innen) und die Mitarbeitenden der Verwaltungen dafür sensibilisiert werden. Dies erfordert einen Wandel der Verwaltungskultur, damit die involvierten Ämter ihre **Zuständigkeiten ausfüllen** und die Mitarbeitenden ein entsprechendes **Verantwortungsbewusstsein entwickeln**. Dazu gehört auch die frühzeitig umzusetzende und zum Teil aufwendige **Kommunikation** mit verschiedenen Akteursgruppen, die notwendig ist, um Umsetzungshemmnisse abzubauen und Kompromisse zu finden. Es ist erforderlich, Möglichkeiten für die Entwicklung multifunktionaler Stadträume zu nutzen und Klimaanpassungsoptionen frühzeitig zu be-

rücksichtigen, zum Beispiel bei städtebaulichen Wettbewerben, Rahmenplanungen oder Konzeptvergaben. Solche querschnittsorientierten Aufgaben sind idealerweise bereits in Leistungsphase 0 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) zu integrieren (Kanning et al. 2020).

Zur Bewältigung der Klimaanpassung sind eine stetige Justierung der Verwaltungsstruktur und die Integration gegebenenfalls neu entstehender Handlungsfelder notwendig. Dazu ist ein kontinuierlicher Lernprozess innerhalb der Verwaltungen hinsichtlich des Klimawandels wichtig. Die Klimaanpassung als ausgeprägtes Querschnittsthema ist als **ressortübergreifende Daueraufgabe** innerhalb der Stadtverwaltungen zu etablieren, unter anderem um die Vielfalt der Akteure zielorientiert und kontinuierlich zu vernetzen. Auch Transformationen in den Governancestrukturen, zum Beispiel die Entwicklung neuer Leitbilder für Kommunen und die strategische Priorisierung von Partizipation und Bewohnerperspektiven, benötigen **Veränderungen in Verwaltungsaufbau und -abläufen**. Sie sind auf die Unterstützung von politischer Seite und der administrativen Leitungsebene angewiesen. Besonders Interventionen im Stadtraum (Realexperimente) sind als Beteiligungsinstrumente zu empfehlen, um in den Kommunen neue Erfahrungs- und Lernräume zu schaffen. Zu empfehlen sind ferner dauerhafte **gesamstädtische Koordinationsgremien**, wie Lenkungsgruppen mit Besetzung verschiedener Dezernate sowie Stabsstellen mit dem Fokus auf ressortübergreifende Aufgaben und die Integration von Klimaanpassung in etablierte Planungs- und Umsetzungsprozesse.

Die häufig in den Kommunen fehlenden personellen und finanziellen Ressourcen stehen im Widerspruch zu Forderungen nach mehr Klimaanpassung im Stadtraum. Um diesen Widerspruch aufzulösen, sollten kommunalpolitische Prioritäten verschoben und das Leitbild einer **klimagerechten Stadtentwicklung** konsequent verfolgt werden. Schlussendlich sollten Kommunen ihre Aktivitäten für Klimaanpassung nutzen, um die Bevölkerung auch für den Klimaschutz zu motivieren und zu informieren. Der Eindruck, dass dem Klimawandel durch bloße Anpassung zu begegnen sei, darf nicht entstehen. Vielmehr sollte die breite Betroffenheit der Bevölkerung von den Folgen des Klimawandels genutzt werden, um die Motivation des/der Einzelnen für den Klimaschutz zu stärken.

HeatResilientCity wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Vorhaben der Leitinitiative Zukunftsstadt im Themenbereich Klimaresilienz durch Handeln in Stadt und Region gefördert (FKZ 01 LR1724 A-G). Wir danken drei anonymen Gutachter(inne)n für wertvolle Hinweise zu unserem Beitrag.

Literatur

- Baborska-Narozny, M., F. Stevenson, M. Grudziska. 2017. Overheating in retrofitted flats: Occupant practices, learning and interventions. *Building Research and Information* 45/1–2: 40–59. <https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1226671>.
- Baldin, M.-L., H. Sinning (im Erscheinen). Hitzeresiliente Städte – warum gelingt die Umsetzung nicht? Governanceanalyse zu Umsetzungs- und Kommunikationsdefiziten am Beispiel Dresden und Erfurt. *disP – The Planning Review*. >

- Baldin, M.-L., H. Sinning (Hrsg.). 2019a. HeatResilientCity – Hitzeresiliente Stadt- und Quartiersentwicklung in Großstädten. Ergebnisbericht zur Befragung 2018 in Dresden. ISP-Schriftenreihe 13. Erfurt: Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation (ISP) der Fachhochschule Erfurt. <https://doi.org/10.22032/dbt.46114>.
- Baldin, M.-L., H. Sinning (Hrsg.). 2019b. HeatResilientCity – Hitzeresiliente Stadt- und Quartiersentwicklung in Großstädten. Ergebnisbericht zur Befragung 2018 in Erfurt. ISP-Schriftenreihe 14. Erfurt: Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation (ISP) der Fachhochschule Erfurt. <https://doi.org/10.22032/dbt.45614>.
- Baldin, M.-L., H. Sinning. 2021. Perspektiven kommunaler Akteure auf Klimaanpassung an Hitze. Ergebnisbericht der Akteurs- und Governanceanalyse sowie Handlungsempfehlungen für Kommunen. ISP-Schriftenreihe 15. Erfurt: Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation (ISP) der Fachhochschule Erfurt. <https://doi.org/10.22032/dbt.49154>.
- Benz, A. 2018. Governance. In: Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Herausgegeben von der Akademie für Raumforschung und Landesordnung (ARL). Hannover: ARL. 404–408.
- Birkmann, J., M. Garschagen, F. Kraas, N. Quang. 2010. Adaptive urban governance: New challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change. *Sustainability Science* 5/2: 185–206. <https://doi.org/10.1007/s11625-010-0111-3>.
- Bröde, P. et al. 2012. Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International Journal of Biometeorology* 56/3: 481–494. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0454-1>.
- Bruse, M., H. Fleer. 1998. Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling and Software* 13/3–4: 373–384. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00042-5).
- Brzoska, P., K. Grunewald, O. Bastian. 2021. A multi-criteria analytical method to assess ecosystem services at urban site level, exemplified by two German city districts. *Ecosystem Services* 49: 101268. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101268>.
- Brzoska, P., A. Späge. 2020. From city- to site-dimension: Assessing the urban ecosystem services of different types of green infrastructure. *Land* 9/5: 150. <https://doi.org/10.3390/land9050150>.
- citree. 2020. citree – Gehölze für urbane Räume. Planungsdatenbank. <https://citree.de> (abgerufen 04.11.2021).
- COP 26 (Conference of the Parties 26). 2021. Glasgow Climate Pact 2021. Decision /CP.26. Advance unedited version. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cop26_auv_2f_cover_decision.pdf (abgerufen 01.12.2021).
- DIN 4108-2 (Deutsches Institut für Normung). 2013. DIN 4108-2:2013-02 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Berlin: Beuth.
- Fosas, D., D. A. Coley, S. Natarajan, M. Herrera, M. Fosas de Pando, A. Ramallo-Gonzalez. 2018. Mitigation versus adaptation: Does insulating dwellings increase overheating risk? *Building and Environment* 143: 740–759. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.07.033>.
- Friedrichs, J., C. Wolf. 1990. Die Methode der Passantenbefragung. *Zeitschrift für Soziologie* 19/1: 46–56. <https://doi.org/10.1515/zfsoz-1990-0104>.
- GDI-Th. 2016. dl-de/by-2-0. Offene Geodaten Thüringen.
- GeoSN. 2015. dl-de/by-2-0. Offene Geodaten Sachsen.
- Greiving, S., M. Fleischhauer. 2008. Raumplanung: in Zeiten des Klimawandels wichtiger denn je! Größere Planungsflexibilität durch informelle Ansätze einer Klimarisiko-Governance. *RaumPlanung* 137: 61–67.
- Grin, J., J. Rotmans, J. Schot. 2010. Transitions to sustainable development: New directions in the study of long term transformative change. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203856598>.
- Großmann, K., U. Franck, M. Krüger, U. Schlink, N. Schwarz, K. Stark. 2012. Soziale Dimensionen von Hitzebelastung in Grossstädten. *disP – The Planning Review* 48/4: 56–68. <https://doi.org/10.1080/02513625.2012.776818>.
- Großmann, L., H. Sinning. 2021. HeatResilientCity – Bürgerbeteiligung zur hitzeresilienten Platzgestaltung. Wissenschaftlicher Ergebnisbericht zur Intervention und Online-Befragung „Platz nehmen – auch bei Hitze!“ 2020 in der Erfurter Oststadt. ISP-Schriftenreihe 17. Erfurt: Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation (ISP) der Fachhochschule Erfurt. <https://doi.org/10.22032/dbt.49156>.
- Großmann, L., K. Brüggemann, H. Sinning. 2021. HeatResilientCity – Bürgerbeteiligung zur hitzeresilienten Gestaltung von Haltestellen. Wissenschaftlicher Ergebnisbericht zur Online-Befragung „Heiß, heißer, Haltestelle?“ 2020 in Dresden-Gorbitz. ISP-Schriftenreihe 16. Erfurt: Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation (ISP) der Fachhochschule Erfurt. <https://doi.org/10.22032/dbt.49155>.
- Haase, D. et al. 2014. A quantitative review of urban ecosystem service assessments: Concepts, models, and implementation. *AMBIO* 43: 413–433. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0>.
- Hahne, U., H. Kiegler. 2016. Resilienz: Stadt und Region–Reallabore der resilienorientierten Transformation. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Head, K., M. Clarke, M. Bailey, A. Livinski, R. Ludolph, A. Singh. 2018. Report of the systematic review on the effect of indoor heat on health (WHO Housing and health guidelines: web annex D). Geneva: World Health Organization.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (Hrsg.). 2018. Summary for policymakers. In: Global warming of 1.5°C. Special report. Herausgegeben von V. Masson-Delmotte et al. Geneva: World Meteorological Organization.
- Jenkins, D. P., S. Patidar, P. F. G. Banfill, G. J. Gibson. 2011. Probabilistic climate projections with dynamic building simulation: Predicting overheating in dwellings. *Energy and Buildings* 43: 1723–1731. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.016>.
- Kanning, H., B. Richter-Harm, E. Czorny, A. Kramer, J. Schneider. 2020. Das KlimaWohL-Prinzip. Praxisleitfaden. *sustainify Tools und Texte* 1. Hannover: Institut für nachhaltige Forschung, Bildung, Innovation.
- Kanning, H., B. Richter-Harm. 2021. Kooperative Prozesse für klimangepasstes Planen und Bauen im Quartier am Beispiel des DAS-Leuchtturmprojekts KlimaWohL in Hannover. *Standort – Zeitschrift für angewandte Geografie*. <https://doi.org/10.1007/s00548-021-00733-7>.
- Koc, C. B., P. Osmond, A. Peters. 2018. Evaluating the cooling effects of green infrastructure: A systematic review of methods, indicators and data sources. *Solar Energy* 166: 486–508. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.03.008>.
- Kropp, J. P., A. Daschkeit. 2008. Anpassung und Planungshandeln im Licht des Klimawandels. *Informationen zur Raumentwicklung* 6/7: 353–361.
- LHD (Landeshauptstadt Dresden) (Hrsg.). 2018. Meinungsumfrage zum Klimawandel in Dresden 2017. Auswertungsbericht. Dresden: LHD.
- LHE (Landeshauptstadt Erfurt) (Hrsg.). 2020. Bürgerbefragung Grünes Erfurt 2017. *Erfurter Statistik* 106. Erfurt: LHE.
- Mackrodt, U. 2014. Bürgerbeteiligung im urbanen öffentlichen Raum. Reflexionen über eine Neuerung in der Beteiligungspraxis. In: *Raumentwicklung 3.0 – Gemeinsam die Zukunft der räumlichen Planung gestalten*. Herausgegeben von P. Küpper et al. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung. 235–245.
- Mavrogiani, A., J. Taylor, M. Davies, C. Thoua, J. Kolm-Murray. 2015. Urban social housing resilience to excess summer heat. *Building Research and Information* 43/3: 316–333. <https://doi.org/10.1080/09613218.2015.991515>.
- Mayring, P. 2000. Qualitative Inhaltsanalyse. *Forum Qualitative Sozialforschung* 1/2. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18387-5_52-2.
- Mittermüller, J. 2020. Urbaner Hitzestress: Nachhaltige Stadtentwicklung und individuelle Klimaanpassung. In: *Kooperation und Innovation für eine nachhaltige Stadtentwicklung: Forschung mit innovativen Kommunen*. Herausgegeben von T. Neumann, U. Ziesler, T. Teich. Wiesbaden: Springer Spektrum. 179–188. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29554-7_11.
- Overbeck, G., A. Hartz, M. Fleischhauer. 2008. Ein 10-Punkte-Plan „Klimaanpassung“. *Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick. Informationen zur Raumentwicklung* 6: 363–380.
- Pfaffenbach, C., A. Siuda. 2012. Hitzebelastung und Hitzewahrnehmung im Wohn- und Arbeitsumfeld der Generation 50plus in Aachen. *Europa Regional* 18/4: 192–206.
- Porritt, S. M., P. C. Cropper, L. Shao, C. I. Goodier. 2013. Heat wave adaptations for UK dwellings and development of a retrofit toolkit. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment* 4/3: 269–286. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-08-2012-0026>.
- Schünemann, C., D. Schiela, R. Ortlepp. 2020a. Upgrading potentials of founding epoch houses for heat waves intensified by climate change. *Proceedings of IABSE Symposium „Synergy of Culture and Civil Engineering – History and Challenges“*. Wroclaw, Poland, October 7–9, 2020. 1149–1156.

- Schünemann, C., A. Olfert, D. Schiela, K. Gruhler, R. Ortlepp. 2020b. Mitigation and adaptation in multifamily housing: Overheating and climate justice. *Buildings and Cities* 1/1: 36–55. <https://doi.org/10.5334/bc.12>.
- Schünemann, C., D. Schiela, R. Ortlepp. 2021a. Guidelines to calibrate a multi-residential building simulation model addressing overheating evaluation and residents' influence. *Buildings* 11/6: 242. <https://doi.org/10.3390/buildings11060242>.
- Schünemann, C., D. Schiela, R. Ortlepp. 2021b. How window ventilation behaviour affects the heat resilience in multi-residential buildings. *Building and Environment* 202: 107987. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107987>.
- Spekat, A., W. Enke. 2020. Regionale Klimaprojektionen für Sachsen. WMSax2.0, Bereitstellung eines Ensembles regionaler Klimaprojektionen für Sachsen. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 3. Dresden: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).
- Spohr, G., J. Westermann (im Erscheinen). (Zu) Wenig Platz für Bäume in der Stadt? Das Pilotprojekt „50 Bäume für die Erfurter Oststadt“. DStGB-Dokumentation Hitze, Trockenheit und Starkregen. Klimaresilienz in der Stadt der Zukunft. Herausgegeben vom Deutschen Städte und Gemeindebund und Deutschen Institut für Urbanistik.
- Symonds, P. et al. 2016. Overheating in English dwellings: Comparing modelled and monitored large-scale datasets. *Building Research and Information* 45/1–2: 195–208. <https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1224675>.
- Termeer, C. et al. 2017. Governance arrangements for the adaptation to climate change. In: *Oxford research encyclopedia of climate science*. Herausgegeben von H. v. Storch. Oxford, UK: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.600>.
- Tink, V., S. Porritt, D. Allinson, D. Loveday. 2018. Measuring and mitigating overheating risk in solid wall dwellings retrofitted with internal wall insulation. *Building and Environment* 141: 247–261. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.062>.
- Vellei, M., A. P. Ramallo-González, D. Kaleli, J. Lee, S. Natarajan. 2016. Investigating the overheating risk in refurbished social housing. *Proceedings of the 9th Windsor Conference: Making Comfort Relevant*. Windsor Great Park, UK. 7–10.
- Voytenko, Y., K. McCormick, J. Evans, G. Schliwa. 2016. Urban living labs for sustainability and low carbon cities in Europe: Towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production* 123: 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.053>.
- Wagner, P., L. Hering. 2014. Online-Befragung. In: *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Herausgegeben von N. Baur, J. Blasius. Wiesbaden: Springer Fachmedien. 661–673. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0_48.
- Wang, Y., H. Akbari. 2016. The effects of street tree planting on Urban Heat Island mitigation in Montreal. *Sustainable Cities and Society* 27: 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.013>.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen). 2011. *Welt im Wandel*. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin: WBGU.
- WBGU. 2016. *Der Umzug der Menschheit*. Die transformative Kraft der Städte. Berlin: WBGU.
- Wittenberg, R., K. Seebaß, A. Knecht. 2012. Klimabetroffenheit in Nürnberg. *Berichte des Lehrstuhls für Soziologie und empirische Sozialforschung* 1. Nürnberg: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.
- Zölch, T., C. Wamsler, S. Pauleit. 2018. Integrating the ecosystem-based approach into municipal climate adaptation strategies: The case of Germany. *Journal of Cleaner Production* 170: 966–977. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.146>.



Janneke R. Westermann

Studium der Landschaftsplanung an der Technischen Universität Berlin. 2005 Dipl.-Ing. 2009 Promotion. Seit 2018 wissenschaftliche Projektkoordinatorin im Projekt HeatResilientCity. Forschungsinteressen: Stadtökologie, Pflanzenökologie, Naturschutz, Neobiota- und Zielartenmanagement in Naturdynamikzonen von Nationalparks, Entwicklung und Dynamik von Auwäldern arider Gebiete.

AUTOR(INN)EN

Dr. rer. nat. Janneke R. Westermann

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden

Prof. Dr.-Ing. Jens Bolsius

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden

Dipl.-Ing. Stefanie Kunze

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden

Dr. rer. nat. Christoph Schünemann

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden

Prof. Dr.-Ing. Heidi Sinning

Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation (ISP) der Fachhochschule Erfurt, Erfurt

Dr. rer. nat. Astrid Ziemann

Technische Universität Dresden, Professur Meteorologie, Dresden

M. A. Marie-Luise Baldin

Hochschule Mittweida, Mittweida

M. Sc. Kurt Brüggemann

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle (Saale)

M. Sc. Patrycja Brzoska

Bundesamt für Naturschutz, Leipzig

Dr. rer. pol. Franziska Ehnert

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden

Dr. rer. nat. Valeri Goldberg

Technische Universität Dresden, Professur Meteorologie, Dresden

M. Sc. Lena Großmann

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg

Dr. rer. nat. habil. Karsten Grunewald

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden

Prof. Dr.-Ing. Thomas Naumann

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden

Dipl.-Met. Franziska Reinfried

Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, Dresden

M. Sc. Benjamin Richter

Kassenärztliche Vereinigung Rheinland-Pfalz, Mainz

Dipl.-Ing. Guido Spohr

Landeshauptstadt Erfurt, Umwelt- und Naturschutzamt, Erfurt

Dr.-Ing. habil. Regine Ortlepp

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden