

## HeatResilientCity

Hitzeresiliente Stadt- und Quartiersentwicklung in Großstädten –  
Bewohnerorientierte Wissensgenerierung und Umsetzung in Dresden und Erfurt



## Schlussbericht des Verbundvorhabens HeatResilientCity

### Teilprojekt 1:

Gesamtkoordination, baukonstruktive Anpassung hitzesensitiver Gebäude sowie Bewertung klimatischer Ökosystemleistungen urbaner Freiräume

Alfred Olfert, Tim Felix Kriesten, Christoph Schünemann, Till Fügner, Karsten Grunewald,  
Janneke Westermann, Regine Ortlepp

**Förderkennzeichen:** 01LR2011A

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V., Weberplatz 1, 01277 Dresden (IÖR)

**Förderprogramm:** Leitinitiative Zukunftsstadt

**Schwerpunkt:** Klimaresilienz durch Handeln in Stadt und Region

**Projektlaufzeit:** 1. Februar 2021 bis 31. Juli 2023



## Impressum

### Autoren:

Alfred Olfert

Tim Felix Kriesten

Christoph Schünemann

Karsten Grunewald

Till Fügener

Janneke Westermann

Regine Ortlepp

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. Dresden (IÖR)

Weberplatz 1

01277 Dresden

Telefon: 0351 4679-0

[www.ioer.de](http://www.ioer.de)



Leibniz-Institut  
für ökologische  
Raumentwicklung

Dresden, Januar 2024

Titelbild: Mehrfamilienhaus in der Kräutersiedlung in Dresden-Gorbitz. © Brigitte Dittrich, IÖR-Media 2003.



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anpassungsmaßnahmen an Hitzestress und Innenraumklima: Welche allgemeinen Einschätzungen werden als wichtig erachtet?.....	19
Abbildung 2:	Anpassungsmaßnahmen an Hitzestress und Innenraumklima: Welche AM sollten bewertet werden und welche haben beruflich schon mal eine Rolle gespielt?.....	20
Abbildung 3:	Bewertungsschema für den Gebäudeindikator.....	0
Abbildung 4:	Indikator I, basierend auf Übertemperaturgradstunden auf Basis einer adaptiven Grenztemperatur.....	23
Abbildung 5:	Indikator II, basierend auf Übertemperaturgradstunden auf Basis einer adaptiven Grenztemperatur mit Fokus auf Schlafzimmern und deren nächtliche Nutzung.....	23
Abbildung 6:	Aufbau des HRC-Hitzetools.....	25
Abbildung 7:	Monatlicher UHI Tagesgang (Median) für die Wetterstationen Berlin-BER und Berlin-Alexanderplatz für den Zeitraum 2018-2020.....	30
Abbildung 8:	Median des UHI-Tagesganges der Stationen Berlin-Alexanderplatz und Berlin-BER im Zeitraum 2018 - 2020 für April - September sowie abgeleitete Treppenfunktion und normierter Tagesgang zur Übertragung auf andere Regionen.....	31
Abbildung 9:	In Steckbriefen verwendete Bewertungsmatrix zur vergleichenden Darstellung der Hitzebelastung. Hitzebelastung in den betrachteten Gebäuden (GZH - oben, WBS 70 - unten) für die verschiedenen Regionen und Jahresdatensätze (Gegenwart, Zukunft Stadtklima).....	33
Abbildung 10:	In den Steckbriefen dargestellte stündliche Verteilung der operativen Temperatur für das Gebäude der Gründerzeit und verschiedene Simulationen (Gegenwartsjahr, Zukunftsjahr, Stadtklima und verschiedene Anpassungsmaßnahmen).....	34
Abbildung 11:	Überblick wichtiger Ereignisse und Prozesse mit unmittelbarem Bezug zur Klimafolgenanpassung in Dresden seit 1990.....	38
Abbildung 12:	Beteiligung der Geschäftsbereiche in der Befragung.....	39
Abbildung 13:	Häufigkeiten ausgewählter Stichworte im Dresdner Amtsblatt, Ausgaben 2007-202240	
Abbildung 14:	Berücksichtigung von Klimaschutz (Frage 3) und Klimaanpassung (Frage 4) im Verwaltungshandeln der Stadt Dresden.....	40
Abbildung 15:	Erfordernisse, um Klimaanpassung im Verwaltungshandeln voranzubringen.....	41
Abbildung 16:	Verwendung von KA-Begriffen nach Akteur (Fachamt).....	42
Abbildung 17:	Übersicht der Nennungen KA-spezifischer Begriffe in Strategie- und Plandokumenten der Stadt Dresden.....	43

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Jahreskennzahlen zur Bestimmung eines durchschnittlichen Sommers der Gegenwart.....	27
Tabelle 2:	Ausgewählte Jahre mit einem durchschnittlichen Sommer der Gegenwart (hervorgehoben) und zugehörige Perzentile sowie Jahre des vorherigen Iterationsschritts.....	28
Tabelle 3:	Charakteristische Jahreskennzahlen der bestimmten Jahre mit einem durchschnittlichen gegenwärtigen Sommer.....	29
Tabelle 4:	Charakteristische Jahreskennzahlen der bestimmten gegenwärtigen Jahre (TYF) mit einem durchschnittlichem zukünftigen Sommer.....	29
Tabelle 5:	Maximaler Stadteffekt und Hellmann-Exponent zur Berücksichtigung des städtischen Klimas in den betrachteten Städten.....	30

Tabelle 6:	Übersicht über die szenarienspezifische Anpassung der Gebäudemodelle .....	36
Tabelle 7:	Übersicht über die in HRC II verausgabten Mittel .....	53
Tabelle 8:	Übersicht über die in HRC II verausgabten Mittel .....	11

## I. Kurze Darstellung

### 1.1 Aufgabenstellung

Selbst mit großen Anstrengungen im Klimaschutz sind die Erderwärmung und die damit einhergehende größere Häufigkeit und Intensität von Hitzeperioden auch für Deutschland wahrscheinlich unvermeidbar. Bewohnerinnen und Bewohner von Großstädten und insbesondere von verdichteten Quartieren sind durch die steigende Hitzebelastung beeinträchtigt. Die lokal-klimatische Ausgleichswirkung urbaner Freiräume nimmt mit zunehmender Dauer von Hitzeperioden immer stärker ab. Dies führt immer öfter zu unzumutbaren thermischen Belastungen in Freiräumen und Gebäuden. Eine Anpassung an Hitze ist unerlässlich, um Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit der Menschen zu sichern und die Anzahl von Hitzetoten zu reduzieren.

Im Forschungsprojekt HeatResilientCity II (HRC II) wurden Praxis-Akteure auf der Basis von Forschungsergebnissen befähigt, die Umsetzung von Hitzeanpassungsmaßnahmen (HAM) zu forcieren und zu verstetigen. Die zweite Förderphase baute dabei auf den Ergebnissen des Vorläuferprojekts HRC auf (10/2017 - 01/2021), das wirksame, sozial gerechte und nutzerakzeptierte HAM entwickelte und umsetzte. Es identifizierte zudem wesentliche Akteure, Treiber und Hindernisse von HAM.

Auf dieser Wissensbasis, die in HRC II auf der Ebene von verschiedenen Gebäude- und Siedlungsstrukturtypen erweitert und generalisiert wurde, sollten Praxis-Akteure "passgenau" beraten und qualifiziert werden. Das Wissen wurde zudem in bestehenden und neu zu schaffenden Netzwerken etabliert. Das Verbundprojekt HRC II setzte auf den bewährten Forschungsverbund, der um Partner aus dem Bereich Gesundheitsförderung und Prävention erweitert wurde.

Im Mittelpunkt von HRC II stand der Wissenstransfer in die Gesellschaft. Ziel des Wissenstransfers war es, die Akteure Zivilgesellschaft, Verbände, Kommunalverwaltungen, Politik, Wirtschaft und Nichtregierungsorganisationen adressatengerecht anhand von Forschungsergebnissen zu qualifizieren, zu beraten und für die Umsetzung zu befähigen sowie darin zu begleiten. Die Arbeit setzte an spezifischen Umsetzungshindernissen an, die bereits in HRC I intensiv bearbeitet wurden. Diese waren die (1) oft fehlenden bzw. unklaren Zuständigkeiten (Klimaanpassung als freiwillige Aufgabe in den Kommunen), die gering ausgeprägte ämterübergreifende Zusammenarbeit zur Querschnittsaufgabe Klimaanpassung und die mangelnden Ressourcen in den Verwaltungen, (2) heterogenen Eigentümerstrukturen, (3) vermeintliche Nicht-Zuständigkeit, (4) fehlende Sensibilisierung der verschiedenen Akteure oder (5) das mangelnde Wissen.

Für die verschiedenen Anliegen des Wissenstransfers wurden wirksame Kommunikations- und Kooperationsformate unter Einbeziehung der Akteure und ihrer Bedarfe entwickelt. Das wirkungsorientierte Kommunikationsdesign in den unterschiedlichen Formaten diente zur Stärkung der als Treiber wirkenden Motivationsfaktoren wie Problembewusstsein, Verantwortung und Wissen. In den angebotenen Qualifizierungen, Themen- und Expertenworkshops, Beratungen und in den transferorientiert geleiteten gemeinsamen Arbeits- und Kommunikationsprozessen wurde anwendbares Lösungswissen generiert und in die entscheidungs- und umsetzungsvorbereitenden Prozesse der Akteure integriert. Die einzelnen Beiträge zu diesen Zielen wurden gemeinsam mit Partnern im Konsortium in den Arbeitspaketen (AP) bearbeitet. Im Weiteren wird die Aufgabenstellung mit Fokus auf die Aufgaben des IÖR zusammengefasst.

Das Ziel von AP 1.1. war die Bereitstellung einer Methode für die vertiefte Prüfung der Wirksamkeit von Hitzeanpassungsmaßnahmen in Stadtquartieren zu deren Priorisierung bei begrenzten Ressourcen. Dafür wurden quantifizierbare, klimarobuste Indikatoren auf der Grundlage von kürzlich umgesetzten und potenziell umsetzbaren Maßnahmen in Dresden und Erfurt entwickelt. Die Indikatoren wurden mit einem klassifizierten Wertebereich für verschiedene Ebenen (Gebäude, Freiraum) und räumliche Skalen (vom einzelnen Baum bis zum Quartier) der Siedlungsstruktur abgeleitet (TUD, IÖR). Die bedarfsorientierten Indikatorensets verschiedener Komplexität wurden mit einem Anwendungsleitfaden an unterschiedliche Akteure (Kommunen, Wohnungsunternehmen, Expertinnen und Experten u. a.) übergeben (TUD).

In AP 1.2 des IÖR wurde das Ziel verfolgt, aufbauend auf Erkenntnissen aus HRC I sowie dem Indikatorenset aus AP 1.1 ein Tool für die Planung und Umsetzung von AM auf Quartiersebene zu entwickeln. Das Tool stellt eine

digitale Planungshilfe dar, mithilfe derer Defiziträume im Planungsgebiet identifiziert sowie potenzielle Wirkungen von AM visualisiert und eingeschätzt werden können. Durch die Tool-Anwendung können Planungs- und Argumentationsstützen für Entscheidungsprozesse zu AM abgeleitet werden.

**AP 2.2:** In der ersten Projektphase (HRC) wurden verschiedene Anpassungsmaßnahmen (AM) für ein Gebäude der Gründerzeit (GZH) und ein Gebäude des industriellen Wohnungsbaus (WBS 70) für die Städte Dresden und Erfurt untersucht (Kunze et al., 2019; Schiela et al., 2020). Häufigere und extremere Hitzeereignisse beschränken sich jedoch nicht nur auf einzelne Standorte, sondern fallen je nach Regionen und Stadtstruktur unterschiedlich aus. Dies führt zu der Frage der Übertragbarkeit von AM und damit einhergehend nach dem Einfluss des regionalen Klimas, des Stadtklimas und zukünftiger Klimabedingungen auf die Hitzebelastung im Gebäude sowie die Wirksamkeit einzelner AM.

In HRC II sollten diese Untersuchungen für 5 verschiedene Standorte in Deutschland mittels thermisch-dynamischer Gebäudesimulationen durchgeführt werden. An die Klimadaten besteht dabei die Anforderung an eine möglichst hohe regionale Auflösung und Realitätsnähe, weshalb auf meteorologische Messdaten zurückgegriffen wurde. Um gegenwärtige, zukünftige und stadtklimatische Verhältnisse zu berücksichtigen, wurden hierzu geeignete und praktikable Methoden entwickelt. Mit diesen Klimadaten und den bereits in der ersten Projektphase betrachteten Gebäudetypen und Anpassungsmaßnahmen wurden dann thermisch-dynamische Gebäudesimulationen durchgeführt, um die auftretende Hitzebelastung hinsichtlich der verschiedenen Einflussgrößen (Region, urbane Struktur, Gegenwart, Zukunft, Anpassungsmaßnahme) zu vergleichen.

Die Ergebnisse wurden in Steckbriefen gegenübergestellt und für Architekten-, Ingenieurkammern und Kommunen sowie als Diskussionsbasis für den Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung für eine Erweiterung der bisher vereinfachten Sommerklimaregionen nach DIN 4108-2:2013-02 aufbereitet.

In **AP 2.3** wurde der Einfluss von AM an Hitze im Freiraum auf das Mikroklima im Quartier und auch dessen Auswirkung auf die Hitzebelastung im Gebäude analysiert. Die AM können neben Änderungen im Versiegelungsgrad und der Begrünung auch Änderungen der Luftdurchströmung oder der Oberflächenalbedo im Quartier sein. Für diese Untersuchung wurde die Modellkette von der urbanen Klimasimulation in ENVI-met zur Generierung von meteorologischen Tagesverläufen hin zur Einbettung dieser Daten in die thermische Gebäudesimulation IDA ICE zur Untersuchung der Überhitzung im Gebäude genutzt (TUD, IÖR). Als Beispielquartiere wurden die vorhandenen ENVI-met 3D-Stadtmodelle der Erfurter Oststadt und von Dresden-Gorbitz genutzt. Neben dem Vorteil, dass diese Modelle schon in HRC I erstellt und ausführlich validiert wurden, zeigen diese beiden Quartiere sehr unterschiedliche Siedlungsstrukturen: vom durchgrünten Quartier mit vielen Freiflächen in Dresden-Gorbitz hin zum stark versiegelten und dicht bebauten Quartier in der Erfurter Oststadt. Ziel des AP war die Erstellung einer abgeleiteten Bewertungsmatrix, in der verschiedene Szenarien und Wechselwirkungen miteinander verglichen wurden. Diese wird zur besseren Anwendbarkeit in der Praxis zusammen mit LHD und LHE entwickelt. Auf diese Weise konnte den Kommunen aufgezeigt werden, welche Maßnahmen einen bedeutsamen oder gar einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Hitzebelastung in Gebäuden und Freiraum haben und so die Entscheidungsfindung zur Umsetzung zukünftiger AM erleichtert.

Verschiedene realistische Zukunftsszenarien, aber auch visionäre Szenarien im Sinne einer Sensitivitätsanalyse wurden für Dresden-Gorbitz und die Erfurter Oststadt zusammen mit LHE und LHD entwickelt (IÖR, TUD, LHE, LHD). Diese Zukunftsszenarien wurden in die Stadtklimasimulation eingebunden und deren Auswirkungen auf die Hitzebelastung im Quartier analysiert (TUD). Über den Import der meteorologischen Größen der verschiedenen Szenarien aus dem Stadtklimamodell in die thermische Gebäudesimulation erfolgte die Bewertung des Einflusses auf die Hitzebelastung in den Wohnungen der untersuchten Gebäude (TUD, IÖR). Letztendlich wurden die Szenarien in einer Bewertungsmatrix gegenübergestellt. Damit wurde eine Entscheidungshilfe bereitgestellt, welche Anpassungsoptionen zur Hitzereduktion zukünftig detaillierter betrachtet werden sollten, auf kommunaler Ebene für konkrete Umsetzungen infrage kommen oder vielversprechend für weitere wissenschaftliche Analysen sind. Die Innovation des AP besteht aus der ganzheitlichen Wirksamkeitsprüfung von potenziellen AM in zukünftigen Stadtquartiersstrukturen, sowohl für den Freiraum als auch für die Gebäude durch die Nutzung der oben beschriebenen Modellkette.

Im Mittelpunkt des **AP 3.1** stand die Vertiefung der Analyse von Rollen und Zuständigkeiten in Form einer Systematisierung typischer Aufgaben zur Hitzevorsorge in der kommunalen Verwaltung. Wesentliches Ziel war unter anderem die Unterstützung der Entwicklung von abgestimmten Entscheidungswegen zwischen den verschiedenen Verwaltungseinheiten als Beitrag für die Überwindung verwaltungsinterner Kommunikations- und Umsetzungshemmnisse von Hitzeanpassungsmaßnahmen. Mithilfe von Dokumentenanalysen, einer großangelegten Befragung von Verwaltungsangestellten und vertiefenden Interviews mit Personen der mittleren bis oberen Führungsebene wurden die in HRC erreichten Ergebnisse vertieft, weiterhin bestehende Hemmnisse analysiert und Lösungsansätze erkundet. Zudem wurden Erkenntnisse zu Umsetzungsbedingungen aufbereitet. Zugleich wurden konkrete Weiterbildungsbedarfe der Verwaltungsangestellten in Bezug auf Aufgabe der Hitzeanpassung im verwaltungserhandeln erhoben und als Basis für Qualifizierungskonzepte der Stadtverwaltungen erhoben und aufbereitet.

Im Zentrum des **AP 3.2** stand die Befähigung von entscheidungsbefugtem, beratendem und umsetzendem Personal in Kommunen und der Wohnungswirtschaft, Hitze- und Gesundheitsvorsorge, wissensbasiert in ihren Verantwortungsbereichen zu integrieren. Basierend auf den inhaltlichen Vorarbeiten des Vorhabens werden mithilfe von Bedarfs- und Akzeptanzanalysen spezifisch zugeschnittene wirksame Kommunikationsinstrumente für die Sensibilisierung, Motivation und Qualifizierung inhaltlich und methodisch konzipiert und als Gemeinschaftswerk mit erfahrenen Projektpartnern umgesetzt. Im Ergebnis wurden die adressierten Akteure befähigt, Auswirkungen von Hitze im eigenen Wirkungsbereich zu bewerten, die eigene Verantwortung zu akzeptieren, Handlungsmöglichkeiten zu erkennen und spezifische Entscheidungen zur Hitze-Anpassung zu treffen. Ein Evaluationskonzept wurde entwickelt und angewandt, um die Wirksamkeit ausgewählter Kommunikationsmaßnahmen zu evaluieren. Drei Kommunikations- und Umsetzungsansätze wurden mithilfe von Bewohnerinnen und Bewohnern, Fachverbänden und Kommunen die konkrete Umsetzung bedient:

- A. Gemeinsam mit den Bewohnerinnen und Bewohnern sowie dem Verwaltungspersonal genossenschaftlicher Wohnungsbauunternehmen wurden **innovative Sharing-Ansätze** geprüft und entwickelt, mit denen künftig multifunktionale, gemeinschaftlich genutzte kühle Rückzugsräume zur Gesundheitsvorsorge vulnerabler Gruppen angeboten werden könnten (ISP, EWG, WBG Zukunft, ohne Beteiligung IÖR).
- B. Für die in Mitteldeutschland bedeutenden genossenschaftlichen und kommunalen Wohnungsanbieter und -verwalter wurden **gebäudetypenspezifische Qualifizierungskonzepte** erarbeitet und in Zusammenarbeit mit Fachverbänden in mindestens sechs überregionalen Veranstaltungen umgesetzt (HTW, IÖR, unter Mitwirkung TUD, LHD GA).
- C. Wissensbegründete Umsetzungshemmnisse in kommunalen Verwaltungen und Gremien der Kommunalpolitik (Teilergebnis aus AP 3.1) wurden zum Aufbau von Kapazitäten bei Verwaltungsmitarbeiter\*innen durch spezifische **Informations- und Qualifizierungsangebote** adressiert (LHD UA, LHE unter Mitwirkung IÖR, TUD, LHD GA).

In **AP 3.3** wurden in enger Kooperation der Gesundheitsämter (GA) von LHD und LHE Möglichkeiten erprobt, wie negativen Gesundheitsfolgen von Hitzeereignissen bei besonders vulnerablen Gruppen (z. B. älteren Menschen, Pflegebedürftigen, psychisch und körperlich behinderten Menschen) vorgebeugt werden kann. Für die Stadt Dresden wurde ein aktorsübergreifendes Handbuch zur quartiersbezogenen Frühintervention bei Hitzeereignissen erarbeitet und medienwirksam präsentiert. Das Manual bündelt Fachwissen zum Thema gesundheitliche Hitzeprävention, beinhaltet ein Ablaufschema zur Frühintervention bei Hitzeereignissen und bietet eine Sammlung von „Good-Practice“-Beispielen aus anderen Kommunen (Beteiligung des IÖR beratend).

## 1.2 Stand der Wissenschaft und Technik

Zu verschiedenen Themen des Forschungsprojekts wurden Beiträge als aktuell und wegweisend in das Forschungsdesign und die Analyse einbezogen.

### Thema Ökosystemleistungen

Die Urbanisierung ist ein Treiber anhaltender baulicher Verdichtung im Stadtinneren und verbunden mit der Gefahr wachsenden Verdrängungsdruckes auf Natur und Ökosysteme in der Stadt (Grunewald et al. 2018, SRU 2018). Eine Reduzierung urbaner Grünflächen wäre aber in vielerlei Hinsicht nachteilig. Aktuelle Studien zeigen die Bedeutung von städtischem Grün für das menschliche Wohlbefinden und darunter insbesondere für die menschliche Gesundheit (etwa Bowler et al., 2010, Sharp et al., 2019, Syrbe et al., 2021).

Um die Ökosystemleistung „Klimaregulation in Städten“ messbar und damit gezielt steuerbar zu machen, wurde von Meier et al. (2022) ein bundesweit anwendbarer Indikator entwickelt. Dabei werden sowohl das Angebot klimaregulierender Leistungen durch urbane grüne Infrastruktur als auch die Nachfrage nach diesen durch die Wohnbevölkerung erfasst. Auf der Basis bundesweit regelmäßig verfügbarer Geodaten wird für die wichtigsten städtischen Oberflächentypen mithilfe der Baumkronen- und Bodenbedeckung sowie unter Berücksichtigung der Flächengrößen und Lagemerkmale ein spezifischer Kühlkapazitätswert bestimmt. Dieser Kühlkapazitätswert wird ins Verhältnis gesetzt zur räumlich betroffenen Wohnbevölkerung.

Um die Bevölkerung vor Hitzestress zu schützen, sind Anpassungsmaßnahmen auf lokaler Ebene dringend erforderlich. Doch welche Maßnahme mindert die Hitzebelastung am effektivsten und sollte daher umgesetzt werden? Bei dieser wichtigen Entscheidung können digitale Planungstools unterstützen.

Zum Konzept eines solchen Tools wurde eine umfangreiche Recherche zu bereits existierenden Tools realisiert, welche Hitzebelastung und Anpassungsmaßnahmen in Städten fokussieren (Maul, 2021). Bei der weiterführenden Bestandsaufnahme wurden diverse verfügbare Tools nach einem Kriterienkatalog verglichen und bewertet. Die Ergebnisse dienen einerseits dazu, einen allgemeinen Rahmen für ein solches Bewertungstool abzustecken als auch Forschungslücken aufzuzeigen, um mögliche Anforderungen an ein neues Tool dieser Art zu definieren (Brzoska et al., 2022). Zusätzlich zur vorbereitenden Tool-Recherche wurde eine Ämterbefragung in den Stadtverwaltungen der Städte Dresden und Erfurt durchgeführt. Beschäftigte aus den Fachbereichen Umwelt, Hochbau, Stadtplanung sowie dem Gesundheitsamt konnten dabei ihre Wünsche und Ansprüche an ein solches Bewertungstool äußern.

- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M. und Pullin, A.S. (2010): Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. In: *Landscape and Urban Planning* 97, 147–155.
- Brzoska, P., Fügener, T., Moderow, U., Ziemann, A., Schünemann, C., Westermann, J., Grunewald, K., & Maul, L. (2022). Towards a web tool for assessing the impact of climate change adaptation measures on heat stress at urban site level. *One Ecosystem*, 7, e85559. <https://doi.org/10.3897/oneeco.7.e85559>
- Grunewald, K., Li, J., Xie, G., Kümper-Schlake, L. (Eds) (2018): *Towards Green Cities - Urban Biodiversity and Ecosystem Services in China and Germany*, Springer, Cham (Switzerland)
- Maul, L. (2021) „Analyse und Bewertung von Tools zur Abbildung von hitzeresilienten Klimaanpassungsmaßnahmen auf Quartiersebene“, Masterarbeit im Studiengang Raumentwicklung und Naturressourcenmanagement, gemeinsame Betreuung mit dem IÖR (K. Grunewald, P. Brzoska), Abschluss März 2021.
- Meier, S.; Syrbe, R.-U., Moyzes, M., Grunewald, K. (2022) Klimaregulation in Städten als Ökosystemleistung: Vorschlag eines nationalen Indikators zur Bewertung der Ökosystemleistung Klimaregulation in Städten. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 54/10, S. 20-29 (DOI: 10.1399/NuL.2022.10.02)
- Sharp, R., Chaplin-Kramer, R., Ricketts, T., Wood, S., Guerry, A., Tallis, H. (2019): *InVEST User Guide*. <http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/index.html> (18.5.2020).

- SRU (2018). Wohnungsneubau langfristig denken – Für mehr Umweltschutz und Lebensqualität in den Städten. Stellungnahme des Sachverständigenrates für Umweltfragen, Berlin [https://www.umweltrat.de/Shared-Docs/Downloads/DE/04\\_Stellungnahmen/2016\\_2020/2018\\_11\\_Stellungnahme\\_Wohnungsneubau.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.umweltrat.de/Shared-Docs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2016_2020/2018_11_Stellungnahme_Wohnungsneubau.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- Syrbe, R.-U., Neumann, I., Grunewald, K., Brzoska, P., Louda, J., Kochan, B., Macháč, Dubová, Meyer, P., Brabec, J., Bastian, O. (2021): The value of Urban Nature in Terms of Providing Ecosystem Services Related to Health and Well-Being: An Empirical Comparative Pilot Study of Cities in Germany and the Czech Republic. *Land*, 10: 341. <https://doi.org/10.3390/land10040341>

#### **Thema Anpassung von Gebäuden an Hitze und sommerlicher Wärmeschutz:**

- DIN, 2013. DIN 4108-2:2013-02, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Beuth Verlag, Berlin.
- Freudenberg, P., Budny, O., 2022. Grenzen der Verfahren zur Bewertung des Sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013. *Bauphysik* 44, 29–39. <https://doi.org/10.1002/bapi.202100044>
- Hutter, C., Wöhrle, H., Eberle, A., Neubert, L., Klinski, S., 2022. Kühle Gebäude im Sommer - Anforderungen und Methoden des sommerlichen Wärmeschutzes (Schlussbericht No. 9). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Fahrion, M.-S., C. Nickl, D. Bangalore, M. Lakatos, M. Brombacher, 2021. Sommerlicher Wärmeschutz durch die Begrünung von Außenanlagen und Gebäuden. *Bauphysik* 43/5: 291-302.
- Hoffmann, S., A. G. Kheybari, 2021. Untersuchungen zum sommerlichen Wärmeschutz – Teil 1: Vergleich der Nachweisverfahren unter Berücksichtigung zukünftiger Klimadaten. *Bauphysik* 43/1: 27-35.
- Windhausen, S., P. Schmidt, 2021. Klimadaten als wesentlicher Bestandteil zur Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes. *Bauphysik* 43/3: 154-158.

#### **Thema Klimaanpassungsgovernance**

- Puille, E. (2023). Verankerung der Klimaanpassung in städtischen Planungsinstrumenten Dresdens seit 1994: Beschreibung und Strukturierung der Entwicklung sowie Einordnung der Bedeutung von Wissenschaft-Praxis-Kooperationen in diesem Zusammenhang. Masterarbeit. TU Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften.
- Groth, J. P. (2023). „Der Einfluss von Wissenschaft-Praxis-Kooperation auf innovative Aktivitäten zur Klimafolgenanpassung auf kommunaler Ebene. Entwicklungspfade von Beispielen aus Dresden und Hamburg.“ Masterarbeit. TU Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften.
- Hutter, G., Olfert, A., Rössler, S., 2024 (im Erscheinen). Wie Dresden ein Pionier der klimaangepassten Stadtentwicklung wurde ... und bleiben könnte. *Politische Ökologie*.
- Wolter, A., Sinning, H., 2023. Verstetigung von Governance-Prozessen der kommunalen Klimaanpassung an Hitze. Fortschreibung der Akteurs- und Governanceanalyse sowie der Handlungsempfehlungen für die Fallbeispielstadt Erfurt (Meilensteinbericht M18 im Verbundprojekt HeatResilientCity II). ISP - Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation der Fachhochschule Erfurt.
- Huber, B., Miechielsen, M., Otto, A., Schmidt, K., Ullrich, S., Deppermann, L.-H., Eckersley, P., Haupt, W., Heidenreich, A., Kern, K., Lipp, T., Neumann, N., Schneider, P., Sterzel, T., Thieken, A. H., 2022. Instruments and measures of municipal climate adaptation. *Instrumente und Maßnahmen der kommunalen Klimaanpassung: Empirische Befunde für einen erfolgreichen Transfer: Empirical findings for a successful transfer* (p. 12044 KB, XVII, 135 pages) [Application/pdf]. Universität Potsdam. <https://doi.org/10.25932/PUBLISHUP-56345>
- Thieken, A., Otto, A., Haupt, W., Eckersley, P., Kern, K., Ullrich, S., Hautz, T., Rocker, P., Schulz, R., Sausen, H., Dillenardt, L., Rose, C., Schmidt, K., Huber, B., Sterzel, T., Marken, M., Miechielsen, M., 2022. Urbane Resilienz gegenüber extremen Wetterereignissen. <https://doi.org/10.25932/publishup-55542>
- Ginzky, H., Albrecht, J., Pannicke-Prochnow, N., 2021. Hitze in den Städten – eine Pflicht zur kommunalen Klimaanpassungsplanung tut not! *Zeitschrift Für Umweltrecht (ZUR)*, 9, 449–512.

- Albrecht, J., Eckersley, P., Haupt, W., Huber, B., Irmisch, J., Lipp, T., Miechielsen, M., Sterzel, T., 2022. Stärkung der Integration von Klimaanpassung an Hitze und Starkregen in die kommunale Planung. 17.
- Otto, A., Göpfert, C., Thieken, A. H., 2021. Are cities prepared for climate change? An analysis of adaptation readiness in 104 German cities. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 26(8). <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09971-4>
- Wascher, E. (2022). Kommunale Innovationslabore für eine nachhaltige Stadtgesellschaft. In J. Abt, L. Blecken, S. Bock, J. Diringer, & K. Fahrenkrug (Eds.), *Von Beteiligung zur Koproduktion* (pp. 435–464). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-36181-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-658-36181-5_16)
- Thieken, A., Otto, A., Haupt, W., Eckersley, P., Kern, K., Ullrich, S., Hautz, T., Rocker, P., Schulz, R., Sausen, H., Dillenardt, L., Rose, C., Schmidt, K., Huber, B., Sterzel, T., Marken, M., & Miechielsen, M. (2022). Urbane Resilienz gegenüber extremen Wetterereignissen. <https://doi.org/10.25932/publishup-55542>
- Siemer, A. (Ed.). (2022). *Klimaanpassung und Schwammstadt als Querschnittsaufgabe der Stadtplanung*. In Rhombos-Verlag Berlin. <https://doi.org/10.26084/14dfns-p006>
- Döring, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (6., vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2>
- Albrecht, J., Eckersley, P., Haupt, W., Huber, B., Irmisch, J., Lipp, T., Miechielsen, M., & Sterzel, T. (2022). Stärkung der Integration von Klimaanpassung an Hitze und Starkregen in die kommunale Planung. 17.
- Huber, B., Miechielsen, M., Otto, A., Schmidt, K., Ullrich, S., Deppermann, L.-H., Eckersley, P., Haupt, W., Heidenreich, A., Kern, K., Lipp, T., Neumann, N., Schneider, P., Sterzel, T., & Thieken, A. H. (2022). Instruments and measures of municipal climate adaptation. *Instrumente und Maßnahmen der kommunalen Klimaanpassung: Empirische Befunde für einen erfolgreichen Transfer: Empirical findings for a successful transfer* (p. 12044 KB, XVII, 135 pages) [Application/pdf]. Universität Potsdam. <https://doi.org/10.25932/PUBLISHUP-56345>
- Westermann, J., Sinning, H., Hermann, R., Olfert, A., Spohr, G., & Reinfried, F. (2022). Klimaschutz- und -anpassung in Stadtverwaltungen. *Transforming Cities*, 2–2022, 46–50.
- Westermann, J. R., Sinning, H., Hermann, R., Olfert, A., Spohr, G., & Reinfried, F. (2022). Klimaschutz und -anpassung in Stadtverwaltungen. Bedeutung im Verwaltungshandeln und Weiterbildungsbedarfe am Beispiel Dresden und Erfurt. *Transforming Cities*, 2(2022), 46–50.
- Brzoska, P., Fügener, T., Moderow, U., Ziemann, A., Schünemann, C., Westermann, J., Grunewald, K., & Maul, L. (2022). Towards a web tool for assessing the impact of climate change adaptation measures on heat stress at urban site level. *One Ecosystem*, 7, e85559. <https://doi.org/10.3897/oneeco.7.e85559>

### Zu Kommunikationsstrategien und zur Evaluierung von Kommunikationsmaßnahmen

- Olfert, A., & Hutter, G. (2023). Strategic Risk Communication to Increase the Climate Resilience of Households—Conceptual Insights and a Strategy Example from Germany. In T. Thaler, T. Hartmann, L. Slavíková, & B. Tempels (Eds.), *Homeowners and the Resilient City: Climate-Driven Natural Hazards and Private Land* (pp. 197–235). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-17763-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-17763-7_9)
- Kuhlicke, C., Seebauer, S., Hudson, P., Begg, C., Bubeck, P., Dittmer, C., Grothmann, T., Heidenreich, A., Kreibich, H., Lorenz, D. F., Masson, T., Reiter, J., Thaler, T., Thieken, A. H., & Bamberg, S. (2020). The behavioral turn in flood risk management, its assumptions and potential implications. *WIREs Water*. <https://doi.org/10.1002/wat2.1418>
- Siedschlag, D., Kuhlicke, C., Köhler, S., Masson, T., Bamberg, S., Olfert, A., Hutter, G., Osberghaus, D., & Barth, M. (2023). Risikokommunikation zur Stärkung privater Eigenvorsorge. Abschlussbericht des Vorhabens „Analyse und Anwendung innovativer Instrumente der Steuerung und Kommunikation zur Anpassung an den Klimawandel“ (Vol. 03/2023). Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/risikokommunikation-zur-staerkung-privater>

- Siedschlag, D., Olfert, A., Köhler, S., & Kuhlicke, C. (2021). Wetterextreme – Eigenvorsorge kann Schäden mindern (Vorsorgemappe 2/3).
- Siedschlag, D., Olfert, A., Köhler, S., & Kuhlicke, C. (2021). Wetterextreme – Eigenvorsorge kann Schäden mindern (Vorsorgemappe 1/3).
- Kuhlicke, C., Köhler, S., Bamberg, S., Olfert, A., & Siedschlag, D. (2021). Wetterextreme – Eigenvorsorge kann Schäden mindern (Vorsorgemappe 3/3).

### 1.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Zusammenarbeit mit der Praxis fand im Wesentlichen innerhalb des Konsortiums statt. Insbesondere im Rahmen der Kontextanalyse wurde der Kreis der eingebundenen Akteure der Stadtverwaltung deutlich über die in HRC II beteiligten Ämter erweitert. Neben dem Umweltamt und dem Amt für Gesundheitsschutz und Prävention wurden das Amt für Stadtplanung und Mobilität, Amt für Schulen, Amt für Stadtgrün und Abfallwirtschaft sowie das Brand- und Katastrophenschutzamt konsultativ und im Rahmen von Interviews eingebunden. Durch diese Erweiterung des Partnerspektrums wurden zusätzliche Perspektiven und Wissensbestände in die Analysen einbezogen und die Legitimationsbasis für die Syntheseergebnisse und Handlungsempfehlungen vertieft.

### 1.4 Wesentliche Ergebnisse des Gesamtvorhabens

Die Arbeiten im Vorhaben HeatResilientCity II adressieren eine große Breite kommunaler Fragestellungen mit Bezug zur Hitzeanpassung. In einem ersten Teil wurden fachliche Grundlagen für die Problemanalyse und Entscheidungsfindung vertieft (AP 1.1 und AP 1.2). In einem zweiten Teil wurden Bewertungs- und Lösungsansätze zur Hitzeanpassung von Wohngebäuden und im Freiraum erarbeitet und erprobt (AP 2.1, AP 2.2, AP 2.3). Im dritten Teil wurden Governanceansätze zur Verstetigung der Klimafolgen- und Hitzeanpassung in kommunalen Verwaltungen untersucht und durch Qualifizierungsmaßnahmen und Vernetzung von Akteuren aus dem Gesundheits-, Sozial- und Bildungswesen unterstützt (AP 3.1, AP 3.2, AP 3.3).

#### AP 1.1 – Indikatoren-Entwicklung: Quantitative Bewertung der Wirksamkeit von Hitzeanpassungsmaßnahmen

Die Priorisierung von Hitzeanpassungsmaßnahmen (HAM) in Stadtquartieren ist eine praktische Herausforderung für handelnde Akteure. Sie bildete den Hintergrund des Arbeitspaketes 1.1. Das Ziel bestand darin, eine **Methode für die indikatorgestützte Prüfung der Wirksamkeit von HAM für den Freiraum und für Gebäude** bereitzustellen. Dafür wurden verschiedene Indikatoren auf der Grundlage von potenziell umsetzbaren Maßnahmen entwickelt. Die Indikatoren wurden für verschiedene räumliche Skalen (vom einzelnen Baum über ein Gebäude bis zu einem Straßenzug) abgeleitet. Die bedarfsorientierten Indikatoren bildeten die Grundlage für die Entwicklung eines webbasierten Bewertungs-Tools in AP 1.2. Über dieses Tool und einen begleitenden Anwendungsleitfaden wurden die Indikatoren den angesprochenen Akteuren (u. a. Kommunen, Wohnungsunternehmen, Expertinnen und Experten) zugänglich gemacht. Je nach Nutzergruppe resultierte eine angepasste Komplexität des Indikatorsets bzw. der Wirksamkeitsbewertung: von einer Ampelanzeige bis zu Werteangaben mit Detailinformationen.

Das Indikatorset zur Bewertung und Quantifizierung von HAM wurde in enger Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern entwickelt. Für die Umsetzung der Vorstellungen und Anforderungen der Praxispartner an den Freiraum- und Gebäudeindikator wurde ein eigens entwickelter Fragebogen genutzt. Die Testphase des entwickelten Indikatorsets wurde mit einem Excel-Tool, durch ein Handbuch und Online-Schulungen unterstützt. Die daraus resultierenden Hinweise und Wünsche der kommunalen Praxispartner sind in die Überarbeitung des Indikatorsets eingeflossen. Als Ergebnis stehen **zwei Indikatoren zur Beschreibung der Wirkung von Maßnahmen im Freiraum sowie an und in Gebäuden**.

Eine prominente und häufig eingesetzte Anpassungsmöglichkeit im Freiraum ist das urbane Grün. Tagsüber reduziert Vegetation die Hitzebelastung primär über den Schattenwurf und sekundär über die Transpiration. Nachts führt vor allem niedrige Vegetation auf ausgedehnten Flächen zu einer verringerten Lufttemperatur im

Stadtquartier. Diese Wirkungen von Bäumen, Wiesen und Straßenbegleitgrün nimmt der **Freiraumindikator** in den Fokus. Dabei werden 69 verschiedene Fallbeispiele mit unterschiedlichen Grün- und Stadtstrukturen und mit typischen räumlichen Anordnungen von urbanem Grün und Stadtstrukturen unterschieden. Das Besondere des Freiraumindikators besteht darin, dass ein aktueller bioklimatischer Index zum Einsatz kommt. Dieser Ansatz trägt dem Umstand Rechnung, dass das thermische Wohlbefinden des Menschen nicht allein von der Lufttemperatur abhängig ist, sondern insbesondere von der Wärme-Strahlung, aber auch von der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit. Durch die Nutzung von Ergebnissen des etablierten mikroskaligen Stadtklimamodells ENVI-met wird eine erste orientierende, objektive und quantitative Bewertung der Wirksamkeit von HAM zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten an Sommertagen mit hoher Wärmebelastung ermöglicht. Das Konzept des Freiraumindikators und die räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Datengrundlage erlauben eine Adressierung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen im mitteleuropäischen Raum (Moderow et al., 2022).

Zur Wirkung ausgewählter städtischer Strukturen im Freiraum (Bäume, Wiesen, versiegelte freie Plätze, geweißte Straßen und Wege, Spielplätze) auf die menschliche Wärmebelastung wurden **Steckbriefe** erstellt (Beispiel Bäume: Moderow et al., 2023). Diese wurden für Erfurt zusammen mit der LHE entwickelt. In Abstimmung mit der LHD wurden diese Steckbriefe dann auch für Dresden angepasst. Sowohl für Erfurt als auch für Dresden wurden hierbei Messdaten (Moderow, Uta et al., 2023) als auch Modelldaten genutzt, die aus der 1. Förderphase von HeatResilientCity für beide Städte vorlagen. Die Steckbriefe sind über die Homepage von HeatResilientCity II verfügbar.

Die Bewertung der Wirksamkeit von HAM an und in Gebäuden hängt von einer Vielzahl von gebäude- und raumspezifischen Eigenschaften ab, v. a. Geometrie, Orientierung und Lage im Gebäude, Baumaterialien, Verschattungen, Fenstergrößen, Durchlüftungsmöglichkeiten. Aus diesem Grund und um verschiedenen Adressatenkreisen gerecht zu werden, ist der **Gebäudeindikator** zweiteilig angelegt. Der praxisbezogene Indikator wurde für eine erste qualitative Einschätzung der Wirkung verschiedener HAM entwickelt. Hiermit werden u. a. Sonnenschutz, Dämmung, Lüftungsanlagen, Dach- und Fassadengrün eingeschätzt. Die Bewertung der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen basiert dabei auf durchgeführte Messungen und thermisch-dynamische Gebäudesimulationen. Da sich mit dem praxisbezogenen Gebäudeindikator keine genauen Bewertungen durch Gebäudesimulationen ersetzen lassen und keine genaue Einschätzung der Hitzebelastung möglich ist, wurde weiterhin ein quantitatives Indikatorset entwickelt, welches zur Bewertung der Ergebnisse aus thermisch-dynamischen Gebäudesimulationen dient. Dabei vereint das Indikatorset verschiedene Vorteile bestehender Normen und Richtlinien und berücksichtigt dadurch insbesondere das Adaptionsvermögen des Menschen an Hitze, unterschiedliche Raumnutzungen und Nutzungszeiten sowie die Häufigkeit und Höhe der Überschreitung von zulässigen Innenraumtemperaturen.

#### **AP 1.2 – Tool-Entwicklung: Visualisierung der Wirksamkeit von Hitzeanpassungsmaßnahmen**

Neben dem fehlenden gesetzlichen Rahmen (Klimaanpassung als eine kommunale Pflichtaufgabe) und der Ressourcenausstattung ist der Mangel an Fachwissen in kommunalen Verwaltungen ein wichtiges Umsetzungshindernis von Hitze-Anpassungsmaßnahmen. Häufig fehlen Wissensgrundlagen, z. B. über die grundsätzliche Eignung von Maßnahmen und deren Wirksamkeit an bestimmten Standorten in der Stadt. Eine Möglichkeit der effektiven Entscheidungsunterstützung bilden digitale Planungstools.

Vor diesem Hintergrund wurde in AP 1.2 ein Online-Tool zur Bewertung von Hitzeanpassungsmaßnahmen in Städten entwickelt – das „HRC-Hitzetool“ (<http://hrc-hitzetool.ioer.info/>). Es unterstützt Entscheidungsträger\*innen in der Umsetzung und Planung von Anpassungsmaßnahmen und bietet wegen des niederschweligen Aufbaus auch eine Informationsmöglichkeit in der Ausbildung und für die breite Öffentlichkeit. Die Konzepterstellung des Tools basiert auf einer umfangreichen Recherche zu existierenden Tools, welche Hitzebelastung und Anpassungsmaßnahmen in Städten fokussieren. Diverse verfügbare Tools wurden nach einem Kriterienkatalog verglichen und bewertet (Brzoska et al., 2022) und eine Ämterbefragung in den Stadtverwaltungen der Städte Dresden und Erfurt durchgeführt. Auf dieser Basis konnten der Bedarf sowie die Anforderungen an ein neues Tool dieser Art definiert werden.

Die Innovation des HRC-Hitzetools besteht zum einen in der Kleinskaligkeit, mit welcher Hitzeanpassungsmaßnahmen bewertet werden können, zum anderen in der Bewertung der Hitzebelastung auf den Menschen mittels eines bioklimatischen Index, dem Universellen Thermischen Klima-Index UTCI. Das HRC-Hitzetool gewährleistet eine Betrachtung unterschiedlicher Szenarien von Bebauung, Bepflanzung und Gebäudestrukturen sowie eine zeitliche Differenzierung bei der Bewertung von Hitzestress, was als Forschungslücke bei vergleichbaren Tools identifiziert wurde. Grundlage für diese Funktionalitäten des HRC-Hitzetools bilden die Indikatoren aus AP 1.1. Ein Tool-Handbuch unterstützt Nutzer\*innen bei Anwendung (Fügener et al., 2023).

Die Tool-Entwicklung wurde mit Hilfe eines IT-Dienstleisters unter Einbeziehung der potentiellen Anwender\*innen in der kommunalen Verwaltung sowie anderer APs (AP 1.1, AP 2.1, AP 3.1) realisiert und der Fach-Öffentlichkeit vorgestellt (Fügener et al., 2022). In einer Testphase mit potentiellen Nutzergruppen wurde die allgemeine Funktionalität des Prototyps geprüft. Hinweise und Verbesserungsvorschläge wurden formulargestützt eingeholt und flossen in die Finalisierung des Tools ein.

### AP 2.1 – Verletzbarkeitsanalysen und Anpassungskonzepte für Mehrfamilienhäuser

Mithilfe systematischer Untersuchungen der Verletzbarkeit von Wohngebäuden gegenüber Sommerhitze legt das Arbeitspaket die Grundlage für die Verbesserung der Hitzeresilienz von Wohngebäuden. Diese beschreibt die Eigenschaften eines Gebäudes, welche dazu beitragen, Überwärmung von Innenräumen während Hitzeperioden zu mindern und ein gesundheits- und leistungsförderndes Raumklima im Gebäude zu erhalten.

Um Ergebnisse für eine möglichst große Anzahl an Bestandsgebäuden zu erzeugen, wird dabei ein gebäudetypologischer Ansatz genutzt. Gemeinsam mit den assoziierten Wohnungsbaugenossenschaften WBG Zukunft eG und EWG Dresden eG wurden mögliche Gebäudetypen in Erfurt und Dresden definiert und in den Beständen der Wohnungsbaugenossenschaften vier **geeignete Beispielobjekte** benannt.

Nach der Erstellung eines Messkonzeptes wurden in den Sommern 2021 und 2022 **Messungen des Innenraumklimas** in ausgewählten Wohneinheiten der vier Beispielobjekte durchgeführt. Begleitet wurden die Messungen durch eine Bewohner\*innen-Befragung zur Belastungssituation sowie durch die baukonstruktive und haustechnische Erkundung der Gebäude. Besonders in den oberen Geschossen der Gebäude konnte eine zeitweise Überhitzung von Wohnräumen festgestellt werden.

Für die **Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen** mithilfe thermischer Gebäudesimulationen wurden detaillierte Gebäudemodelle erstellt. Dabei konnte festgestellt werden, dass unter ungünstigen Randbedingungen in Zukunft in allen betrachteten Gebäudetypen mit einer Überhitzung einzelner Räume zu rechnen ist. Die Simulationen zeigen, dass bei Wohngebäuden insbesondere mithilfe der Anpassungsstrategien *Minderung der Wärmeeinträge* und *Optimierung des Luftwechsels* eine deutliche Erhöhung der Hitzeresilienz erzielt werden kann. Die Anpassungsstrategien *Kühlung* und *Optimierung der Wärmespeicherfähigkeit* spielen eine untergeordnete Rolle. Die Ergebnisse wurden u. a. auf den Qualifizierungsveranstaltungen (siehe AP 3.2) vorgestellt.

Die Präsentation der Ergebnisse der Messungen des Innenraumklimas sowie der thermischen Gebäudesimulationen erfolgt in Form von **Gebäudesteckbriefen**. Aus diesen wird erkennbar, wie hoch die Verletzbarkeit eines Gebäudes gegenüber Hitze sein kann und wie sich Maßnahmen(-kombinationen) voraussichtlich auf die Hitzeresilienz eines Gebäudes auswirken. Die Steckbriefe sollen Eigentümer\*innen und oder Verwalter\*innen helfen, für besonders durch Sommerhitze gefährdete Gebäude objektive und wirtschaftlich angemessene Wege zur Erhöhung der Klimaresilienz aufzuzeigen.

Im Anschluss an das Projekt HRC I wurden für ein Beispielobjekt in Dresden-Gorbitz während der Sommermonate 2021 Maßnahmen zur Erhöhung der Hitzeresilienz umgesetzt. Für die Erfassung der Wirksamkeit der ausgeführten Anpassungsmaßnahmen im Beispielobjekt Leutewitzer Ring 25 - 31 wurde durch die HTW ein **systematisches Messprogramm** entwickelt. Dabei werden sowohl im Beispielobjekt Leutewitzer Ring 25 - 31 (WBS, Reihenhaus) nach Implementierung der Anpassungsmaßnahmen sowie im benachbarten Gebäude Leutewitzer Ring 11 - 19 (WBS, Reihenhaus), das sowohl im Grundriss als auch in der Gebäudeausrichtung zum Referenzgebäude identisch ist und mit vergleichbaren Standards saniert wurde, jedoch ohne Ausführung von Anpassungsmaßnahmen an Hitze, Messreihen durchgeführt.

Es konnte dargelegt werden, dass die Implementierung hitzespezifischer Sanierungsmaßnahmen einen positiven Effekt auf das Innenraumklima des Beispielobjekts hat. Die Ergebnisse wurden u. a. auf den Qualifizierungsveranstaltungen (siehe AP 3.2) vorgestellt.

## **AP 2.2 – Überregionaler Transfer von Untersuchungsergebnissen – Einfluss von Regional- und Stadtklima**

Die in HRC I entwickelten Anpassungsmaßnahmen für das Gründerzeithaus (EF) und das sanierte Gebäude des industriellen Wohnungsbaus (DD) werfen die Frage auf, ob diese auch einfach auf andere Regionen in Deutschland übertragen werden können, dort ebenso wirksam bzw. nicht ausreichend oder evtl. gar nicht notwendig sind. Damit einher geht die generelle Fragestellung, inwiefern das Regional- und Stadtklima die Hitzebelastung in Gebäuden und die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen beeinflusst.

Um dies zu untersuchen, wurden die beiden Mehrfamilienhaustypen unter gleichen Nutzungsrandbedingungen virtuell in fünf verschiedenen Regionen Deutschlands positioniert und mittels thermischer Gebäudesimulation die Auswirkung der unterschiedlichen Regionalklimata auf die Hitzebelastung im Gebäude sowie die Wirksamkeit der Anpassungsmaßnahmen untersucht. Dafür wurden zunächst Wetterdatensätze der DWD-Messstationen Dresden-Klotzsche, Stuttgart-Schnarrenberg, Hamburg-Fuhlsbüttel, Köln-Bonn, München-Stadt und Potsdam der gegenwärtigen Normalperiode (1991 - 2021) aufbereitet. Anhand charakteristischer Kenngrößen, wie der Wärmesumme, der direkten Solarstrahlung, der Anzahl heißer Tage und warmer Nächte sowie der Anzahl und Andauer von Hitzewellen, wurden durchschnittliche Sommer der Gegenwart für die jeweiligen Regionen bestimmt. Über Eingrenzung der Abweichung der Sommer aus den Jahren 1991 - 2021 von den genannten Kennwerten wurde ein Jahr mit einem für diese Periode durchschnittlichen Sommer ermittelt. Weiterhin wurde ein charakteristischer zukünftiger Sommer aus diesen Messdatensätzen abgeleitet, um sicherzustellen, dass die untersuchten Gebäude auch in Zukunft (Zeitraum 2031 - 2050) unter Berücksichtigung der Erderwärmung noch hitzerobust sind. Hierfür wurde nach statistischer Auswertungen des Temperaturänderungssignals von Klimaprojektionen des Emissionsszenarios RCP8.5 aus den Projekten EURO-CORDEX und ReKliEs und Vergleich dieser mit den Temperaturverteilungen der einzelnen Jahre in der Normalperiode ein Jahr mit einem charakteristischen zukünftigen Sommer bestimmt. Zur Berücksichtigung des Stadteffektes wurde auf Basis von Klassen lokaler urbaner Klimazonen (nach Stewart and Oke, 2012) ein durchschnittlicher maximaler städtischer Wärmeinseleffekt (UHI-Effekt) bestimmt. Um auch die tageszeitliche Variabilität des UHI-Effektes zu berücksichtigen, wurde unter Nutzung der Wetterstationen Berlin-Alexanderplatz (städtisch) und Berlin-Schönefeld (Umland) ein charakteristischer Tagesgang des UHI abgeleitet, der zur Aufprägung des UHI in den jeweiligen Regionen bzw. Stadtzentren herangezogen wurde.

Mit den charakteristischen Datensätzen für die Gegenwart und die Zukunft sowie einer Methodik zur Aufprägung des Stadteffektes wurden für die betrachteten Regionen und Städte Gebäudesimulationen mit verschiedenen Szenarien (Gegenwart ohne Stadteffekt, Gegenwart mit Stadteffekt, Zukunft ohne Stadteffekt, Zukunft mit Stadteffekt) durchgeführt. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt einen sehr starken Einfluss des Stadteffektes auf die Hitzebelastung in Gebäuden sowie eine regional sehr unterschiedliche – aber allgemein ebenfalls stark zunehmende – Hitzebelastung durch die zukünftige Klimaerwärmung. Insbesondere die Regionen Köln-Bonn, Stuttgart und Dresden stellen sich als besonders betroffen heraus. Diese Ergebnisse zeigen, wie wichtig die Berücksichtigung von Stadteffekt, Regionalität und Klimaerwärmung bei der Bewertung der Hitzebelastung in Wohngebäuden ist und können als Grundlage für eine Überarbeitung der Norm zum sommerlichen Wärmeschutz (DIN 4108-2) dienen. Gleichzeitig zeigt sich, dass ein vorausschauend saniertes Gebäude, wie das des industriellen Wohnungsbaus, Hitze besser widerstehen kann und die betrachteten Anpassungsmaßnahmen (Sonnenschutz, Abluftanlage, individuelles Lüftungsverhalten/Nachtlüftung) auch in Zukunft wichtig und wirkungsvoll sind. Allerdings unterscheidet sich die Effektivität der einzelnen Maßnahmen je nach Region und Szenario. Zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse des Arbeitspaketes und weiteren Diskussion in Planungs- und Fachkreisen wurden Steckbriefe (Kriesten et al., 2024) mit Detailinformationen zu den einzelnen Regionen erstellt.

### AP 2.3 – Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen Gebäuden und Freiraum auf Quartiersebene

Die erste Projektphase von HeatResilientCity (HRC) zeigte, dass Hitzeanpassungsmaßnahmen im Freiraum positiv auf das Klima in Gebäuden wirken können. So führt z. B. eine Maßnahme zur effektiveren Auskühlung des Freiraums in der Nacht auch zu einer Reduzierung der Wärme in Gebäuden durch nächtliche Lüftung. Hierdurch motiviert wurden in diesem Arbeitspaket die Auswirkungen von Hitzeanpassungsmaßnahmen im Freiraum auf das Mikroklima und anschließend dessen Wirkung auf die Hitzebelastung im Gebäude für verschiedene visionäre und realistische Maßnahmen genauer untersucht. Für diese Untersuchung wurde eine Modellkette genutzt, die sich bereits in der ersten Projektphase bewährt hat (Schünemann et al., 2022). Ergebnisse dieser mikroklimatischen Stadtklimasimulationen wurden herangezogen, um Tagesgänge meteorologischer Variablen zu generieren, die dann in die thermische Gebäudesimulation mit der Software IDA ICE eingebettet wurden, um Aussagen zur Überhitzung von Gebäuden in dem jeweils betrachteten Quartier zu gewinnen. Als Beispielquartiere dienten die bereits in HRC I betrachtete dicht bebaute gründerzeitliche Erfurter Oststadt (EF) und das durch viele Freiflächen gekennzeichnete Quartier Dresden-Gorbitz (DD) mit Gebäuden des Industriellen Wohnungsbaus (WBS 70). Die visionären Szenarien beinhalteten die Untersuchung von weißen Straßen, weißen Dächern, Dachbegrünung, Fassadendämmung, Erhöhung der „Quartiersbelüftung“ und Fassadenbegrünung (DD) bzw. Quartiersbegrünung durch Stadtbäume (EF). In einem abschließenden visionären Anpassungsszenario wurden die für die Reduktion der Hitzebelastung wirksamsten Maßnahmen miteinander kombiniert (visionäres Kombinationsszenario). In den realitätsnahen Maßnahmen wurden jeweils lokale quartiersspezifische Szenarien betrachtet, die zuvor mit der jeweiligen Stadtverwaltung abgestimmt wurden. Mit dem etablierten, mikroskaligen Stadtklimamodell ENVI-met wurden die Bedingungen eines sehr warmen, wolkenfreien Sommertages mit hoher Strahlung simuliert. Die Wirksamkeit eines bestimmten Maßnahmen szenarios wurde dabei im Vergleich zu einer Referenzsimulation, die die derzeitigen realen Verhältnisse im Quartier widerspiegelt, beurteilt. Hierbei wurde betrachtet, wie sich die Wärmebelastung des Menschen auf Fußgängerniveau mit dem Anpassungsszenario ändert. Für die Beschreibung der Wärmebelastung wurde ein humanbioklimatischer Index, der universelle thermische Klimaindex (UTCI) genutzt, der in Grad Celsius angegeben wird.

Die **Ergebnisse** zeigen, dass sich alle Anpassungsszenarien im Mittel, bezogen auf das Gesamtgebiet zur Referenz, maximal um 1 °C unterscheiden, es jedoch lokal deutliche Unterschiede geben kann. Dies ist insbesondere der Fall, wenn durch **bodengebundene Maßnahmen**, z. B. zusätzliche Beschattung durch Bäume, der Strahlungshaushalt geändert wird. Hier zeigen sich lokale Änderungen von bis zu 10 °C am Tag. Weiterhin lässt sich ein Unterschied bei den Maßnahmen bezüglich deren Wirkung am Tag und in der Nacht feststellen. So hat die Fassadenbegrünung im Quartier Dresden-Gorbitz am Tag eine Hitzestress-reduzierende Wirkung. In der Nacht hingegen führt die **Fassadenbegrünung** zu einer leicht erhöhten Wärmebelastung im Freiraum. **Weisse Straßen** erhöhen durch Reflexion des Sonnenlichts die Wärmebelastung für Fußgänger am Tage stark und können daher als Anpassungsmaßnahme nicht empfohlen werden. Eine verbesserte **Belüftung im Quartier** durch Wegnahme von Gebäuden bzw. Gebäudeecken, die den Luftaustausch im Quartier einschränken, führte zu keiner eindeutigen Reduzierung der Wärmebelastung (Reduzierung von Schattenwurf vs. besser belüftete Bereiche). Für beide untersuchten Quartiere führen geweißte Dächer als auch Dachbegrünung zu einer überwiegenden Reduzierung der Wärmebelastung am Tag und in der Nacht. Für Dresden-Gorbitz wurden im visionären Kombinationsszenario die Maßnahmen geweißte Dächer und Fassadenbegrünung umgesetzt. Für die Erfurter Oststadt wurden die Maßnahmen geweißte Dächer, Fassadenisolierung sowie Erhöhung der Straßenbäume miteinander kombiniert. Im Fall von Dresden-Gorbitz führte das Kombinationsszenario zu einer sehr geringen Reduzierung der Wärmebelastung am Tag und einer sehr geringen Erhöhung der Wärmebelastung in der Nacht (bezogen auf das gesamte Gebiet im Vergleich zum Referenzszenario). Für Erfurt führte das Kombinationsszenario am Tag im Mittel kaum nachweislich zu einer Reduzierung der Wärmebelastung, während in der Nacht eine sehr geringe Reduzierung nachweisbar ist. Die erzielten Wirkungen in Summe waren nur teilweise größer als die Wirkung einer einzelnen Maßnahme. Die Größenordnung der Wirkungen änderte sich im Vergleich zu den anderen visionären Anpassungsszenarien jedoch nicht. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch eine Kombination von Maßnahmen Synergieeffekte zwischen den Maßnahmen möglich sein können. Für die beiden untersuchten Quartiere war der Synergieeffekt jedoch sehr klein.

Zur Durchführung der Gebäudesimulationen wurden aus den Ergebnissen der Stadtklimasimulationen für jedes Szenario Zeitreihen mit einer 14-tägigen Einschwing-, 2-tägigen Übergangs- und 12-tägigen Hitzeperiode erstellt. Weiterhin wurden in den Gebäudesimulationen nicht nur das veränderte Stadtklima, sondern auch Veränderungen am Gebäude (z. B. weiße Dächer, Dachbegrünung etc.) berücksichtigt. Die Bewertung der Hitzebelastung im Gebäude erfolgte anhand der Betrachtung der operativen Temperaturen (nach DIN 4108-2), die neben der Raumlufttemperatur auch den Strahlungseinfluss der raumumschließenden Oberflächen berücksichtigt. Diese wurde am letzten Tag der Hitzeperiode für einen stark hitzebelasteten Raum im jeweiligen Gebäude ausgewertet, indem Differenzen der Temperaturen aus den Referenzsimulationen und dem jeweiligen Maßnahmenzenario gebildet wurden. Die Wirkung auf das Innenraumklima ist für die Varianten weiße Dächer und Dachbegrünung mit einer Reduzierung der operativen Temperatur von über 1 °C am größten, wobei der Großteil dieser Temperatursenkung auf die Anpassungen am Gebäude zurückzuführen ist. Die Temperaturänderung, die auf das Stadtklima zurückzuführen ist, bewegt sich je nach Szenario zwischen +0,13 °C (Zunahme) und -0,6 °C (Verringerung) im Vergleich zur Referenzvariante. Nach Bewertung der Einzelmaßnahmen im Freiraum und im Gebäude wurden für das visionäre Kombinationsszenario schließlich die wirksamsten und sich noch im realistischen Rahmen bewegenden Varianten weiße Dächer und Fassadenbegrünung für Dresden sowie weiße Dächer, Fassadendämmung und Stadtbäume in Erfurt untersucht.

Als Grundlage für die Anwendung in der kommunalen Praxis wurden Bewertungsmatrizen als Kurzfassung (Kriesten et al., 2023) und Steckbriefe (Kriesten et al., 2024) für die visionären Maßnahmen erstellt, die eine übersichtliche und vergleichende Bewertung der verschiedenen Szenarien ermöglichen. Diese unterscheiden im Freiraum Wirkungen im direkten und weiteren Umfeld einer Maßnahme und auf Gebäudeebene zwischen der reinen Wirkung des Stadtklimas und jener der Anpassungsmaßnahmen am Gebäude.

### **AP 3.1 – Akteursrollen, -zuständigkeiten und -perspektiven zur Verstetigung und Umsetzung der Handlungsempfehlungen für Hitzeresilienz**

AP 3.1 hatte zum Ziel, die Erkenntnisse der in der ersten Projektphase (HRC I) durchgeführten Akteurs- und Governanceanalyse zu vertiefen und Veränderungen im Status Quo der Klimaanpassung in den Stadtverwaltungen zu ermitteln. Insbesondere sollte ein vertieftes Verständnis der Rollen und Aufgabenverständnisse zentraler Akteure sowie der Veränderungen in den Rollen und Zuständigkeitsbereichen erlangt werden. Diese Erkenntnisse bildeten die Basis, um Vorschläge zur weiteren Stärkung des Themas in den Stadtverwaltungen zu erarbeiten und die Handlungsempfehlungen der ersten Projektphase fortzuschreiben. Grundlage hierfür waren groß angelegte Online-Ämterbefragungen in Erfurt und Dresden, vertiefende Interviews mit der oberen Leitungsebene der Stadtverwaltungen sowie vorbereitend und ergänzend Analysen von Amtsblättern und ausgewählten Strategiedokumenten der beiden Städte. In die Analyse wurden auch Dokumente aus der ersten Projektphase (HRC I, AP 2.2) einbezogen.

Insgesamt haben 901 Mitarbeiter\*innen in Dresden (12 %) und 309 Mitarbeiter\*innen in Erfurt (9 %) an der Ämterbefragung teilgenommen (auswertbare Fragebögen). Die Befragungen basierten auf einem standardisierten Fragebogen mit 22 teils komplexen und mehrteiligen Fragen zu den Themenbereichen Bedeutung der Klimawandelfolgen und der -anpassung im Verwaltungshandeln, kommunale Instrumente und Maßnahmen zur Hitzevorsorge, Verständnis von Aufgaben und Rollen, Weiterbildungsbedarfe sowie allgemeine Informationen (Westermann et al., 2022b). Je sieben leitfadengestützte Interviews in Dresden und Erfurt wurden v. a. auf Ebene der Amtsleiter\*innen geführt. Sie dienten der Vertiefung von Ergebnissen aus Dokumentenanalysen und der Befragung in den Themenbereichen (a) Interesse und Wahrnehmung der Hitzebelastung, (b) Klimaanpassungsmaßnahmen, (c) Akteursnetzwerke und -zusammenarbeit, (d) Umsetzung von Maßnahmen und Handlungsempfehlungen, (e) Ausblick.

Zentrale Ergebnisse zeigen, dass Klimawandelfolgen und insbesondere Hitze einen großen Bedeutungszuwachs über die vergangenen Jahre erfahren haben. Das Thema wird von den meisten auch bereits in den Arbeitsaufgaben wahrgenommen, jedoch wird in beiden Stadtverwaltungen eine geringe Berücksichtigung der Klimawandelfolgen im tatsächlichen Verwaltungshandeln bemängelt. Beobachtete Aktivitäten zur Klimafolgenanpassung basieren weitgehend auf dem Engagement der Arbeits- bis unteren Managementebene. Strategische Ziele auf ge-

samtstädtischer Ebene fehlen weitgehend. Dies gilt auch für das Thema Hitze als wichtige Einflussgröße im Bereich der besonders bedeutend bewerteten Folgen für die menschliche Gesundheit. Während über alle Geschäftsbereiche (Dresden) bzw. Dezernate (Erfurt) ein Konsens über die Bedeutung der Gesundheitsfolgen herrscht, zeigt sich, dass Aktivitäten zur Minderung von Hitzebelastungen größtenteils vom Umweltressort ausgehen.

Als wesentliche Hindernisse für eine Etablierung und Umsetzung von Klimafolgenanpassung werden allem voran benannt: die fehlende Problemwahrnehmung in der Stadtverwaltung; fehlende politische Ziele und Prioritäten; ein fehlender Auftrag für das Verwaltungshandeln; eine unzureichende Budget- und Personalausstattung; fehlende Koordination des Themas sowie eine mangelhafte Kommunikation verwaltungsintern und zur Politik. Es herrscht ein weitgehend etabliertes Verständnis über den Bedarf an einer breiten Verankerung des Themas in der Stadtverwaltung. Auffällig ist, dass als besonders bedeutend bewertete Struktureinheiten (z. B. die Ressorts für Umwelt und Planung) auch selbst die Bedeutung dieses Themas sehen.

Insgesamt zeigt das Ergebnis, dass ein großes Potential und eine große Veränderungsbereitschaft zur Integration und Umsetzung der Klimawandelanpassung, insbesondere im Bereich Hitze, in den Stadtverwaltungen existieren. Eine große Aufgabe liegt daher in einem auf das Thema gerichteten Change-Management hin zu gesamtstädtischen strategischen Zielen, Strukturen und Prozessen für eine höhere Gewichtung der Hitzevorsorge.

Diese und weitere Erkenntnisse aus den Arbeiten wurden dafür genutzt, laufende Planungs- und Strategieprozesse zu unterstützen. In Dresden waren die Analyseergebnisse z. B. wichtige inhaltliche Inputs in die 2021 angelaufene Entwicklung des Klimaanpassungskonzepts. In Erfurt konnten wichtige Impulse bei der Entwicklung des Hitzeaktionsplans gesetzt werden. Nicht zuletzt mündeten die Erkenntnisse in spezifisch auf die Städte Dresden und Erfurt fokussierte Handlungsempfehlungen zum weiteren Abbau von Umsetzungshemmnissen und zur Stärkung der Anpassung an Hitze für die beiden Landeshauptstädte Erfurt und Dresden (Olfert and Kaltenberg, 2023; Wolter and Sinning, 2023).

### AP 3.2 – Kommunikationsstrategien für Wohnungswirtschaft, Bewohnerschaft und Verwaltung

Bewohner\*innen (A), genossenschaftliche und kommunale Wohnungsanbieter und -verwaltungen (B) sowie die kommunalen Verwaltungen und Gremien der Kommunalpolitik (C) sind wichtige Akteure, wenn es darum geht, Hitze durch Maßnahmen an und in Gebäuden zu reduzieren. Spezifische Kommunikations- bzw. Qualifikationsstrategien wurden entwickelt, um insbesondere Akteure der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft zu befähigen, die Auswirkungen von Hitze im eigenen Wirkungsbereich zu bewerten, eigene Aufgaben und Handlungsmöglichkeiten zu erkennen und spezifische Entscheidungen zur Hitze-Anpassung zu treffen. Basierend auf den inhaltlichen Vorarbeiten des Vorhabens HeatResilientCity wurden (spezifisch für die Zielgruppe) zugeschnittene wirkungsvolle Kommunikations- und Umsetzungsansätze inhaltlich und methodisch konzipiert und durch erfahrene Partnerinnen und Partner umgesetzt. Insbesondere für die Zielgruppe „kommunale Akteure“ sind Bedarfs- und Akzeptanzanalysen aus AP 3.1 in die Konzipierung der Qualifizierungsangebote eingeflossen. Die Ergebnisse sind dreigeteilt:

In stark hitzeexponierten Gebieten können **kühle Gemeinschaftsräume** eine spürbare Linderung für hitzeempfindliche Menschen bringen und damit zur Gesundheitsförderung der Bewohner\*innen beitragen. Als Grundlage für die Entwicklung solcher Sharing-Angebote, eine bisher wenig im Zusammenhang mit Hitzeanpassung betrachtete Strategie bzw. Maßnahme, wurden Bewohner\*innenbefragungen in Dresden-Gorbitz und am Erfurter Johannesplatz zu Gemeinschaftseinrichtungen bei sommerlicher Hitze durchgeführt (Hermann and Sinning, 2022). An den Haushaltsbefragungen beteiligten sich 54 Personen in Erfurt und 38 Personen in Dresden. In beiden Städten wurde die adressierte Zielgruppe – besonders ältere Menschen ab 65 Jahren – erreicht. Wie sich zeigte, werden sowohl in Erfurt als auch in Dresden die bestehenden Gemeinschaftsräume derzeit nicht als kühle Rückzugsorte wahrgenommen und genutzt. Großen Anklang bei den Befragten fanden hingegen Maßnahmen zur Minderung der Hitzebelastung in der Wohnumgebung, insbesondere durch die Bereitstellung weiterer schattiger Sitzgelegenheiten und schattiger Wegeverbindungen. Die Ergebnisse aus der Befragung wurden mit den Wohnungsunternehmen EWG und WBG Zukunft diskutiert. Eine Beteiligungsveranstaltung zur Vertiefung und Weiterentwicklung der Befragungsergebnisse in Erfurt mit den Bewohner\*innen des Untersuchungsgebiets „Eislebener

Straße 3 und 5“ vertiefte die Erkenntnisse und diente der Formulierung von Empfehlungen für den weiteren Prozess zur Konzeption pilothafter Maßnahmen durch die WBG Zukunft.

Drei Konzepte zur **Qualifizierung für die Bauplanung, Genossenschaften und Hausverwalter** sind erarbeitet worden. Auf deren Grundlage konnten sechs Qualifizierungsangebote in Kooperation mit dem Verband Thüringer Wohnungs- und Immobilienwirtschaft e. V. (19.05.2022), dem Verband Sächsischer Wohnungsbaugenossenschaften (13.06.2022), der Ingenieurkammer Sachsen (14.09.2022), der Ingenieurkammer Thüringen (27.09.2022) und der Klimaschutzleitstelle Region Hannover (21.11.2022) sowie mit dem Bundesfachverband der Immobilienverwalter e. V. (9.03.2023) unter Beteiligung von Verbundpartnern durchgeführt werden (HTW, IÖR, LHD-GA, LHE-UNA). Ergänzend wurden zwei **Erklärvideos** erstellt: 1) zu [Möglichkeiten der Hitzevorsorge durch Akteure der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft und die Nutzer\\*innen von Gebäuden](#) (Westermann et al., 2023) und 2) zum [Entstehen von Hitze, Anpassungsmaßnahmen und Möglichkeiten der Verhaltensvorsorge](#) (Westermann and Ziemann, Astrid, 2023).

Als Grundlage für **kommunale Qualifizierungsangebote** wurden auf Basis der Mitarbeiter\*innenbefragungen in AP 3.1 Auswertungen zu Kommunikations- und Qualifizierungsbedarfen vorgelegt. Für die Stadt Dresden konnten im Fortbildungsprogramm der Stadtverwaltung vier spezifisch auf Themen der Klimafolgenanpassung ausgerichtete Qualifizierungsangebote etabliert und umgesetzt werden: „Klima im Wandel – Basics für Dresden“ (10.02.2023), „Dach trifft grün – Grün trifft Dach“ (31.03.2023), „Fassade trifft grün – Grün trifft Fassade“ (05.05.2023) und „Keep cool – Hitze am Arbeitsplatz“ (02.06.2023).

Für die Qualifizierungsangebote wurde begleitend ein Ansatz zur Wirksamkeitsanalyse erprobt. Dieser basiert auf Indikatoren der Protection Motivation Theory und folgt einem quantitativen Prä-Post-Design als online-Befragung bzw. als Kombination aus online (prä) und schriftlich vor Ort (post). Der relativ hohen Belastbarkeit der Indikatoren steht eine nur sehr begrenzte Fallzahl der Teilnehmenden mit einem teils geringen Rücklauf gegenüber. Die Ergebnisse sind daher als potenzieller Trend zu verstehen.

Die **Wirkungsevaluation der kommunalen Qualifizierungsangebote** (Olfert and Keydel, 2023) hat gezeigt, dass vor dem Hintergrund einer stark ausgeprägten Risikowahrnehmung und Klimawandelakzeptanz teilweise signifikante Verbesserungen wichtiger Motivationsfaktoren, wie verschiedener Wissenskategorien, der Aufgabenakzeptanz, Selbstwirksamkeit, Handlungswirksamkeit und teilweise der konkreten Handlungsabsicht erzielt werden konnten. Die Ausgangsniveaus der Bewertungen zu den Kriterien unterscheiden sich thematisch stark. Grundsätzlich ist festzustellen, dass deutliche Steigerungen der Motivationsfaktoren eher bei geringeren Ausgangsniveaus erzielt werden konnten. Jedoch auch im oberen Bereich konnten teils signifikante Steigerungen verbucht werden. Teilweise haben die in ihrer Qualität grundsätzlich durchweg positiv bewerteten kommunalen Qualifizierungsangebote auch zur Relativierung vorherigen Wissens beigetragen. In der Differenziertheit der Ergebnisse kann das gewählte Evaluationsdesign auch als formatives Instrument für die gezielte Entwicklung und Komplementierung von Qualifizierungsangeboten eingesetzt werden.

### **AP 3.3 – Gesundheitsnetzwerk Hitzeprävention und Manual zur quartiersbezogenen Frühintervention bei Hitzeereignissen**

AP 3.3 erprobte verschiedene Möglichkeiten, um negativen Gesundheitsfolgen von Hitzeereignissen bei besonders vulnerablen Personen wie älteren Menschen, Pflegebedürftigen oder Kleinkindern vorzubeugen. Für die LHD wurde ein akteursübergreifendes Hitze-Handbuch zur quartiersbezogenen Frühintervention bei Hitzeereignissen erstellt (Landeshauptstadt Dresden, 2023). Multiplikator\*innen (wie Hebammen, Sozialarbeiter\*innen und Pädagog\*innen) sind darin geschult worden. In der LHE dient die Arbeit der Gründung und Verstetigung eines Gesundheitsnetzwerks „Hitzeprävention“. Diese Ergebnisse stärken grundsätzlich den vorsorgenden Gesundheitsschutz in Bezug auf Hitze und liefern wertvolle Beiträge für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (ÖGD). Drei Hauptergebnisse unterstützen künftig die gesundheitliche Hitzevorsorge in Dresden und Erfurt:

Für den besonders betroffenen Dresdner Stadtteil Gorbitz wurde beispielhaft ein „Hitze-Handbuch“ aufgestellt. Das Hitze-Handbuch ist eine Arbeitsgrundlage für Fachpersonen und Einrichtungen aus dem Gesundheits-, Pflege-, Sozial-, Bildungs- und Wohnungsbauwesen und beinhaltet einerseits allgemeine Maßnahmen zur besseren Anpassung an Hitze (wie einrichtungsbezogener Hitzeschutz, Ablaufpläne, Quartierskarte mit kühlen Orten,

etc.) und andererseits fachspezifische Informationen für die Vorbereitung auf und den Umgang eintretenden Hitzeereignissen. Dazu gibt es einen Ausblick auf das Klima in Dresden und wie sich das Klima zukünftig verändern wird. Für das Gebiet wurden besonders hitzebetroffene Personen und Multiplikator\*innen identifiziert. Begleitet von einer Literaturanalyse wurden mithilfe quantitativer und qualitativer Befragungen von Fachkräften bzw. Einrichtungen aus den Bereichen Gesundheit, Pflege, Soziales, Bildung für Kinder und Wohnen in Dresden-Gorbitz der Kenntnisstand zu Maßnahmen bei Hitze, Bedarfe und Hemmnisse erfasst. Im Sommer 2022 wurde eine Testversion des Handbuchs 29 Personen vorgestellt, davon wurden sechs Personen aus dem sozialen Bereich intensiv geschult. Diese Praxisphase wurde evaluiert, die Ergebnisse flossen in die finale Version des „Hitze-Handbuchs“ ein. In der LHE wurden ebenfalls Multiplikator\*innen befragt und die Ergebnisse ausgewertet. Die Erkenntnisse fließen in das Hitze-Handbuch der Landeshauptstadt Erfurt ein.

Am 20.10.2022 wurden die Ergebnisse der gesundheitlichen Hitzevorsorge auf dem **3. Städtedialog „Kommunale Hitzeanpassung“** vorgestellt und diskutiert (LHD and LHE, 2022). Rund 60 Städte, Gemeinden und Landkreise nahmen an der Veranstaltung teil – vorwiegend über das Gesund-Städte-Netzwerk Deutschland e.V. organisierte Gesundheitsämter.

Basierend auf Befragungen von lokalen Akteur\*innen aus dem Gesundheits- und Pflegewesen in Erfurt wurden im engen Dialog v. a. mit den Dezernaten 03: Sicherheit und Umwelt und 05: Soziales, Bildung, Jugend und Gesundheit der LH Erfurt **Handlungsempfehlungen zur Erstellung eines Gesundheitsnetzwerkes zur Hitzevorsorge** (Doppelstrategie „Vernetzung der Stadtverwaltung zum Thema Hitze und Gesundheit nach außen und nach innen“) für die LHE erarbeitet, diese dienen der weiteren Verstärkung des Themas in Erfurt (Fischer and Sinning, 2023, 2022).

#### **AP 4 – Inter- und transdisziplinäres Projektmanagement**

Teil der Entwicklung und Umsetzung des Vorhabens war ein intensives inter- und transdisziplinäres Projektmanagement, welches durch alle wissenschaftlichen und kommunalen Partner einerseits für das Gesamtprojekt, aber auch individuell in den Arbeitspaketen getragen wurde. Kernelemente waren **Co-Design**-Prozesse sowohl bereits in der Konzeption des Vorhabens, im Rahmen dessen Beantragung sowie auch betreffend aller praxisrelevanten Arbeitsschritte. Dies beinhaltet zum Beispiel die Ermittlung der Praxisanforderungen an die Indikator- und Toolentwicklung sowie deren Erprobung (AP 1.1, AP 1.2), die Auswahl von Beispielgebäuden in Dresden und Erfurt (AP 2.1), die Auswahl der realistischen Maßnahmenzenarien und die Darstellung der Bewertungsmatrizen für Anpassungsmaßnahmen am Gebäude und im Freiraum (AP 2.2, AP 2.3), die Einbeziehung kommunaler Perspektiven und Informationsbedarfe und Konzeption und Umsetzung der Mitarbeiter\*innenbefragung durch die Wissenschaft in den Stadtverwaltungen (AP 3.1), die Einbeziehung kommunikationswissenschaftlicher Erkenntnisse in die Entwicklung und Evaluierung von Qualifikationskonzepten durch die Kommunen (AP 3.2), die Entwicklung und Erprobung des Hitze-Handbuchs durch das Gesundheitsamt Dresden (AP 3.3).

Zentrales Element der Umsetzung war dabei die kontinuierliche und außerordentlich operative Kooperation aller Partner im Vorhaben, basierend auf vorangegangenen Kooperationen, z. B. im Vorhaben HRC I. Wichtige Elemente dieser Kooperation waren unter anderem eine ausgeprägte Kommunikationskultur im eingespielten Team, eine gefestigte Vertrauensbasis insbesondere im Zusammenspiel wissenschaftlicher und kommunaler Akteure, die Nutzung etablierter Kooperationsformate in Projekt-Workshops, Veranstaltungen, aber auch die durchgehende Nutzung einer gemeinsamen Cloud-Lösung für den Austausch und gemeinsame Bearbeitung von Dokumenten.

Ergebnis sind wissenschaftlich anschlussfähige und insbesondere für die kommunale Verwaltungspraxis umsetzbare Erkenntnisse, Werkzeuge und Empfehlungen. Ein Höhepunkt war die an die kommunale Praxis gerichtete Abschlussstagung des Vorhabens, ausgerichtet im Rahmen der Jahrestagung des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung in Dresden, sowie der exzellent besetzte Praktiker-Workshop in AP 3.1, beides im September 2022.

## II. Eingehende Darstellung

### 2.1 Erzielte Ergebnisse

#### Arbeitspaket 1.1 Indikatoren-Entwicklung: Quantitative Bewertung der Wirksamkeit von Hitze-Anpassungsmaßnahmen

Ziel des Arbeitspaketes 1.1 war die Entwicklung quantifizierbarer klimarobuster Indikatoren, welche sich unter anderem zur Beurteilung von Klimaanpassungsmaßnahmen eignen. Hierbei musste zwischen Anpassungsmaßnahmen im Freiraum und auf Gebäudeebene unterschieden werden. Um weiteren Anforderungen, wie verschiedener Komplexitätsstufen, Bedarfen und Adressatenkreisen (Kommunen, Wohnungsunternehmen, bis hin zu Expertinnen und Experten) gerecht zu werden, wurde die Indikatorenentwicklung auf Gebäudeebene in einen niederschweligen praxisbezogenen Gebäudeindikator (qualitatives Bewertungssystem) und ein komplexeres wissenschaftliches Indikatorenset (quantitatives Bewertungssystem) zur Bewertung der Hitzebelastung im Innenraum aufgeteilt.

#### Gebäudeindikator (praxisbezogen)

- Der Gebäudeindikator dient zu einer ersten Einschätzung der Hitzebelastung im Innenraum und der qualitativen Bewertung geeigneter Anpassungsmaßnahmen. Er richtet sich an Personen, die sich im Planungswesen nicht mit Hitze beschäftigen, sowie an interessierte Bürgerinnen und Bürger. Dies ermöglicht eine einfache Handhabung und Umsetzung im Tool im AP 1.2.

#### Entwicklung

- Unter Leitung der TUD wurde zusammen mit den anderen Partnern des APs ein Fragebogen ausgearbeitet, um Anforderungen an den Freiraum- und Gebäudeindikator zu klären und zu betrachtende Anpassungsmaßnahmen auszuwählen. Der Fragebogen wurde an die Verwaltungen der Landeshauptstädte Dresden und Erfurt geben. Die auf den Gebäudeindikator bezogenen Rückmeldungen von zwölf beantworteten Fragebögen sind in Abbildung 1 und Abbildung 2 dargestellt.

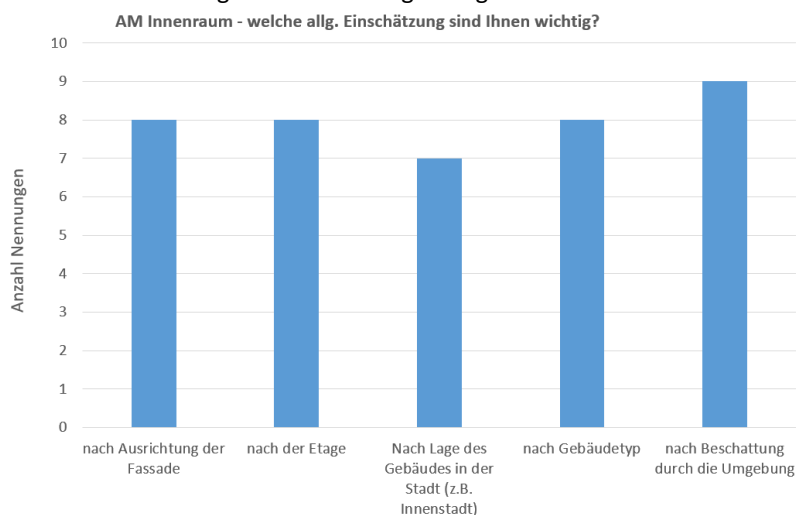


Abbildung 1: Anpassungsmaßnahmen an Hitzestress und Innenraumklima: Welche allgemeinen Einschätzungen werden als wichtig erachtet?

Um eine praxisnahe und einfache Umsetzung zu gewährleisten, wird für den Gebäudeindikator ein Bewertungsschema anhand der Erkenntnisse aus HRC entwickelt. Unter Berücksichtigung der Rückmeldungen zum Indikatorfragebogen wurden die Einflussfaktoren Gebäudetyp, Geschoss, Fensterorientierung, Fenstergröße und Nachtlüftung sowie acht zu betrachtende Anpassungsmaßnahmen, wie

- außenliegender Sonnenschutz,
  - innenliegender Sonnenschutz,
  - die Verbesserung der Dämmung im Dachgeschoss bzw. obersten Wohngeschoss,
  - die Erhöhung der Wärmespeicherfähigkeit,
  - der Einbau einer Abluftanlage in die Wohnung, um nachts den Luftwechsel zur besseren Auskühlung der Wohnung/des Raumes zu gewährleisten,
  - extensive Dachbegrünung,
  - Fassadenbegrünung und
  - der Effekt der Dachverschattung durch Installation einer Aufdach-Photovoltaikanlage für den Gebäudeindikator
- ausgewählt.

Das zugehörige Bewertungsschema, basierend auf einer 5-stufigen Ampelskala, ist in Abbildung 3 dargestellt.

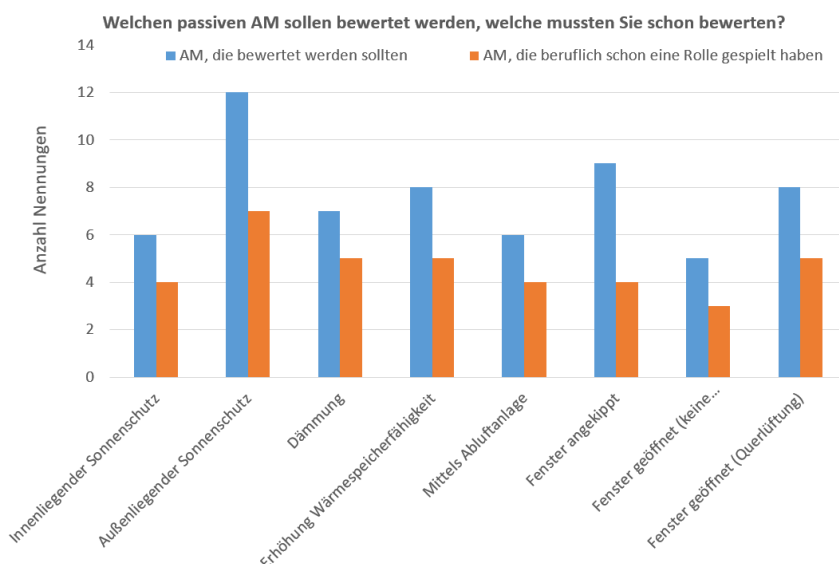


Abbildung 2: Anpassungsmaßnahmen an Hitzestress und Innenraumklima: Welche AM sollten bewertet werden und welche haben beruflich schon mal eine Rolle gespielt?

- Die Umsetzung des Gebäudeindikators erfolgte zunächst in einem Excel-Tool. Das Tool ermöglicht die Auswahl der oben aufgeführten Merkmale des betrachteten Raumes zur Festlegung des IST-Zustandes. Anschließend kann zwischen den acht zur Verfügung stehenden Anpassungsmaßnahmen ausgewählt werden. Die Auswertung erfolgt nach Betätigung des Buttons „Auswertung“ nach einem hinterlegten Bewertungsschema, welches auf Erkenntnissen aus HRC beruht. Die Ergebnisse werden in Form einer fünfstufigen Ampel jeweils für den IST-Zustand und für die gewählte Anpassungsmaßnahme angezeigt.
- Der Gebäudeindikator wurde zusammen mit einer Anleitung zur Bedienung an die Verwaltungen der Landeshauptstädte Dresden und Erfurt gegeben. Insgesamt gab es sechs Rückmeldungen, die in Zusammenarbeit mit der HTW im November und Dezember ausgewertet wurden. Neben sehr positivem Feedback traten bei einem Nutzer Probleme bei der Bedienung aufgrund des Excel-Makros auf. Dieses Problem wurde bei der weiteren Entwicklung der Umsetzung als Webtool (AP 1.2) automatisch behoben. Weiterhin zeigte sich, dass nicht allen Nutzerinnen und Nutzern der genaue Adressatenkreis bekannt war. Diesem Punkt wurde mit geschärften Beschreibungen, Hinweisen und Infotexten begegnet.







- In diesem Zusammenhang wurden zudem die Anwendungsgrenzen des Gebäudeindikators aufgegriffen. Dieser ist als erste Einschätzung zu verstehen und ersetzt keine ausführlichen Bewertungen durch Gebäudesimulationen oder das Sonneneintragskennwertverfahren nach DIN 4108-2:2013-02<sup>1</sup>. Denn die Bewertung der Hitzebelastung und Hitzeanpassungsmaßnahmen ist von einer Vielzahl weiterer Aspekte, wie beispielsweise der Raumeigenschaften, der Baumaterialien oder dem Nutzerverhalten, abhängig. Auch die Umsetzung und Kosten der Anpassungsmaßnahmen sind je nach Gebäude unterschiedlich.
- Der fertige Gebäudeindikator, Anwendungsleitfaden und Infotexte wurden an das AP 1.2 übergeben und in das HRC-Hitzetool<sup>2</sup> integriert.

### **Wissenschaftliches Indikatoren-Set zur quantitativen Bewertung der Hitzebelastung von Gebäuden**

Der wissenschaftliche Indikator soll der quantitativen Bewertung der Hitzebelastung im Innenraum in Zusammenhang mit thermisch-dynamischen Gebäudesimulationen dienen und ist damit deutlich komplexer aufgebaut.

- Der Entwicklung des wissenschaftlichen Gebäudeindikators ging eine zusammen mit der HTW durchgeführte umfangreiche Literaturrecherche zu vorhandenen Normen, Richtlinie und Literatur zur Bewertung der Hitzebelastung in Gebäuden voraus.
- Ziel der Entwicklung des wissenschaftlichen Indikatoren-Sets ist die Kombination von Vorteilen verschiedener Normen und Richtlinien, sodass Klimarobustheit und Quantifizierbarkeit gewährleistet sind. Als Ausgangspunkt hierfür dienten die folgenden nationalen und internationalen Normen:
  - Die DIN 16798-1:2021-04<sup>3</sup> mit der Betrachtung einer adaptiven Grenztemperatur,
  - CIBSE TM 52 (2013) und CIBSE TM 59 (2017) aus dem Vereinigten Königreich mit der Berücksichtigung von Nutzungszeiten und -arten,
  - die DIN 4108-2:2013-02 mit der Definition von Übertemperaturgradstunden.
- Aus diesen Literaturquellen wurde ein Indikator entwickelt, mit dem Übertemperaturgradstunden auf Basis einer adaptiven Grenztemperatur unter Berücksichtigung der Raumnutzung und Nutzungszeit bewertet werden (Indikator I). Ein weiterer Indikator dient der Bewertung von Räumen, welche als Schlafzimmer genutzt werden und fokussiert daher die nächtliche Hitzebelastung (Indikator II). Für diesen wird ebenfalls eine adaptive Grenztemperatur zur Berechnung von Übertemperaturgradstunden genutzt, die unterhalb bestimmter Schwellenwerte liegen müssen (Indikator IIa). Weiterhin wird für den Indikator zwei ein weiteres Kriterium zur Bewertung der Hitzebelastung definiert, welches eine absolute Grenze für die operative Raumtemperatur setzt (Indikator IIb). Diese darf zu keiner Zeit überschritten werden. Die Berechnungsvorschriften der Indikatoren sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 schematisch dargestellt.
- Eine Herausforderung stellte die Festlegung der Schwellenwerte für die jeweiligen Indikatoren dar. Von Interesse sind Schwellenwerte, die sich an der Beurteilung von Körperfunktionen (Puls, Blutdruck, etc.) bis zu Morbidität und Mortalität sowie subjektiven Belastungen (Konzentrationsfähigkeit, Abgeschlagenheit, Müdigkeit etc.) orientieren. Während der Projektlaufzeit konnte hierfür jedoch keine umfangreichere Literatur ausgemacht werden, die eine eindeutige und belastbare Zuweisung von Schwellenwerten zu bestimmten Temperaturen oder Übertemperaturgradstunden erlaubt.
- Um dennoch erste Schwellenwerte definieren zu können, wurden die Schwellenwerte basierend auf durchschnittlichen Hitzewellen in Deutschland (auf Grundlage der Wetterdaten der betrachteten fünf Regionen) festgelegt. Bei einer durchschnittlichen Anzahl von ca. 2 Hitzewellen und einer mittleren Dauer von 5 Tagen wurde angenommen, dass die Temperatur für die Nutzungszeit in dieser Periode im Mittel nicht mehr als 1 K (Belastungsstufe 1) bzw. 2 K (Belastungsstufe 2) über der adaptiven Grenztemperatur liegen darf. Dies führt mit

<sup>1</sup> DIN, 2013. DIN 4108-2:2013-02 – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Beuth Verlag, Berlin, 34 S.

<sup>2</sup> <http://hrc-hitzetool.ioer.info/index.php>

<sup>3</sup> DIN EN 16798-1, 2022. Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik – Modul M1-6.

den Nutzungszeiten von 15 h/24 h jeweils zu den Schwellwerten von 150 Kh/240 Kh (Belastungsstufe 1) bzw. 300 Kh/480 Kh (Belastungsstufe 2) für den Indikator I.

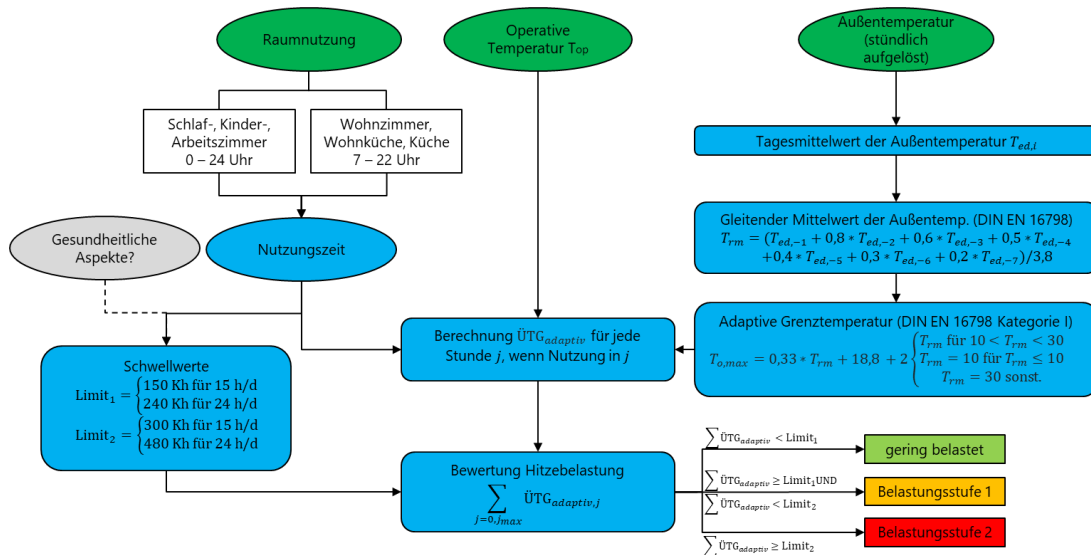


Abbildung 4: Indikator I, basierend auf Übertemperaturgradstunden auf Basis einer adaptiven Grenztemperatur.

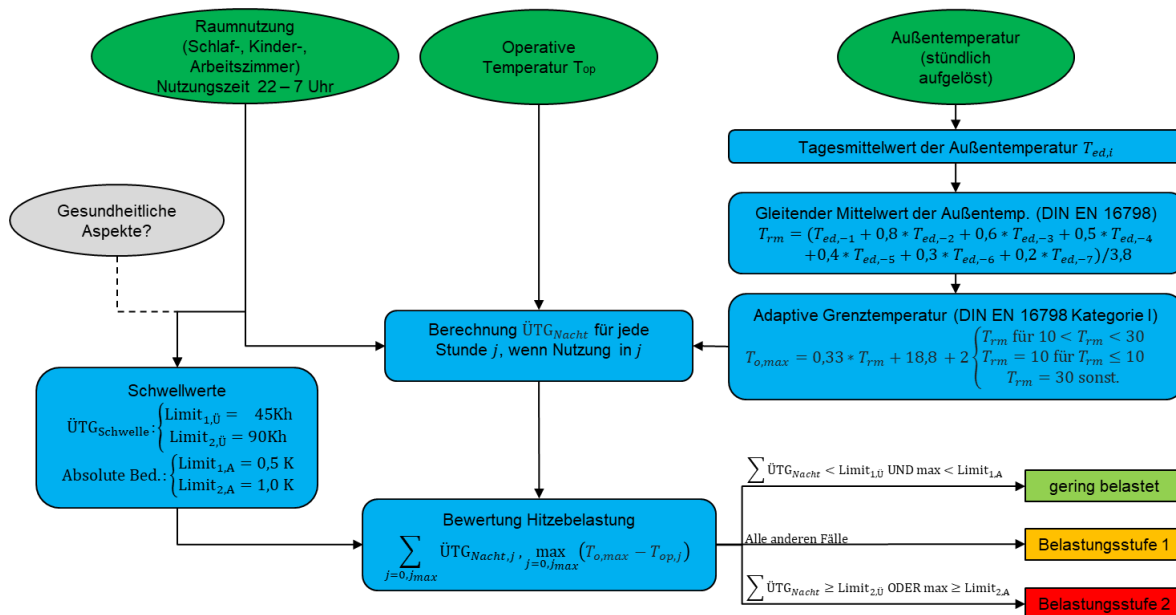


Abbildung 5: Indikator II, basierend auf Übertemperaturgradstunden auf Basis einer adaptiven Grenztemperatur mit Fokus auf Schlafzimmern und deren nächtliche Nutzung.

- Für den Indikator IIa wird davon ausgegangen, dass die Temperatur für die Nutzungszeit in dieser Periode im Mittel nicht mehr als 0,5 K (Belastungsstufe 1) bzw. 1,0 K (Belastungsstufe 2) über der adaptiven Grenztemperatur liegen darf. Dies führt bei einer Nutzungszeit von 9 h/d zu den Schwellwerten 45 Kh (Belastungsstufe 1) und 90 Kh (Belastungsstufe 2).
- Für den Indikator IIb mit dem absoluten Schwellwert wird dementsprechend festgelegt, dass die adaptive Grenztemperatur zu keiner Zeit um 0,5 K (Belastungsstufe 1) bzw. 1 K (Belastungsstufe 2) überschritten werden darf.

- Ein dritter Indikator zur Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit (bzw. dem Empfinden von Schwüle) anhand der Äquivalenttemperatur wurde während des Projektes ebenfalls betrachtet. Auswertungen mit diesem Indikator anhand einiger Beispielsimulationen zeigten, dass sich eine korrekte Feuchtigkeitserfassung in Simulationen deutlich aufwendiger gestaltet und genauere Randbedingungen (z. B. Personenaufkommen) erfordert. Hinzu kommt, dass die Erfassung der relativen Luftfeuchte im Innenraum über Simulationen vermutlich ungenauer erfasst wird als beispielsweise die Temperatur, und die Validierbarkeit gleichzeitig schwieriger ist. Aus diesem Grund – und weil die Luftfeuchtigkeit in unseren Breiten in der Regel unkritisch ist – wurde die Entwicklung des Indikators auf Basis der Äquivalenttemperatur nicht weiterverfolgt und der Fokus auf die Indikatoren I und II gelegt. Dennoch sollte der Ansatz der Äquivalenttemperatur in der Forschung aufgegriffen und weiterentwickelt werden.
- Der erste Entwurf des wissenschaftlichen Indikatoren-Sets wurde im Normenausschuss zum sommerlichen Wärmeschutz (DIN, 2013) vorgestellt, um Aspekte wie die adaptive Grenztemperatur und Nutzungszeiten in die Überarbeitung der aktuellen Norm einfließen zu lassen.
- Das wissenschaftliche Indikatoren-Set wurde für die Auswertung von Simulationsergebnissen im Arbeitspaket 2.2 angewendet. Die endgültige Bewertung der Ergebnisse aus den genannten Arbeitspaketen wurde allerdings anhand von den bekannten Bewertungskriterien nach DIN 4108-2 vorgenommen. Dies begründet sich insbesondere darin, dass die Ergebnisse (Meilensteine AP 2.2 und AP 2.3) möglichst auch auf Praxisebene (Architekten- und Ingenieurkammer sowie Kommunen) verständlich sein sollten und daher auf bereits bekannte Indikatoren zurückgegriffen werden musste.
- Die Ergebnisse und Vorschläge, welche sich aus wissenschaftlichen Indikatoren-Sets ergeben, werden stattdessen der wissenschaftlichen Community zur Verfügung gestellt, um die Ansätze zu diskutieren – insbesondere die Festlegung von möglichen gesundheitsbezogenen Schwellwerten – und ggf. in eine Überarbeitung der Norm zum sommerlichen Wärmeschutz (DIN 4108-2) einfließen zu lassen.
- Im Arbeitspaket 2.3 erfolgte keine Auswertung mit dem entwickelten Indikatoren-Set, da sich die Methodik der Simulationen hier deutlich unterscheidet und eine Anwendung der Indikatoren für Simulationen auf Grundlage synthetisch erzeugter Hitzephasen (AP 2.3) im Vergleich zu ganzjährlichen Simulationen auf Basis von Messdaten (AP 2.2) nicht zu zielführenden Aussagen führen würde.

## Arbeitspaket 1.2 Tool-Entwicklung: Visualisierung der Wirksamkeit von Hitze-Anpassungsmaßnahmen

Ziel des AP 1.2 war es, ein online-Tool zu entwickeln, welches in der Lage ist, Hitzeanpassungsmaßnahmen im städtischen Freiraum und Gebäuden in ihrer Wirksamkeit zu bewerten. Das entwickelte Tool (HRC-Hitzetool) soll Behörden bei der Planung und Umsetzung solcher Anpassungsmaßnahmen unterstützen und gleichzeitig eine Informationsplattform für die interessierte Öffentlichkeit bereitstellen.

In engem Austausch mit dem AP1.1 (TUD, IÖR) wurden zunächst wesentliche Datengrundlagen und deren Integrationsmöglichkeiten in das Tool geprüft (z. B. Arbeiten aus HRC I sowie weitere Literatur). Ergänzt wurden diese Vorarbeiten durch eine von der TUD geleitete Ämterbefragung der Projektpartner aus den Landeshauptstädten Dresden und Erfurt zu möglichen Anforderungen des entwickelten Indikatorensets sowie Anforderungen und Wünsche an das HRC-Hitzetool.

In der ersten Phase von HRC II erfolgte zudem, unterstützt durch eine Masterarbeit, eine erste Recherche bereits existierender Tools, welche HAM und Hitzebelastung in urbanen Räumen thematisieren. Diese Tools wurden systematisch in ihrer Funktion bewertet. Die Untersuchungen zeigten, dass viele Tools eine hohe Expertise des Nutzers voraussetzen, nicht kostenfrei zur Verfügung stehen oder eine generelle Übertragbarkeit des Tools auf andere Untersuchungsgebiete nicht gegeben sind. Weiterhin wird in fast allen der untersuchten Tools lediglich die Wärmebelastung am Tage betrachtet und das Mikroklima, welches für die Wärmebelastung in urbanen Räumen entscheidend ist, nur selten aufgegriffen. Aus den Ergebnissen der Masterarbeit sowie der durchgeführten Ämterbefragung (s. AP 1.1) ergaben sich folgende Anforderungen an das Tool, die auch in einer englischsprachigen open access-Zeitschrift veröffentlicht wurden (Brzoska et al., 2022):

- Unterteilung in Tageszeiten: Hitzebelastung Tag/Nacht, Kühlungswirkung Tag/Nacht
- Betroffenheit/Empfindung von Hitzebelastung (Anzahl betroffener Personen (z. B. im Gebäude oder Nutzergruppe bestimmter Freiflächen, Anzahl ältere Menschen)
- Auf bestehenden oder leicht abzuleitenden Datensätzen basierend
- Betrachtung von Gebäuden und Freiflächen
- Nutzerfreundlichkeit gewährleisten

Die bei der Indikatorentwicklung verwendeten Flächen aus dem Modellgebiet Dresden-Gorbitz wurden durch die TUD in einer Karte verortet und vom IÖR hinsichtlich ihrer ÖSL beurteilt. Die Erkenntnisse flossen in die Tool-Entwicklung ein. Zu den bewerteten ÖSL zählen der Erholungswert, die Naturerfahrung, Biodiversität sowie die langfristige Kohlenstoffspeicherung. Die Bewertung von Naturerfahrung und dem Erholungswert erfolgte mit Hilfe einer entwickelten Methode aus HRC. Die Biodiversität sowie die langfristige Kohlenstoffspeicherung wurden auf Grundlage der Vegetationsfläche (Grasflächen sowie Bäume) auf einer Modellfläche abgeschätzt.

In enger Zusammenarbeit mit der TUD sowie den Projektpartnern der Landeshauptstädte Dresden und Erfurt konnte ein erstes Tool-Konzept erarbeitet werden, welches in regelmäßigen Treffen überarbeitet und verbessert wurde. Das fertige Tool besteht aus zwei separaten Modulen (Abbildung 6): zum einen dem Gebäudetool, welches HAM in/an Wohngebäuden bewerten kann, sowie dem Freiraumtool, welches neben der Bewertung von HAM im Freiraum auch die Bewertung der weiteren ÖSL beinhaltet.

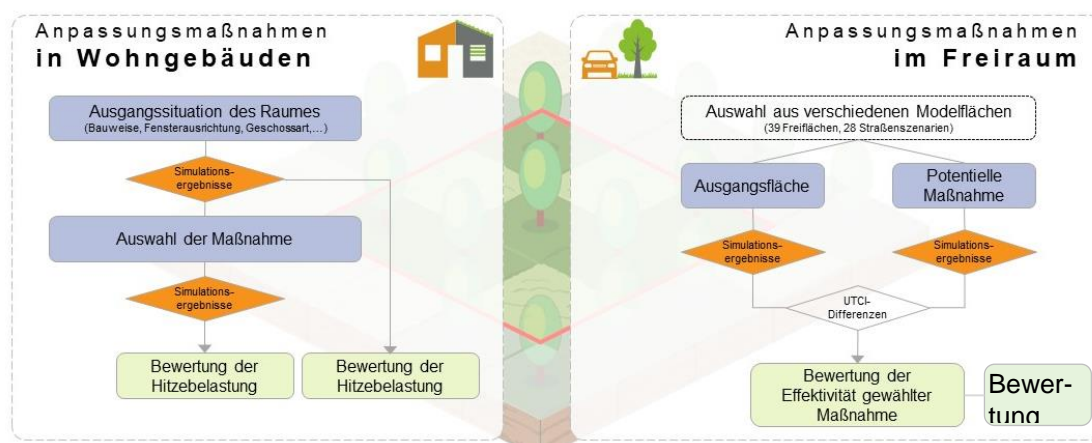


Abbildung 6: Aufbau des HRC-Hitzetools

- Gemeinsam mit einem IT-Dienstleister wurden das entwickelte Tool-Konzept sowie die als Datengrundlage entwickelten Indikatoren aus AP1.1 im HRC-Tool umgesetzt. Der Entwicklungsprozess erfolgte in enger und regelmäßiger Abstimmung mit AP1.1. Zudem wurden in Zusammenarbeit mit einem Grafiker (IÖR) die visuellen Darstellungen der Modellflächen und der Wohnungsdarstellung im Tool mit deren zugehörigen Maßnahmen erarbeitet.
- Das entwickelte „HRC-Hitzetool“ ist in der Lage, verschiedene Anpassungsmaßnahmen an Hitze in ihrer Wirksamkeit zu bewerten. Dabei können Hitzeanpassungsmaßnahmen im städtischen Freiraum als auch Maßnahmen betrachtet werden, welche die Hitzebelastung in Wohngebäuden senken können. Zusätzlich zur hitze-senkenden Wirkung der Maßnahmen im Freiraum werden weitere Ökosystemleistungen bewertet, welche durch die jeweiligen Flächen erbracht werden können. Dafür wurden die Modellflächen, welche die Grundlage des Freiraumindikators darstellen, vom IÖR zusätzlich bezüglich ihrer Ökosystemleistungen Naturerfahrung, Erholungswert, Biodiversität und langfristiger Kohlenstoffspeicherung bewertet. Für die Bewertung der ÖSL Naturerfahrung und Erholungswert wurde ein eigens dafür entwickelter Bewertungsalgorithmus von [Brzoska et. al. \(2021\)](#) herangezogen. Ergänzt wird diese Bewertung im Tool mit einer Einschätzung zur langfristigen Kohlenstoffspeicherung sowie zur Biodiversität der ausgewählten Flächen. Diese Einschätzung erfolgt mit Hilfe eines einfachen Bewertungssystems, welches den Anteil der Vegetationsfläche an der gesamten

jeweiligen Modellfläche berücksichtigt. Nutzer erhalten neben der Information zu den Hitze-senkenden Wirkungen einer Modellfläche zusätzliche Informationen zu den erbrachten ÖSL bereitgestellt. Diese können eine durchaus wichtige Argumentationsstütze bei der Abwägung von Maßnahmen im Planungsprozess darstellen.

- Das HRC-Hitzetool wurde Ende 2022 an das IÖR übergeben. Es ist seit Anfang 2023 unter der Adresse <http://hrc-hitzetool.ioer.info/> veröffentlicht und kostenfrei nutzbar.
- Wichtige Hintergrundinformationen sowie eine detaillierte Nutzeranleitung sind in einem Tool-Handbuch zusammengestellt, welches in Zusammenarbeit mit allen Beteiligten an der Tool-Entwicklung erstellt und abgestimmt wurde. Dieses Handbuch kann direkt im Tool heruntergeladen und eingesehen werden.
- In der Ausgabe 3/2022 vom Fachmagazin „Transforming Cities“ wurde durch AP 1.2 ein mehrseitiger Artikel veröffentlicht, in welchem das HRC-Hitzetool praxisnah vorgestellt und beworben wurde (Fügener et al., 2022).
- Zudem begann das Erarbeiten eines Tool-Handbuchs, welches den Nutzern wichtige Hintergrundinformationen sowie eine detaillierte Nutzungsanleitung bereitstellt. Dieses wird direkt im HRC-Hitzetool als Download zur Verfügung stehen. Hierzu gab es Ende 2022 bereits erste Abstimmung mit AP1.1. Der Meilenstein M6 (Erstellen einer Tool-Beschreibung) wurde Ende Februar 2023 erreicht (Fügener et al., 2023).

#### Arbeitspaket 2.1 Verletzbarkeitsanalysen und Anpassungskonzepte für Mehrfamilienhäuser

- Die Beteiligung an diesem Arbeitspaket betraf in erster Linie den Abgleich und Austausch von Datengrundlagen. Zwischen IÖR und HTW wurden baukonstruktive und haustechnische Gebäudekenndaten ausgetauscht. Von Seiten des IÖR wurden dazu Gebäudeinformationen und Untersuchungsergebnisse zum Gebäude aus der erweiterten Gründerzeit (Rathenaustraße 15 in Erfurt) an die HTW übergeben. Weiterhin wurden die für die Gebäudesimulationen eingestellten Randbedingungen auf Ebene des Gebäudes, des Nutzerverhaltens und des Simulationsprogrammes für das Gebäude des industriellen Wohnungsbaus (Leutowitzer Ring in Dresden) ausgetauscht und verglichen. An einigen Stellen wurden unterschiedliche Annahmen und Simulationseinstellungen (interne Wärmeeinträge, Lüftungsverhalte, Zeitangaben) festgestellt, die zur besseren Vergleichbarkeit von Simulationen angeglichen wurden.

#### Arbeitspaket 2.2 Überregionaler Transfer von Untersuchungsergebnissen - Einfluss von Regional- und Stadtklima

**Ziele:** Sind die in HRC entwickelten Anpassungskonzepte der beiden MFH-Typen der Gründerzeit in Erfurt und des industriellen Wohnungsbaus in Dresden auch für andere Regionen und Städte Deutschlands angemessen und tauglich? Dieser Prüfung der Übertragbarkeit auf andere Regionen widmet sich AP 2.2. Dazu werden die beiden MFH-Typen unter gleichen Nutzungsrandbedingungen virtuell in fünf verschiedene Regionen Deutschlands positioniert und mittels thermischer Gebäudesimulation die unterschiedliche Hitzebelastung und Wirksamkeit der Anpassungskonzepte geprüft. Neben der Auswirkung der Regionalklimaklassen wird auch der Einfluss der Stadtstrukturen auf das spezielle lokale Stadtklima einbezogen. Dafür werden die in HRC geprüften empirischen Funktionen für den Stadteffekt auf verfügbare Datensätze von Wetterstationen angewendet, um Zeitreihen meteorologischer Daten für die Gebäudesimulation zu generieren (TUD, IÖR).

##### Erstellung der Wetterdatensätze

- Zunächst wurden fünf geeignete Regionen für die Untersuchungen ausgemacht. Als Grundlage für die Auswahl dienten dabei zum einen die Sommerklimaregionen nach DIN 4108-2:2013-02 sowie Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die sich in unmittelbarer Nähe von Großstädten befinden (spätere Berücksichtigung des Stadtklimas) und an denen die für eine thermische Gebäudesimulation benötigten meteorologischen Größen (Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Solarstrahlung, Wind, Bewölkung) im Zeitraum 1991 - 2020 (Normalperiode) in einer Auflösung von einer Stunde gemessen wurden. Im Ergebnis wurden die DWD-Stationen Potsdam, Dresden-Klotzsche, Stuttgart (Scharrenberg), Köln-Bonn und Hamburg-Fuhlsbüttel

festgelegt und die Wetterdaten über das Climate Data Center des DWD<sup>4</sup> bezogen. Die gewählten Messstationen liegen damit alle außerhalb der Stadt bzw. am Stadtrand (häufig in der Nähe von Flughäfen) und repräsentieren damit die klimatischen Bedingungen im Umland der jeweiligen Städte.

- Nachfolgend erfolgte die Aufbereitung der „Rohdaten“ der 5 Messstationen und einzelner Messgrößen. Diese umfasste die Herstellung eines einheitlichen Zeitbezuges (UTC) der meteorologischen Größen und die Ersetzung fehlender Messwerte. Dabei wurden fehlende Messwerte über einen Zeitraum  $\leq 6$  h (Fehlstunden) linear interpoliert. Bei Zeiträumen  $> 6$  h (Fehltag) wurde auf Ersatzstationen zurückgegriffen, die sich möglichst in der Nähe und auf ähnlicher Stationshöhe befinden.
- Für die gewählten Messstationen wurden Steckbriefe erstellt, die eine Übersicht über die gemessenen Parameter während der Normalperiode (1991 - 2020) und die Anzahl an Fehlstunden und Fehltagen sowie die genutzten Ersatzstationen angeben. Die Steckbriefe und aufbereitete Messdaten wurden öffentlich zur Verfügung gestellt (Schiela and Kriesten, 2023a, 2023b).
- Die zunächst zusätzlich gewählte DWD-Messstation München-Stadt wurde aus den Regionen gestrichen, nachdem sich herausstellte, dass diese Messstation in der Vorstadt liegt und damit keine Umlandbedingungen widerspiegelt. Ein Vergleich mit den anderen Regionen wäre damit nicht konsistent.
- Um gegenwärtige, zukünftige und urbane Klimabedingungen zu berücksichtigen, wurden zusammen mit der TUD Methoden zur Bestimmung eines durchschnittlichen Sommers der Gegenwart, der Bestimmung eines repräsentativen zukünftigen Sommers aus den gegenwärtigen Messdaten sowie das Vorgehen zur Aufprägung des Stadteffektes abgestimmt. Diese werden in einer Veröffentlichung (Kriesten et al., in Bearbeitung) publiziert, um von der wissenschaftlichen Community diskutiert zu werden.

#### Jahre mit einem durchschnittlichen gegenwärtigen Sommer

- Die Bestimmung durchschnittlicher Jahre der Gegenwart erfolgt anhand statistischer Auswertung charakteristischer Jahreskennzahlen der betrachteten Normalperiode (1991 - 2020). Die betrachteten Kennzahlen sind in Tabelle 1 dargestellt und wurden anhand ihres potenziellen Einflusses auf die Hitzebelastung im Gebäude ausgewählt. So sind Wärmesumme und heiße Tage ein allgemeiner Indikator für die durchschnittliche und extreme Wärme eines Sommers, die direkte Solarstrahlung spielt insbesondere bei Gebäuden mit einem hohen Fensterflächenanteil eine entscheidende Rolle. Die Anzahl warmer Nächte wiederum ist entscheidend für die mögliche Auskühlung des Gebäudes über Fenster- oder mechanische Lüftung während der Nacht und Hitzewellen spielen eine Rolle hinsichtlich der Wärmespeicherefähigkeit des Gebäudes, da diese mit anhaltender Länge heißer Perioden ausgeschöpft wird.

Tabelle 1: Jahreskennzahlen zur Bestimmung eines durchschnittlichen Sommers der Gegenwart.

Kenngrößenkategorie	Einzelkenngröße (Ableitung Juni bis August)	Beschreibung
Merkmale des Sommermittels	Wärmesumme ( $> 20$ °C)	Die Wärmesumme beschreibt das stündliche Zeitintegral der Differenz zwischen Lufttemperatur und $20$ °C, wenn eine Lufttemperatur von $20$ °C überschritten wird.
	Summe direkte Solarstrahlung	Die Summe der direkten Solarstrahlung wird von Juni bis August eines jeden Jahres berechnet.
Merkmale der Sommerextreme	Anzahl heißer Tage	Die Kenngröße beschreibt die Anzahl der Tage, an denen die maximale Lufttemperatur $T_{\max} \geq 30$ °C ist.
	Anzahl warmer Nächte	Die Kenngröße beschreibt die Anzahl der Nächte (18:00-6:00 Uhr), in denen die minimale Lufttemperatur $T_{\text{Nacht},\min} \geq 18$ °C ist.

<sup>4</sup> Observations Germany - Climate hourly [online Repository]. Open Data Repos. URL [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/hourly/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/hourly/) (Abgerufen am 16.09.2021).

Merkmale von Hitze- wellen	Anzahl der Hitzewellen	Angelehnt an die Definition einer Hitzewelle nach dem DWD <sup>5</sup> wird von einer Hitzewelle ausgegangen, wenn das Tagesmaximum der Außenlufttemperatur an mindestens drei aufeinanderfolgenden Tagen $\geq 28\text{ °C}$ ist. Die Hitzewellen werden dabei durch die Anzahl pro Jahr und Andauer charakterisiert.
-------------------------------	------------------------	--

- Um durchschnittliche Sommer der Gegenwart zu bestimmen, wurden Perzentilwerte der oben aufgeführten Kenngrößen bestimmt. Beginnend mit dem 25. und 75. Perzentil wurden diese iterativ (Schrittweite: Erhöhung/Verringerung um je 1 Perzentil) erhöht, bis nur noch ein Jahr mit allen Kennzahlen zwischen den jeweiligen Perzentilen liegt. Dieses Jahr wird dann als durchschnittliches Jahr der Gegenwart (TYP) angesehen. In den meisten Fällen bleibt bei diesem Vorgehen genau 1 Jahr übrig, was dann als TYP für die jeweilige Region angesehen wird. Für die Region Potsdam reduzieren sich die zwischen den Perzentilen liegenden Jahre im letzten Iterationsschritt jedoch von 2 auf 0, sodass kein eindeutiges TYP bestimmt werden kann. Von den Jahren 2008 und 2016 im vorherigen Iterationsschritt wurde daher das Jahr 2008 als TYP festgelegt. Die Perzentile und bestimmten TYP je Region sind in Tabelle 2 dargestellt. Zur Berechnung der charakteristischen Jahreskennzahlen und Bestimmung der Gegenwartsjahre wurde ein Python-Skript erstellt, der auf andere Datensätze mit gleichem Format anwendbar ist, die Ergebnisse reproduzierbar macht und in anderen Forschungsprojekten weiterentwickelt werden kann (Kriesten, 2023a).

Tabelle 2: Ausgewählte Jahre mit einem durchschnittlichen Sommer der Gegenwart (hervorgehoben) und zugehörige Perzentile sowie Jahre des vorherigen Iterationsschritts.

Region	Unteres Perzentil im letzten Iterationsschritt	Oberes Perzentil im letzten Iterationsschritt	Jahre im vorherigen Iterationsschritt	Übrige Jahre im letzten Iterationsschritt
Potsdam	32	68	2008, 2016	-
Hamburg	35	65	2001, 2016	2001
Köln	28	72	2001, 2017	2017
Stuttgart	32	68	1991, 2002, 2012	1991
Dresden	38	62	2007, 2016	2016

- Die zugehörigen Jahreskennwerte der Regionen sind in Tabelle 3 dargestellt. Anhand dieser zeigt sich bereits, dass die Jahresdatensätze je nach Standort zum Teil deutlich in ihren charakteristischen Größen variieren. Beispielsweise weisen die Jahre für DD und S eine hohe Anzahl warmer Nächte auf, welche sich negativ auf die Nachtauskühlung eines Gebäudes auswirken. Gleichzeitig zeigen sie deutliche Unterschiede in ihrer Wärmesumme und auch die Charakteristika der Hitzewellen variieren zwischen den Regionen (DD, HH vs. KB, P, S). Das TYP für die Region Hamburg sticht erwartungsgemäß in den meisten Fällen mit den niedrigsten Werten hervor.
- Die bestimmten Jahre für einen durchschnittlichen Sommer der Gegenwart wurden für die Standorte, welche eine hohe Anzahl fehlender Messdaten im Bereich der Solarstrahlung aufweisen und damit viele Daten von Ersatzstationen erfordern (Köln, Hamburg), anhand von Jahres- und Monatssummen der Rasterkarten für Globalstrahlung des DWD<sup>6</sup> überprüft. Die Differenzen zwischen den Rasterdaten und den Messdaten der bestimmten TYP-Jahre blieben dabei im einstelligen Bereich.

<sup>5</sup> DWD, 2022. Wetter- und Klimalexikon: Hitzewelle. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Funktions/glossar.html?lv2=101094&lv3=624852> (zugegriffen am 2.10.23)

<sup>6</sup> DWD Climate Data Center (CDC): Rasterdaten der Jahressumme für die Globalstrahlung in kWh/m<sup>2</sup> für Deutschland, Version v19.3.; DWD Climate Data Center (CDC): Rasterdaten der Monatssummen für die Globalstrahlung in kWh/m<sup>2</sup> für Deutschland, Version v19.3.

Tabelle 3: Charakteristische Jahreskennzahlen der bestimmten Jahre mit einem durchschnittlichen gegenwärtigen Sommer.

Wetterdatensatz	Wärmesumme [Kh]	Heiße Tage [-]	Warme Nächte [-]	Globalstrahlung [kWh/m <sup>2</sup> ]	Anzahl Hitzewellen [-]	Max. Andauer Hitzewellen [d]
DD TYP 2016	2633	5	11	475	1	3
HH TYP 2001	1828	3	6	453	1	3
K TYP2017	3017	7	6	480	2	5
P TYP2008	3115	13	5	477	3	5
S TYP1991	3612	8	11	504	3	4

#### Jahre mit einem durchschnittlichen zukünftigen Sommer

- Die Bestimmung gegenwärtiger Jahre, die repräsentativ für einen zukünftigen durchschnittlichen Sommer sind, wurde von den Projektpartnern an der TU Dresden durchgeführt. Dafür wurden anhand von Klimaprojektionen typische Temperaturverteilungen für einen durchschnittlichen zukünftigen Sommer bestimmt, die dann mit den Temperaturverteilungen gegenwärtiger Jahre (Messdaten) verglichen wurden, um aus diesen ein Jahr mit einem repräsentativen zukünftigen Sommer auszuwählen (Zukunftsjahr, TYF). Die so von der TU Dresden bestimmten Jahre wurden an das IÖR übermittelt und sind zusammen mit ihren charakteristischen Kennzahlen in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Charakteristische Jahreskennzahlen der bestimmten gegenwärtigen Jahre (TYF) mit einem durchschnittlichem zukünftigen Sommer.

Wetterdatensatz	Wärmesumme [Kh]	Heiße Tage [-]	Warme Nächte [-]	Globalstrahlung [kWh/m <sup>2</sup> ]	Anzahl Hitzewellen [-]	Max. Andauer Hitzewellen [d]
DD TYF2015	4962	21	22	496	4	9
HH TYF2019	2939	10	11	466	2	5
K TYF1994	4033	19	11	488	5	8
P TYF2015	4268	20	15	498	3	11
S TYF2020	4498	13	21	504	2	7

#### Berücksichtigung des Stadtklimas

- Zur Berücksichtigung des Stadtklimas wurde von der TUD unter Nutzung von Klassen lokaler urbaner Klimazonen (Stewart and Oke, 2012) für jede betrachtete Region ein durchschnittlicher maximaler städtischer Wärmeineffekt (UHI-Effekt) und eine „Rauigkeit“ der jeweiligen Stadtstruktur bestimmt. Neben der Steigerung der Temperatur ( $UHI_{max}$ ) wird damit ebenfalls eine geringere Windgeschwindigkeit infolge der erhöhten Rauigkeit im Stadtgebiet nach einem logarithmischen Windprofil berücksichtigt:

$$v_{neu} = v_{alt} * \frac{\log(\frac{10}{z_0})}{\log(\frac{10}{z_{0,ref}})} \quad \text{mit}$$

$v_{neu}$  als Windgeschwindigkeit in der Stadt,

$v_{alt}$  als Windgeschwindigkeit im Umland (Stationsdaten),

$z_{0,ref}$  als Rauigkeitslänge im Umland und

$z_0$  als Rauigkeitslänge in der Stadt, bestimmt auf dem Median der LCZ-Klassen im Stadtzentrum.

- Die absolute Feuchte wurde hingegen als konstant angenommen. Die bestimmen maximalen durchschnittlichen Steigerungen der Temperatur bzw. bestimmten Größen zur Anpassung der Windgeschwindigkeit wurden von der TUD an das IÖR übergeben (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Maximaler Stadteffekt und Hellmann-Exponent zur Berücksichtigung des städtischen Klimas in den betrachteten Städten.

Stadt	$UHI_{max}$	$z_0$	$z_{0,ref}$
Dresden	2,3	0,38	0,07
Hamburg	3,79	0,78	0,07
Köln-Bonn	3,79	0,78	0,07
Potsdam	2,3	0,38	0,07
Stuttgart	2,3	0,5	0,07

- Da der UHI-Effekt sowohl im Tagesverlauf als auch im Jahresverlauf variabel ist, würde eine konstante Aufprägung der Werte in Tabelle 5 auf die bestimmten Jahre mit einem durchschnittlichen Sommer der Gegenwart und Zukunft eine sehr ungenaue Annahme darstellen. Aus diesem Grund wurde nach einer geeigneten und gleichzeitig einfach umsetzbaren Methodik zur Berücksichtigung des Tagesverlaufes gesucht. Von den Wetterstationen Berlin-BER und Berlin-Alexanderplatz wurde dazu für den Zeitraum 2018 – 2020 ein UHI-Tagesgang abgeleitet, wobei sich die Auswahl dieser Stationen in der Verfügbarkeit von nahe gelegenen Umland- und Innenstadt-Wetterstationen begründet.
- Dazu wurden die stündlichen Temperaturdifferenzen der beiden Wetterstationen für jeden einzelnen Tag im betrachteten Zeitraum bestimmt. Eine Kategorisierung des UHI nach charakteristischen Tagen erwies sich dabei aufgrund der begrenzten Datenlage und zeitlichen Kapazitäten im Projekt als nicht möglich. Stattdessen wurde eine monatliche Betrachtung der UHI-Mittel- und Medianwerte vollzogen, wobei sich schließlich auf Letztere fokussiert wurde, um Datenausreißer und dadurch entstehende Verzerrungen auszuschließen.

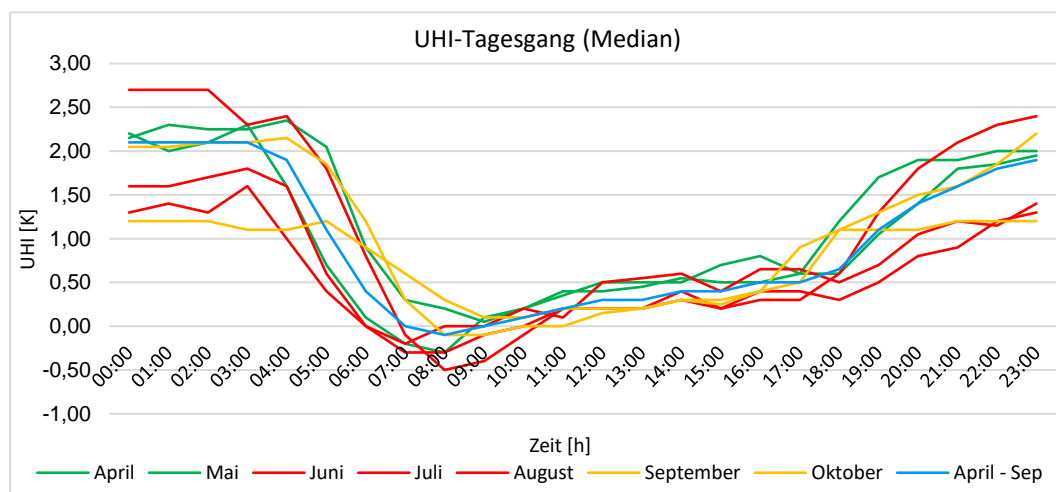


Abbildung 7: Monatlicher UHI Tagesgang (Median) für die Wetterstationen Berlin-BER und Berlin-Alexanderplatz für den Zeitraum 2018-2020.

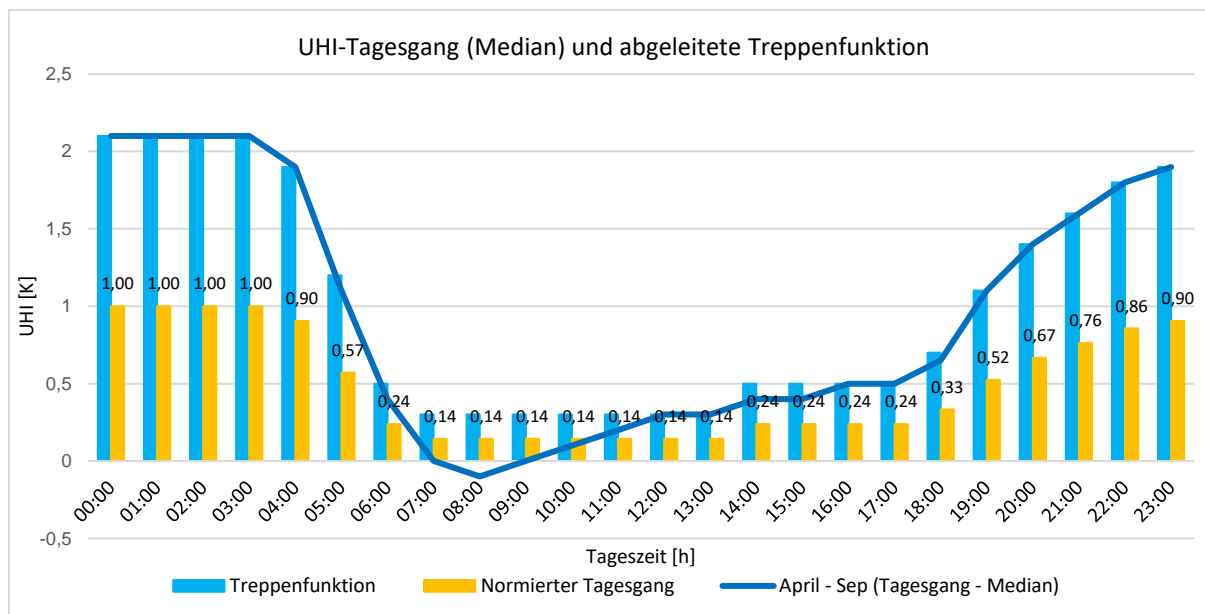


Abbildung 8: Median des UHI-Tagesganges der Stationen Berlin-Alexanderplatz und Berlin-BER im Zeitraum 2018 - 2020 für April - September sowie abgeleitete Treppenfunktion und normierter Tagesgang zur Übertragung auf andere Regionen.

- Der Tagesverlauf im Median wurde für einzelne Monate sowie den Zeitraum April bis September ausgewertet (Abbildung 7). Um auch hier einen möglichst praktikablen Ansatz zu verfolgen und den UHI-Tagesgang auf eine einzelne Funktion zu reduzieren, wurde vereinfachend der Zeitraum April bis September ganzheitlich betrachtet und zur Bestimmung einer UHI-Treppenfunktion herangezogen. Die Treppenfunktion wurde auf das auftretende Maximum skaliert, sodass für alle anderen Regionen eine Funktion zur Skalierung des jeweiligen  $UHI_{max}$  zur Verfügung steht.
- Das Vorgehen und die Erkenntnisse zur Aufprägung eines UHI-Effektes auf Basis von Klassen lokaler urbaner Klimazonen sowie die Notwendigkeit der Berücksichtigung des tageszeitlichen Verlaufes zeigten auf, dass diesbezüglich noch weiterer Forschungsbedarf besteht. Diesem konnte aufgrund der Komplexität des Themas innerhalb von HRC II jedoch nicht weiter nachgegangen werden und sollte Gegenstand zukünftiger Projekte sein.
- Die Stadtklimaeffekte (höhere Temperatur und geringere Windgeschwindigkeit) wurden schließlich auf die bestehenden Jahresdatensätze für einen durchschnittlichen gegenwärtigen Sommer und einen durchschnittlichen zukünftigen Sommer aufgeprägt, sodass sich für jede Region 4 Wetterdatensätze ergeben. Weiterhin wurden für jeden Standort auch die TRY nach aktueller Normung (DIN 4108-2:2013-02) betrachtet.

### Durchführung der Simulationen

- Für die Durchführung der Gebäudesimulationen wurden die bereits in HRC I genutzten Gebäudemodelle (Gründerzeithaus und Gebäude des industriellen Wohnungsbaus) herangezogen und für das AP 2.2 angepasst. Die Anpassung der Simulationsmodelle umfasst folgende Punkte:
  - Die Berücksichtigung der Anpassung der Windgeschwindigkeiten durch das Stadtklima in den Wetterdaten muss auch im Gebäudesimulationsmodelle bzw. in dem im Simulationsprogramm IDA ICE zugrundeliegenden Potenz-Windprofil beachtet werden:
    - $v(h) = a_0 * v_0 * \left(\frac{h}{h_0}\right)^{a_{exp}}$  mit
    - $a_0$  Windkoeffizient im Potenz-Windprofil [-],
    - $v_0$  gemessene Windgeschwindigkeit [m/s],

- $h$  Höhe der berechneten Windgeschwindigkeit [m],
  - $h_0$  Höhe der gemessenen Windgeschwindigkeit [m],
  - $a_{exp}$  Exponent im Potenz-Windprofil [-].
  - Für Simulationen ohne Berücksichtigung des Stadtklimas werden die in IDA ICE voreingestellten Werte für Wetterdaten am Flughafen ( $a_0 = 1, 0$  und  $a_{exp} = 0, 15$ ) verwenden. Die Annahme dieser Werte begründet sich darin, dass sich auch die betrachteten Messstationen in der Regel in Flughafennähe befinden.
  - Für Simulationen mit städtischem Wärmeineleffekt muss der Exponent im Windprofil anhand der Rauigkeit der jeweiligen Stadt  $z_0$  sowie der Referenzrauigkeit  $z_{0,ref}$  (s. Tabelle 5) neu bestimmt werden. Hierfür wurde die Umrechnung nach (Emeis, 2005, Gleichung 10) verwendet. Der Windkoeffizient bleibt hingegen unverändert.
- Anpassung des Gebäudestandortes und der Klimadaten (Wetterstationen) im Gebäudemodell.
- Vereinheitlichung des Lüftungsverhaltens in den betrachteten Gebäuden.
- Ergänzung der Gebäudemodelle um Anpassungsmaßnahmen (AM) zur Reduzierung der Hitzebelastung und Bewertung der Effektivität der AM je nach betrachteter Region mit
- AM 1: GZH: Abluftanlage (1-facher Luftwechsel) in DG Bädern sowie außenliegende und innenliegende Sonnenschutzsysteme im 4. OG und DG; WBS 70: Außenrollos an allen Fenstern, ohne bauliche Verschattung durch Balkone.
  - AM 2: Angepasstes Lüftungsverhalten, sodass auch während der Nacht Fenster vollständig geöffnet werden.
  - AM 3: Wie AM 2 sowie zusätzliche Querlüftung.
- Die Basis-Gebäudemodelle und Wetterdatensätze sowie genauere Beschreibungen der Anpassungsmaßnahmen und Randbedingungen für die Gebäudesimulation wurden in einem öffentlichen Repository zur Verfügung gestellt (Kriesten, 2023b).
  - Um den Simulationsaufwand möglichst gering, die produzierten Daten möglichst übersichtlich zu halten und nur die Simulationen durchzuführen, die neue Erkenntnisse liefern, wurden zunächst die Simulationen ohne Anpassungsmaßnahmen durchgeführt und ausgewertet. Basierend auf der vorliegenden Hitzebelastung wurde im Anschluss festgelegt, welche Varianten (Wetterdatensätze) mit angepassten Gebäuden simuliert werden. Da die Hitzebelastung im WBS 70-Gebäude nur im Zukunftsszenario mit Stadtklima sehr hoch ausfällt und auch die des GZH für das Gegenwarts- und Zukunftsszenario mit Stadtklima, wurden nur für diese drei Varianten die Gebäudesimulationen mit den drei verschiedenen Anpassungsmaßnahmen durchgeführt.

## Ergebnisse

- Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte anhand verschiedener Hitzeindikatoren in Matrixdarstellung. Diese umfassten
  - ÜTGnorm Übertemperaturgradstunden nach DIN4108-2 unter Berücksichtigung der jeweiligen Klimazone der betrachteten Region bzw. Stadt,
  - ÜTG26 Übertemperaturgradstunden auf Basis einer konstanten Grenztemperatur von 26 °C,
  - die in Arbeitspaket 1.1 entwickelten wissenschaftlichen Indikatoren I, IIa und IIb und
  - die Auswertung der maximalen Operativen Temperatur.
- Für die Zusammenfassung der Ergebnisse und die Gegenüberstellung der Hitzebelastung in den verschiedenen Regionen und Gebäuden in Steckbriefen (Meilenstein 10) wurde sich auf die Auswertung der Übertemperaturgradstunden nach DIN 4108-2:2013-02 und auf Basis einer konstanten Grenztemperatur von 26 °C beschränkt. Dies begründet sich darin, dass die Messgröße Übertemperaturgradstunden gegenwärtiger Stand der Technik und damit bereits bekannter ist, sodass für die Adressatenkreise der Steckbriefe (Architekten- und Ingenieurkammer sowie Kommunen) weniger Erklärungsbedarf besteht.
- Die Auswertung nach den in AP 1.1 entwickelten Indikatoren wird hingegen für wissenschaftliche Veröffentlichungen verwendet und dient als Diskussionsgrundlage für den Normenausschuss Bauwesen im Deutschen

Institut für Normung e. V. für eine mögliche Erweiterung der bisherigen Vorgehensweise zur Bewertung der Hitzebelastung über Übertemperaturgradstunden (Adaptionsvermögen, Nutzung und Nutzungszeiten) und Erweiterung der bisherigen vereinfachten Sommerklimaregionen nach DIN 4108-2:2013-02.

- Die erstellten Steckbriefe geben eine Zusammenfassung und einen Kurzüberblick über die in diesem Arbeitspaket durchgeführten Simulationen und gewonnenen Erkenntnisse und sind auf Zenodo verfügbar (Kriesten, 2023c). Neben den Bewertungsmatrizen (Abbildung 9) enthalten die Steckbriefe auch Darstellungen der stündlichen Überschreitungen von Temperaturbereichen ( $\leq 24^\circ\text{C}$ ,  $24^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}$ ,  $26^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}$ ,  $28^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$ ,  $\geq 30^\circ\text{C}$ ) in den Sommermonaten (Juni – August). Diese stellen die Veränderung der Hitzebelastung zwischen den verschiedenen Szenarien (Gegenwart, Zukunft, Stadtklima, Anpassungsmaßnahmen) zusätzlich visuell sehr anschaulich dar (Abbildung 10).

GZH ohne AM - DG, Schlafzimmer						
Variante	Stadtklima	DD	HH	K	P	S
		ÜTG <sub>26</sub> (gerundet) [Kh]				
Gegenwart	ohne	800	400	1300	500	2100
	mit	2300	1900	4400	1600	3900
Zukunft	ohne	2600	700	2300	1400	2900
	mit	4200	2900	5200	2800	5600
TRY (DIN 4108-2)		2300	800	2400	800	2400

WBS 70 ohne AM - ob. Geschoss, Schlafzimmer						
Variante	Stadtklima	DD	HH	K	P	S
		ÜTG <sub>26</sub> (gerundet) [Kh]				
Gegenwart	ohne	100	100	100	200	500
	mit	800	700	1400	700	1600
Zukunft	ohne	1100	200	600	700	700
	mit	2200	1100	2600	1600	2300
TRY (DIN 4108-2)		100	0	100	0	100

Übertemperaturgradstunden [Kh]			
<600	>=600	=1200	>=2400



Abbildung 9: In Steckbriefen verwendete Bewertungsmatrix zur vergleichenden Darstellung der Hitzebelastung. Hitzebelastung in den betrachteten Gebäuden (GZH - oben, WBS 70 - unten) für die verschiedenen Regionen und Jahresdatensätze (Gegenwart, Zukunft Stadtklima).

- Generell zeigen die Ergebnisse, dass die Hitzebelastung im GZH deutlich höher ausfällt als im WBS 70-Gebäude. Dies ist allerdings insbesondere darauf zurückzuführen, dass sich letzteres bereits in einem sanierten Zustand (Wärmedämmung und Dreifachverglasung) – wenn auch ohne Hitzeanpassungsmaßnahmen – befindet und ein deutlich massiveres oberstes Geschoss (im Vergleich zum Dachgeschoss des GZH) aufweist.
- Sowohl die Gegenwartsjahre als auch in die Zukunftsjahre zeigen eine regional sehr unterschiedlich ausfallende Hitzebelastung. Während im Gegenwartsjahr insbesondere die Regionen Köln und Stuttgart belastet sind, zeigt sich bei zukünftigen Klimabedingungen eine starke Zunahme in der Region Dresden, welche im Falle des WBS 70-Gebäudes sogar am stärksten hitzebelastet ist und im Falle des GZH zwischen den Regionen Köln-Bonn und Stuttgart liegt. Auch die Hitzebelastung in Potsdam nimmt im Zukunftsjahr deutlich zu. Die verhältnismäßig starke Zunahme der Hitzebelastung in Dresden und zum Teil auch Potsdam deutet sich bereits im Vergleich der charakteristischen Jahreskennzahlen zwischen Gegenwarts- und Zukunftsjahren an. Dort sticht insbesondere Dresden mit einer starken Zunahme heißer Tage, warmer Nächte und Hitzewellen hervor.
- Weiterhin zeigen die Ergebnisse einen sehr starken Einfluss der Berücksichtigung des Stadtklimas auf die Hitzebelastung im Gebäude. Die Auswirkung des Stadtklimas sind dabei im Kontext der Hitzebelastung ohne

Stadteffekt zu betrachten, d. h., liegt bereits eine hohe Hitzebelastung vor, so wirkt sich der Stadteffekt geringer aus, als wenn die ursprüngliche Hitzebelastung niedrig ausfällt. Je nach Region und betrachtetem Klimadatensatz (Gegenwart/Zukunft) liegt die Spannweite der Steigerung der Übertemperaturgradstunden ungefähr zwischen Verdopplung und einem Verfünffachen, wobei diese Faktoren immer in Relation zur ursprünglichen Hitzebelastung zu sehen sind. Insbesondere die Städte Hamburg und Köln sind besonders vom Stadtklima betroffen sind, da diese auch den höchsten UH<sub>max</sub> aufweisen (Tabelle 5).

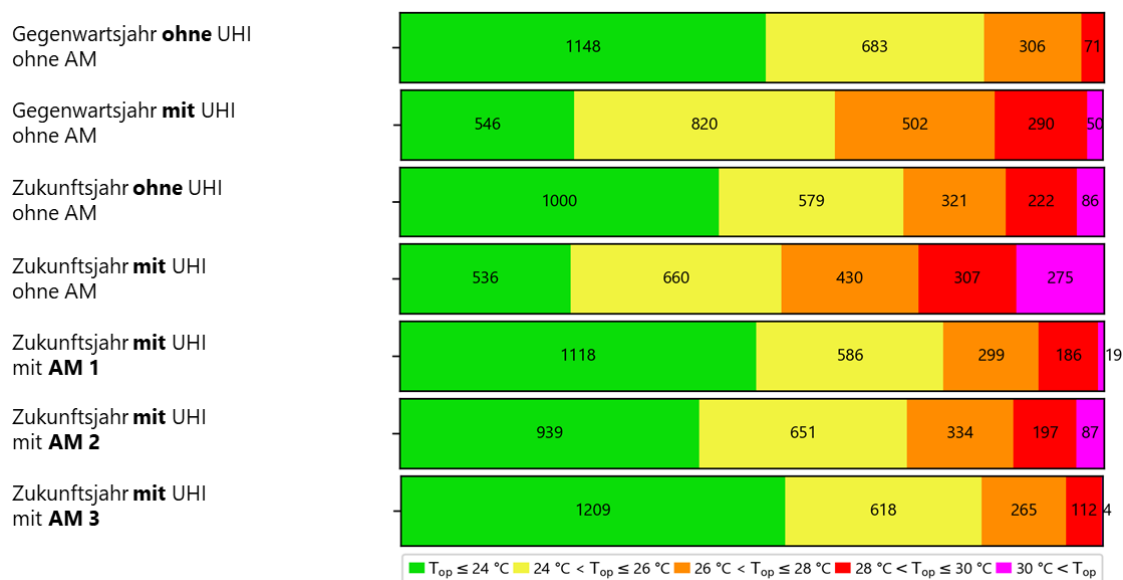


Abbildung 10: In den Steckbriefen dargestellte stündliche Verteilung der operativen Temperatur für das Gebäude der Gründerzeit und verschiedene Simulationen (Gegenwartsjahr, Zukunftsjahr, Stadtklima und verschiedene Anpassungsmaßnahmen).

- Durch die Simulationsergebnisse wird deutlich, wie wichtig eine Berücksichtigung zukünftiger Klimabedingungen und des Stadtklimas bei der Bewertung der Hitzebelastung in Gebäuden ist und dass diese in der Normung zum sommerlichen Wärmeschutz berücksichtigt werden sollten. Gleichzeitig zeigt sich die Notwendigkeit, die Regionalität einzubeziehen, die nicht nur unter gegenwärtigen Bedingungen zu unterschiedlicher Hitzebelastung führt, sondern auch in Zukunft zu regional unterschiedlich stark ausgeprägten Zunahmen der Hitzebelastung. Eine überarbeitete Bewertungsmethodik erfordert unter diesem Gesichtspunkt zusätzliche Robustheit.
- Die betrachteten Anpassungsmaßnahmen erweisen sich unter gegenwärtigen Bedingungen sehr effektiv und können die Hitzebelastung auf erträgliche Maße verringern. Gleichzeitig zeigt sich in zukünftigen Szenarien mit Stadteffekt, dass mit den Anpassungsmaßnahmen zwar noch eine deutliche Verringerung der Hitzebelastung erzielt werden kann, diese jedoch je nach angesetzter Grenztemperatur (ÜTG<sub>26</sub> oder ÜTG<sub>norm</sub>) in einigen Fällen noch relativ hoch ausfällt. Relativ unabhängig von der Region erweisen sich hier an erster Stelle die nächtliche Querlüftung, an zweiter die Abluftanlage in Kombination mit dem Sonnenschutz und an letzter Stelle die Nachtlüftung (ohne Querlüftung) am effektivsten. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass in Städten in der Zukunft voraussichtlich eine Kombination verschiedener Anpassungsmaßnahmen notwendig sein wird, wobei zu berücksichtigen ist, dass sich diese Erkenntnisse auf die betrachteten Regionen, die gewählten Randbedingungen sowie das unsanierte Gründerzeithaus beziehen und nicht ohne weiteres verallgemeinert werden können.

### Arbeitspaket 2.3: Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen Gebäuden und Freiraum auf Quartiersebene

- In Abstimmung mit der TUD wurden visionäre Anpassungskonzepte für die Quartiere Erfurter Oststadt und Dresden-Gorbitz entwickelt und deren detaillierte Umsetzung in der Stadtklimasimulation besprochen. Generelle Fragen und Anforderungen an diese wurden diskutiert sowie Randbedingungen und Informationen über die Simulationsprogramme (Stadtklimasimulation: ENVI-met, Gebäudesimulation: IDA ICE) definiert. Die visionären Anpassungskonzepte umfassen:
  - Geweißte Dächer
  - Geweißte Straßen
  - Fassadendämmung
    - Entfernung der Dämmung in Dresden (da bereits vorhanden)
    - Hinzufügen von Fassadendämmung in Erfurt
  - Intensive Dachbegrünung
  - Umfassende Begrünung des Quartiers
    - Fassadenbegrünung in Dresden
    - Begrünung von zwei Hauptverkehrsachsen mit Stadtbäumen in Erfurt
  - Belüftung des Quartiers durch Entfernung von Gebäuden
  - Maßnahmenkombinationen
- In der Maßnahmenkombination wurden die Szenarien kombiniert, die sich – nach Auswirkung der Einzelszenarien – am effektivsten erwiesen und gleichzeitig noch als potenziell umsetzbar angesehen werden können. Daraus gingen für Dresden die Kombination aus weißen Dächern und Fassadenbegrünung und in Erfurt die Kombination aus weißen Dächern, Fassadendämmung und Begrünung des Quartiers durch Stadtbäume hervor.
- In Zusammenarbeit mit den Landeshauptstädten Dresden und Erfurt sowie der TUD wurde sich zu geeigneten Gebieten für realistische Hitzeanpassungs- und Entwicklungsszenarien in Dresden-Gorbitz und der Erfurter Oststadt ausgetauscht.
- Durch das IÖR wurden Recherchen zur geplanten Nutzung einer Fläche in Dresden-Gorbitz zwischen dem Wölfnitzer Ring und der Kesselsdorfer Straße angestellt. Seitens der Eigentümerin wurde bekannt gegeben, dass derzeit keine Pläne für eine Bebauung existieren, gleichzeitig aber keine Prognosen für die Nutzung in 10 oder 15 Jahren möglich sind.
- Nach diesen Vorabrecherchen wurden schließlich in Abstimmung mit den anderen AP-Beteiligten in einem Workshop die zu untersuchenden realistischen Anpassungsmaßnahmen in Erfurt und Dresden beschlossen. Dabei wurden folgende Maßnahmen festgelegt:
  - Erfurt
    - Umgestaltung und Begrünung des Leipziger Platzes und westlicher Bereiche sowie
    - Abriss und Verdichtung der Wohnbebauung im Gebäudeinnenhof am AZURIT Seniorenzentrum Erfurt
  - Dresden
    - Eine Nutzungsänderung der Fläche zwischen Wölfnitzer Ring und Kesselsdorfer Straße (Entsiegelung und parkähnliche Gestaltung sowie Bebauung, Parkplatzflächen & Ausgleichsbaumpflanzungen),
- Zwischen den Projektpartnern HTW, TUD und IÖR wurde sich detailliert über die physikalischen Eigenschaften der betrachteten Mehrfamilienhäuser aus HRC I (Gründerzeithaus und Mehrfamilienhaus des industriellen Wohnungsbaus) ausgetauscht, um diese in den Stadtklimasimulationen mit ENVI-met adäquat zu berücksichtigen. Eine Herausforderung stellten dabei mehrschichtige Wand- und Dachaufbauten in den Gebäuden dar, welche bei der Umsetzung in ENVI-met eine Vereinfachung erforderten.

## Gebäudesimulationen

- Die Ergebnisse der Stadtklimasimulationen der verschiedenen Szenarien inklusive des Referenzszenarios (Ist-Zustand) wurden dem IÖR durch die TU Dresden übermittelt. Die Daten aus der Stadtklimasimulation umfassen die für Gebäudesimulationen relevanten Größen (Außentemperatur, relative Luftfeuchte, direkte und diffuse Solarstrahlung, Windgeschwindigkeit und Windrichtung), welche an zuvor festgelegten Punkten im Stadtgebiet auf verschiedenen Höhen (1 m, 13 m, 62 m) entnommen wurden.
- Aus den Ergebnissen der Stadtklimasimulation wurden in Anlehnung an SCHÜNEMANN et al. (2020a;b) Klimadatensätze (28-tägige synthetische Zeitreihen) für die Gebäudesimulationen erstellt, welche sich aus folgenden Elementen zusammensetzen:
  - Einschwingphase: 14 Tage bewölkter, durchschnittlicher Sommertag aus einer ENVI-met-Stadtklimasimulation mit einem Bewölkungsgrad von 3/8 und einer Initiallufttemperatur von 22 °C.
  - Übergangsphase: Ergebnisse (2 Tage) der szenario-spezifischen Stadtklimasimulation mit heißen klaren Sommertagen (28 °C Initiallufttemperatur und keine Bewölkung)
  - Hitzeperiode: 12-tägige "Hitzeperiode", bestehend aus 12-maliger Kopie des 2. Tages aus der Übergangsphase.
  - Die Übergänge zwischen Einschwingphase und Übergangsphase sowie jene zwischen den einzelnen Tagen der Hitzeperiode wurden linear interpoliert.
  - Die Zeitreihen wurden schließlich datumstreu in einen vorhandenen Jahreswetterdatensatz integriert und in das für die Gebäudesimulationen mit der Software IDA ICE benötigte Format überführt.
- Zur automatisierten Erstellung der Datensätze wurde ein Pythonskript erstellt, welches auch für folgende Forschungsprojekte nutzbar ist und das Vorgehen zur Erstellung der Datensätze reproduzierbar macht. Zusammen mit den Klimadatensätzen der visionären Szenarien ist dies in einem öffentlichen Repository verfügbar (Kriesten and Moderow, 2023a, 2023b).
- Für die Durchführung der Gebäudesimulationen wurden die bereits in HRC I genutzten Gebäudemodelle (Gründerzeithaus und Gebäude des industriellen Wohnungsbaus) herangezogen und für das AP 2.3 szenarienspezifisch angepasst. Dies bedeutet, dass Szenarien, welche neben dem Stadtklima auch direkt das Gebäude betreffen (weiße Dächer, Fassadenbegrünung, Dachbegrünung, Fassadendämmung) im Gebäudemodell berücksichtigt wurden. Die Berücksichtigung dieser Szenarien wurde an den Gebäuden intern am IÖR diskutiert und abschließend wie in Tabelle 6 dargestellt modelliert:

Tabelle 6: Übersicht über die szenarienspezifische Anpassung der Gebäudemodelle.

Szenario	Dresden	Erfurt
Weißer Dächer	Erhöhung der Albedo (Dach) auf 0,8	
Dachbegrünung	Anpassung Dachaufbau auf von 4 cm auf 20 cm (Beton) Zusätzliche Bodenschicht (90 cm) Anpassung Albedo (Dach) von 0,5 auf 0,7	Erstellung Flachdach mit 20 cm Beton 16 cm PUR Dämmung Zusätzliche Bodenschicht (90 cm) Anpassung Albedo (Dach) von 0,5 auf 0,7
Fassadendämmung	Entfernung 10 cm PS Dämmung	Außendämmung 8 cm mit $\lambda = 0,35$ W/(mK)
Fassadenbegrünung	Anpassung der Albedo (Fassade) auf 0,8	

- Die Gebäudemodelle sowie eine ausführlichere Beschreibung der Gebäuderandbedingungen der und der Anpassung auf Gebäudeebene stehen ebenfalls in einem öffentlichen Repository zur Verfügung (Kriesten, 2023d).

- Von einer Bewertung der Szenarien auf Gebäudeseite unter Einbeziehung der Indikatoren aus AP 1.1 wurde abgesehen, da die entwickelten Indikatoren nicht für die hier genutzte Methodik einer Zeitreihe mit Hitzeperiode geeignet sind. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Indikatoren das Adaptionsvermögen des Menschen an Hitze in Abhängigkeit von der Außentemperatur berücksichtigen. Dieses Vorgehen ist sinnvoll, wenn es sich um real auftretende Messdaten handelt, nicht aber bei einer „synthetischen“ Zeitreihe, die letztendlich eine Extremsituation, bestehend aus einem 14-tägigen Aufeinanderfolgen eines immer identischen, sehr heißen Tages simuliert. Aus diesem Grund erfolgte die Bewertung der Wirksamkeit eines Szenarios auf Gebäudeebene, indem die operativen Temperaturdifferenzen (DIN 4108-2: 2013-02) um 4:00 Uhr und 18:00 Uhr am letzten Tag der simulierten Zeitreihe zwischen dem jeweiligen Szenario und dem Referenzszenario berechnet wurden. Das Referenzszenario spiegelt dabei die realen Bedingungen im Quartier wieder.
- Die Auswertung der Ergebnisse zeigte für die realitätsnahen quartierspezifischen Szenarien sowie das Belüftungsszenario der Quartiere nur geringe und zum Teil sehr lokale Effekte, die in ihrer Wirkung dann sehr stark von den angenommenen Randbedingungen abhängen (z. B. Gebäudeorientierung, ausgewerteter Raum, Windrichtung im Stadtklimamodell etc.) und deutlich umfangreichere Untersuchungen erfordern, um allgemeingültige Aussagen abzuleiten. Aus diesem Grund beschränkte man sich für die Darstellung der Ergebnisse in den Bewertungsmatrizen auf jene Szenarien, die eine flächendeckende Wirkung auf das Mikroklima im Quartier zeigten und sich besser verallgemeinern lassen.
- Die Bewertungsmatrizen sind quantitativer Natur und zeigen auf, welche Tendenzen der Wärmebeeinflussung bei einzelnen Szenarien auf Freiraum und Gebäudeebene beobachtet wurden. Damit wird eine Entscheidungshilfe bereitgestellt, welche Szenarien zukünftig detaillierter betrachtet werden sollten, auf kommunaler Ebene für konkrete Umsetzungen infrage kommen oder vielversprechend für weitere wissenschaftliche Analysen sind. Es ist dabei zu beachten, dass lediglich Informationen zur Wärmebelastung einfließen und positive Nebeneffekte, wie Biodiversität, Regenwasserrückhalt, subjektive Wahrnehmung etc., nicht Teil der Untersuchungen waren. Die Bewertungsmatrizen stehen in einem öffentlichen Repository zur Verfügung (Kriesten et al., 2024, 2023).
- Um weitere Hintergrundinformationen zu den in der Bewertungsmatrix dargestellten Szenarien zu liefern und diese besser einordnen zu können, wurden zusätzliche erläuternde Steckbriefe erstellt (Kriesten et al., 2024). In diesen werden die betrachteten Szenarien detailliert beschrieben und ihre Wirkung eingeordnet, zudem erfolgt eine Gegenüberstellung der verschiedenen Szenarien.
- In der Entwicklungsphase der Bewertungsmatrizen und der ergänzenden Steckbriefe wurden diese den Vertretern der Stadt Dresden präsentiert, um Verständnisprobleme und Rückfragen im Entwurf zu berücksichtigen.
- Die Ergebnisse des Arbeitspaketes sind in den Bewertungsmatrizen und Steckbriefen umfassend dargestellt. Generell lässt sich zusammenfassen, dass die Änderungen des Mikroklimas im Freiraum durch die Anpassungsmaßnahmen Auswirkungen auf das Innenraumklima in den Gebäuden haben. Bezogen auf den Innenraum erweisen sich Maßnahmen als besonders effektiv, welche den Strahlungseintrag über die Dachhaut reduzieren (Szenario „Weiße Dächer“ und „Dachbegrünung“), was auch auf die betrachteten – und am stärksten belasteten – Räume (oberstes Geschoss/Dachgeschoss) zurückzuführen ist. Aber auch das nur im Freiraum wirkende Szenario „Weiße Straßen“ und das realitätsnahe Szenario „Stadtbäume“ wirken kühlend auf die Gebäude.

### Arbeitspaket 3.1 Verstetigung der Klimaanpassung als kommunale Verwaltungsaufgabe – Perspektiven, Rollen und Zuständigkeiten

**Ziele:** Die Arbeiten basieren auf Akteurs- und Governanceanalysen des Projektes HRC I (Baldin and Sinning, 2022) und sind in Teilen auch als deren Fortführung und Vertiefung zu verstehen. Im Fokus der Analysen standen das institutionelle Umfeld und die weiteren Bedingungen für die Umsetzung von Klimaanpassung bzw. für die Verstetigung der Anpassung an die Folgen des Klimawandels und insbesondere an Hitze im Verwaltungshandeln. Im Mittelpunkt stand die Vertiefung der Analyse von Rollen und Zuständigkeiten in Form einer Systematisierung typischer Aufgaben zur Hitzevorsorge in der kommunalen Klimaanpassungsgovernance. Wesentliches Ziel war

darüber hinaus die Definition und Entwicklung von Ansätzen zur verbesserten Kooperation zwischen den verschiedenen Verwaltungseinheiten, um weiterhin Umsetzungs- und Kommunikationshemmnisse bei Hitzeanpassungsmaßnahmen abzubauen. Grundlagen hierfür waren Teils die in HRC I analysierten Hemmnisse sowie zusätzliche Recherchen, Analysen und Interviews.

Als Klimaanpassungs-Governance auf kommunaler Ebene verstehen wir das explizite und implizite gemeinsame Wirken verschiedener kommunalen Akteure zur Gestaltung des politischen und institutionellen Rahmens für die inhaltliche Befassung mit dem Thema Klimaanpassung zur gezielten Entwicklung spezifischer Steuerungsinstrumente bis hin zu einer impliziten Integration von Kontexten, Zielen und Maßnahmen der Klimaanpassung in Prozessen und Dokumenten der Stadtverwaltung (Abbildung 11).

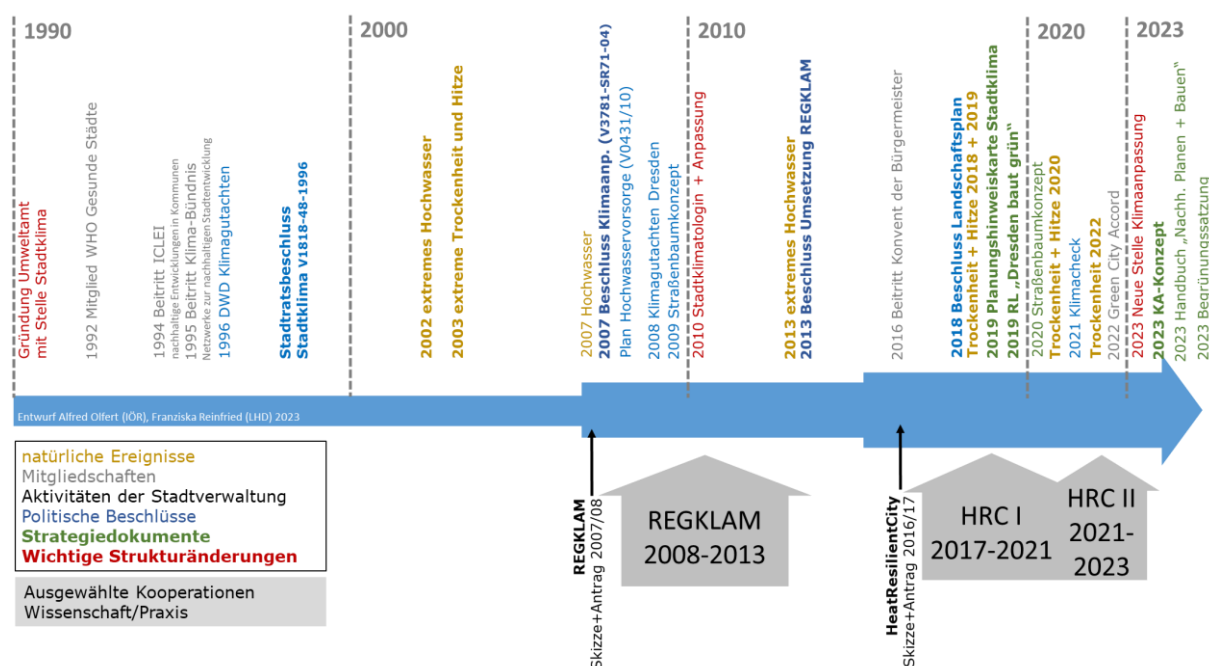


Abbildung 11: Überblick wichtiger Ereignisse und Prozesse mit unmittelbarem Bezug zur Klimafolgenanpassung in Dresden seit 1990

Die zugrundeliegenden Analysen stützen sich auf quantitative und qualitative Daten aus einer Befragung der Verwaltungsmitarbeitenden (499 bis 901 Personen) und auf Interviews mit sieben Amts- und Geschäftsbereichsleiter:innen der Stadtverwaltung Dresden sowie auf die quantitativen und qualitativen Analysen von Strategie- und Plandokumenten der Stadtverwaltung sowie des Dresdner Amtsblattes. Von ca. 5.686 Beschäftigten mit Netzzugang (MIS), haben 1.022 Personen die Befragung geöffnet. Von diesen liegen 901 teilweise (mindestens eine Frage beantwortet) bis 496 vollständig ausgefüllte (alle Fragen beantwortet, ohne Beachtung der optionalen offenen Fragen) Fragebögen vor. Alle Geschäftsbereiche sind in den Ergebnissen repräsentiert (Abbildung 12). Die Geschäftsbereiche Umwelt- und Kommunalwirtschaft (GB 7), Stadtentwicklung (GB 6) und der Bereich Oberbürgermeister (GB 1) sind in unterschiedlichen Maße bei den vollständigen Fragebögen überrepräsentiert. Die anderen Geschäftsbereiche sind entsprechend unterrepräsentiert.

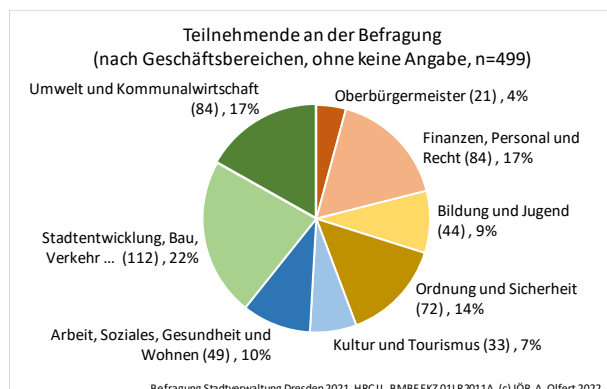


Abbildung 12: Beteiligung der Geschäftsbereiche in der Befragung

Die insgesamt große Stichprobe erlaubt einen Einblick in die Wahrnehmungen und Bewertungen der Mitarbeiterinnen der Stadtverwaltung Dresden. Aufgrund der Art der Stichprobenahme liegt eine Repräsentativität im statistischen Sinne nicht vor. Dennoch gibt die Befragung einen substanziellen Einblick in die Sichtweisen der Beschäftigten quer über die verschiedenen Fachzugehörigkeiten, Erfahrungsstufen oder zum Alter der Beschäftigten hinweg. Die vollständig ausgefüllten Fragebögen wurden von Personen in Führungsposition (13 %) und ohne eine solche (87 %) bereitgestellt. Deutlich mehr Frauen (66 %) als Männer haben sich beteiligt, was jedoch auch dem höheren Beschäftigtenanteil von Frauen entspricht. Auffällig ist, dass sich mehrheitlich Personen mit einer Zugehörigkeitsdauer zur Stadtverwaltung von unter 10 Jahren beteiligt haben. Für ca. 45 % der Befragten liegen keine Angaben über die Zugehörigkeit zu Geschäftsbereichen, Geschlechtern oder Erfahrungsstufen vor.

### Zusammenfassender Ergebnisüberblick

Das Themen Klima- und Hitzeanpassung sind grundsätzlich im kommunalen Diskurs der Stadt Dresden angekommen. Eine Beschäftigung mit Themen des Klimawandels und der Klimaanpassung ist bereits seit den frühen Jahren nach 2000 in einer Reihe von Stadtratsbeschlüssen, der Beteiligung an unterschiedlichen Verbundprojekten und einer stetigen Erweiterung von Kooperationen in Bündnissen wie dem Klima-Bündnis oder im Konvent der Bürgermeister zu erkennen (Abbildung 11). Eine Analyse des Amtsblattes und der kommunalen Plandokumente zeigt, dass Themen der Klimaanpassung insbesondere in Konzepten und Plänen häufiger und zunehmend konkret behandelt werden (Abbildung 13, Abbildung 17). Unter den Beschäftigten der Stadtverwaltung besteht grundsätzlich eine hohe Sensibilität für Themen des Klimawandels und der Klimaanpassung. Insbesondere die Hitze- und Dürreereignisse seit 2018, der dürrebedingte Verlust von Grün und die persönliche Belastung durch überwärmte Arbeitsplätze haben das Bewusstsein für die Problemschärfe und die Handlungsnotwendigkeit bei den Beschäftigten der Stadtverwaltung verstärkt. Zugleich besteht, auch bestätigt durch Gespräche mit der Leitungsebene, die Einschätzung, dass Sensibilität für und Akzeptanz der Aufgabe Klimaanpassung insbesondere auf den Leitungsebenen noch nicht ausreichend ausgeprägt ist.

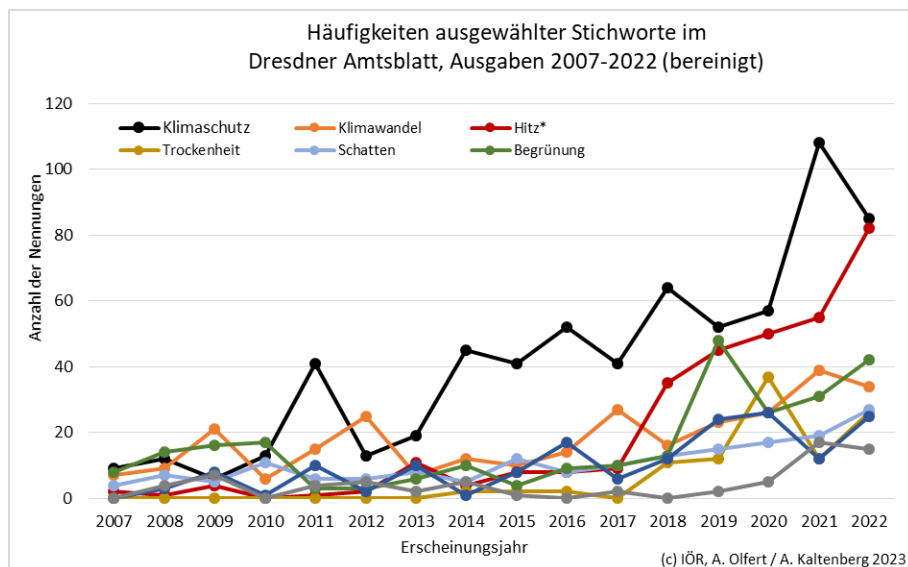


Abbildung 13: Häufigkeiten ausgewählter Stichworte im Dresdner Amtsblatt, Ausgaben 2007-2022

Auffällig ist die Sektor- und Hierarchieebenen-übergreifende Wahrnehmung und Akzeptanz von Klimawandelfolgen und insbesondere Hitze als Arbeitsaufgabe der Stadtverwaltung. Eine Mehrheit der befragten Beschäftigten der Stadtverwaltung nimmt die Folgen des Klimawandels bereits auch in der eigenen Arbeit als bedeutend wahr. Jedoch wird zugleich eine große Diskrepanz zwischen der Beschäftigung mit Klimafolgen in der Verwaltungsarbeit und der tatsächlichen Berücksichtigung der Klimaanpassung im Verwaltungshandeln konstatiert (Abbildung 14). Die Berücksichtigung von Klimaanpassung in der Stadtentwicklung, im Hochbau, im Tief- und Straßenbau, in Genehmigungsverfahren oder beim Controlling durch die Bauaufsicht wird durch die Beschäftigten kaum wahrgenommen. Klimaanpassungsrelevante Elemente von Planungen fallen im Umsetzungsprozess oft der Abwägung durch fehlende strategische Prioritäten und quantitative Ziele zum Opfer oder gehen immer wieder mangels ausreichender Abstimmung und Prozessbegleitung fachlich kompetenter Stellen verloren.

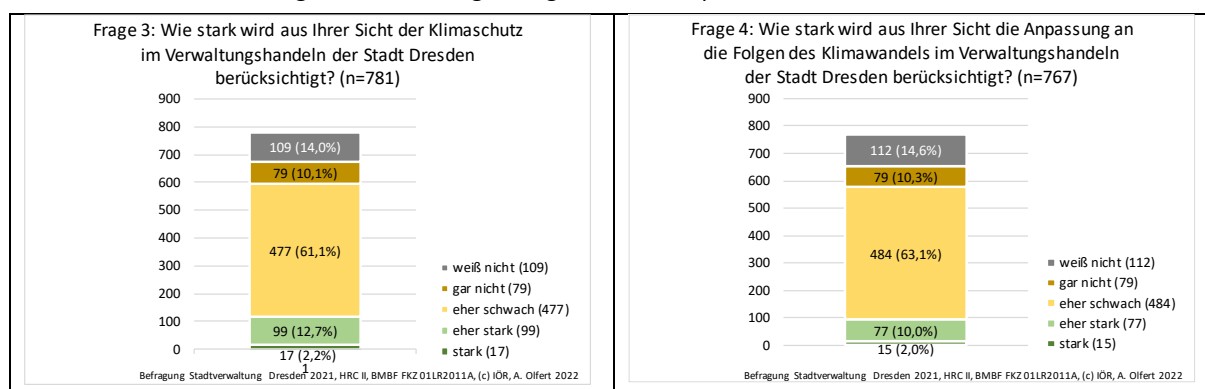


Abbildung 14: Berücksichtigung von Klimaschutz (Frage 3) und Klimaanpassung (Frage 4) im Verwaltungshandeln der Stadt Dresden

Zahlreiche praktische Maßnahmen der Klimaanpassung werden seit Jahren und verstärkt im Kontext des Klimawandels realisiert. Dies sind bisher vornehmlich kleinräumige Maßnahmen mit Bezug zu Baumpflanzungen und zur Gestaltung von Grün- und Freiflächen. So konnten zahlreiche umgesetzte Entsiegelungen (wenn auch oft als Ersatzmaßnahmen)- und Begrünungsaktivitäten identifiziert werden, letztere konsequent entlang einer für Dresden spezifizierten GALK-Straßenbaumliste (aktualisiertes Straßenbaumkonzept 2020). Als Reaktion auf trockenheitsbedingte Ausfälle bei Neupflanzungen wurde eine dreijährige Anwuchspflege als Bestandteil von Neupflanzungen von Straßenbäumen etabliert. Jedoch wirken oft die Begrenztheit von Flächen im städtischen Eigentum

oder Nutzungskonflikte limitierend. Lösungen können in einem strategischen Liegenschaftsmanagement und in innovativen Überpflanzungsvereinbarungen liegen, die teilweise bereits in Diskussion bzw. Erprobung sind.

Eine ressortübergreifende Offenheit der Akteure, Belange der Klimaanpassung in Planungsprozessen zu berücksichtigen, ist in Befragungen und Interviews ebenenübergreifend zu vernehmen. Anliegen von Umweltamt und Grünflächenamt finden zunehmend Beachtung. Experten der Ämter auch jenseits des Umweltamtes werden teils gezielt und frühzeitig im Planungs- und Umsetzungsvorhaben einbezogen und zwischenzeitlich konsultiert. Seit einigen Jahren besteht z. B. bei Straßen- und Hochbaumaßnahmen vermehrt das Bemühen, Großgrün gezielt zu erhalten.

Klimaanpassung ist bisher nicht grundsätzlich als Aufgabe oder Querschnittsaufgabe der Stadtverwaltung definiert oder formalisiert, was von vielen Beschäftigten immer wieder als Desiderat formuliert wird (Abbildung 15). Die meisten Aktivitäten mit Bezug zur Klimaanpassung erfolgen implizit bzw. basierend auf dem persönlichen Engagement von vielen Verwaltungsangestellten der Arbeits- und mittleren Leitungsebene. Anders als in typischen Veränderungsprozessen in Institutionen sind sehr viele Beschäftigten in Dresden über alle GB hinweg bereit für die Veränderung hin zu mehr Klimafolgenanpassung und akzeptieren auch eine eigene Verantwortung. Eine deutliche Verstetigungsdynamik ist in der Berücksichtigung der Klimaanpassung in Strategie- und Plandokumenten Stadtplanungsamtes, Umweltamtes, Grünflächenamtes, Hochbauamtes, Schulverwaltungsamtes, Gesundheitsamtes und auch anderer Ämter und Betriebe (z. B. Sportstätten) der Stadt Dresden deutlich erkennbar (Abbildung 16). Jedoch verläuft diese Dynamik vielfach „bottom up“, gespeist aus dem Engagement der Mitarbeiter:innen. Um Chancen und Synergien aus dem Zusammenwirken der verschiedenen Aufgaben zu nutzen, braucht es klare Impulse für die Klimaanpassung von der Verwaltungsspitze.

Frage 15: Was würde wesentlich dazu beitragen, die Umsetzung von Hitzeanpassungsmaßnahmen voranzubringen? (offene Frage, Mehrfachnennungen möglich, n = 178)

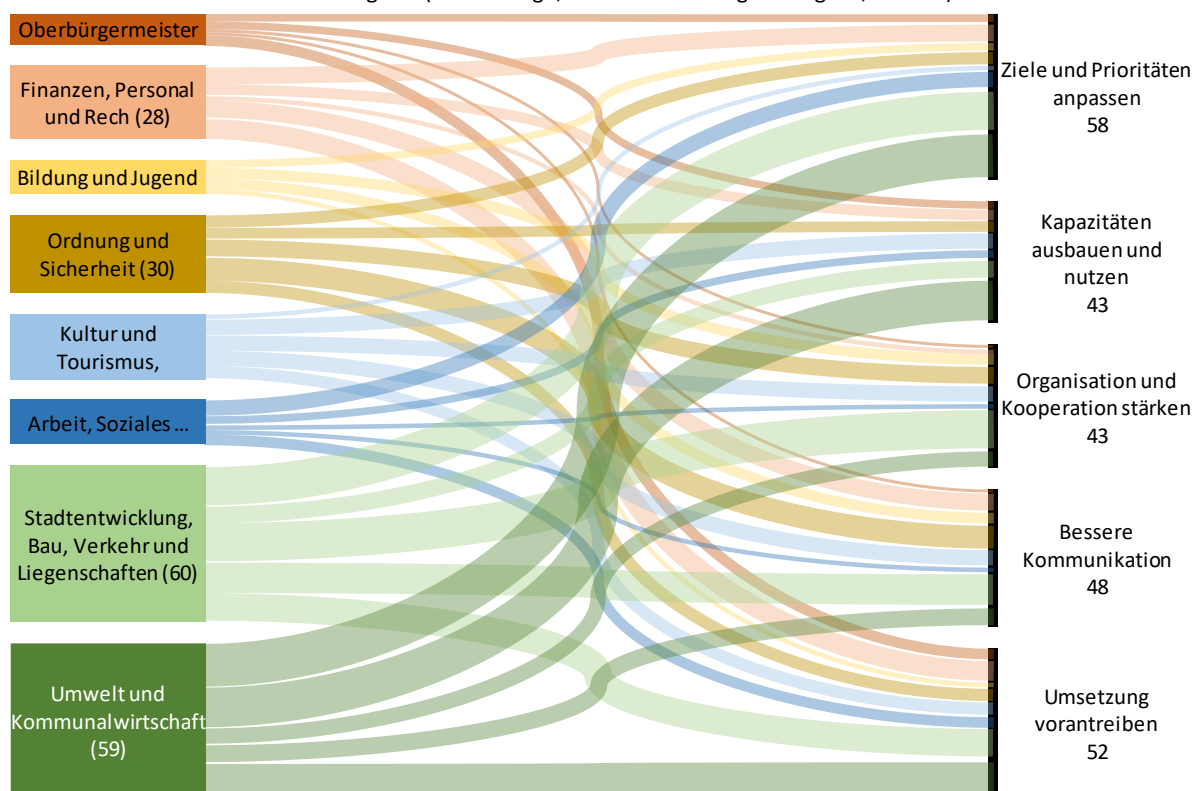


Abbildung 15: Erfordernisse, um Klimaanpassung im Verwaltungshandeln voranzubringen

Eine strategische Positionierung und Priorisierung von Klimaanpassungsmaßnahmen im Gefüge der kommunalen Entwicklungsziele ist bisher wenig zu erkennen. Eine Inhalt- und Ziel-Diskussion erfolgt implizit im Rahmen der

Erarbeitung von Konzepten und informellen Plänen, kann auf diesem Wege jedoch mangels eines verbindlichen Arbeitsauftrags kaum koordiniert, nicht legitimiert und nicht finanziell untersetzt werden und entfaltet daher potenziell nur begrenzt Wirkung. Mangels inhaltlicher Koordination wird zudem eine Unabgestimmtheit und Widersprüchlichkeit vieler Konzepte beklagt, was zu einer mehrfach konstatierten „Konzeptmüdigkeit“ und infolgedessen zu einer potenziellen Nichtbeachtung in Prozessen führen kann.

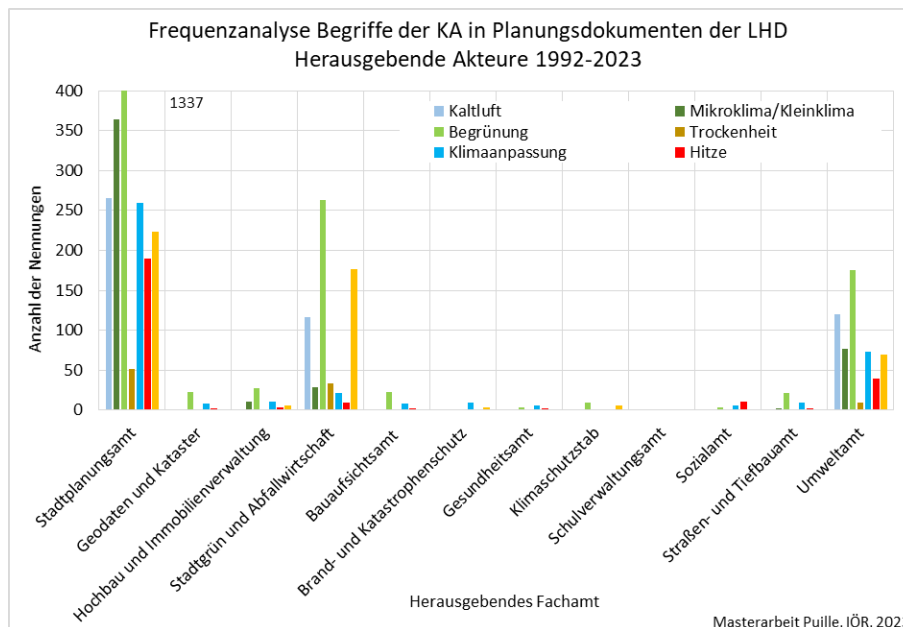


Abbildung 16: Verwendung von KA-Begriffen nach Akteur (Fachamt)

Ressortübergreifende Kommunikation zu Klimaanpassung findet in informellen Formaten statt. Es fehlen formalisierte und mit Ressourcen untersetzte Aufgaben, Kooperationsstrukturen, Koordination innerhalb und zwischen den Ressorts, Netzwerke innerhalb der Stadtverwaltung oder ein Ziel-Controlling von Aspekten der Klimaanpassung in Planung und Umsetzung – z. B. durch die Bauaufsicht. Ein Interesse der Akteure an einer besseren Kooperation und Koordination ist deutlich ausgeprägt, scheitert aber an der nicht vorhandenen Institutionalisierung der Aufgabe. Die fehlende Zuordnung personeller Kapazitäten führt zur Verlangsamung der bereits initiierten Prozesse wie der Entwicklung des Klimaanpassungskonzepts.

Verstärkt findet eine weiterhin implizite aber immer konkreter werdende Integration von Belangen der Klimaanpassung in unterschiedlichen Prozessen der Strategieentwicklung, Konzeptualisierung und Planung statt, jedoch bisher v. a. in Instrumenten mit beschränkter Verbindlichkeit und Reichweite. Spätestens seit 2018 ist ein deutliches Erstarken der klimawandelbezogenen Themen im Amtsblatt und in zahlreichen Strategie- und Plandokumenten der Stadtverwaltung vorzufinden (Abbildung 17). Dies gilt für Instrumente unterschiedlicher räumlicher Zuschnitte (gesamstädtisch bis gebietsbezogen) und unterschiedlicher Verbindlichkeit – von rein konzeptionellen Dokumenten (Rahmenpläne, Leitbilder) über Entwürfe informeller (INSEK „Zukunft Dresden 2035+“, März 2023) und formeller Pläne (Flächennutzungsplan 2020), Richtlinien und Leitlinien bis hin zu einzelnen Bebauungsplänen. Als potenziell wichtige Meilensteine zur Stärkung der Klimaanpassung sind bereits eine Reihe formeller und informeller, zumeist sektoraler Instrumente entstanden, wie der aktuelle Landschaftsplan (2018), die Neuauflage des Straßenbaumkonzepts (2020), die kommunale Richtlinie „Dresden Baut Grün“ (2019). In Fertigstellung befinden sich darüber hinaus das „Klimaanpassungskonzept für die Landeshauptstadt Dresden“ und das „Handbuch für nachhaltiges Planen und Bauen“. Eine zentrale Herausforderung liegt in der Weiterführung dieser Prozesse hin zu Instrumenten einer größeren Rechtsverbindlichkeit, zu quantifizierten Zielen und zur Untersetzung der Klimaanpassung mit Kompetenzen und Ressourcen in Bereichen von Planung, Genehmigung, Controlling und nicht zuletzt Kommunikation.

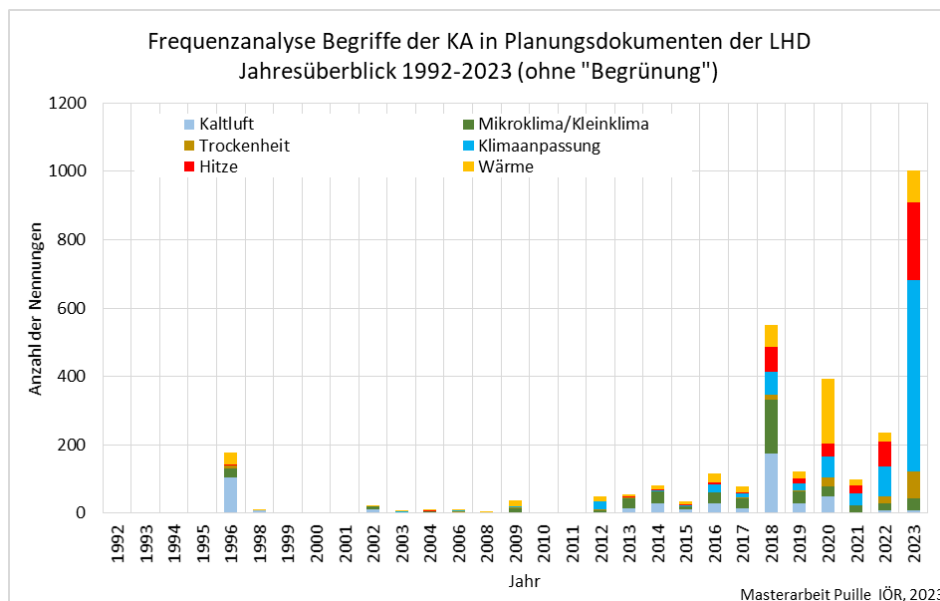


Abbildung 17: Übersicht der Nennungen KA-spezifischer Begriffe in Strategie- und Plandokumenten der Stadt Dresden

Während die Bedeutung der Klimawandelfolgen über alle Geschäftsbereiche hinweg hoch bis sehr hoch eingeschätzt wird, findet eine fachliche Beschäftigung mit den Themen der Klimaanpassung vornehmlich im Bereich Umwelt- und Kommunalwirtschaft statt. Das gilt auch für die am bedeutendsten wahrgenommenen Folgen für die menschliche Gesundheit. Dies schränkt die Möglichkeiten zur sektorübergreifenden Berücksichtigung von Anpassungsmaßnahmen und der Entwicklung konkreter Lösungen deutlich ein. So kann das Umweltressort sich meist nur in Form von Stellungnahmen einbringen und dabei lediglich auf Bedarfe hinweisen, hat jedoch weder den Handlungsauftrag noch die Kapazitäten, die Vielfalt der Themen, wie Schulbau, Neubau und Sanierung von Gebäuden, Verkehrsentwicklung oder Straßenbau, fachlich umfänglich zu bedienen. Das Gesundheitsamt als der wichtigste kommunale Kompetenzträger in Bezug auf Gesundheit hat weder das Mandat noch die Kapazitäten, noch die spezifischen Kompetenzen, um sich in Prozessen der Stadtentwicklung oder des betrieblichen Gesundheitsmanagements zu engagieren. Eine stärkere Einbeziehung des Gesundheitsamtes zeichnet sich bereits im Zuge der geplanten Hitzeaktionsplanung ab.

Insgesamt wird unter anderem der Mangel an personellen/finanziellen Ressourcen für die Aufgabe der Klimaanpassung als ein Haupthemmnis für die Stärkung der Klimaanpassung beschrieben. Anfang 2023 wurde eine zweite Stelle innerhalb der Stadtverwaltung geschaffen, die Klimaanpassung als Teilaufgabe beinhaltet. Eine im Geschäftsverteilungsplan vom März 2023 avisierte Ausweitung des Arbeitsauftrags des Klimaschutzstabs hin zu einem Stab für Klimaschutz und Klimaanpassung ist zugunsten des Klimaschutzes wieder zurückgestellt worden. Auch in allen anderen Bereichen fehlt eine Zuordnung und personelle Untersetzung der Aufgabe Klimaanpassung. Daher erscheint Klimaanpassung in der formellen Planung sowie in der Umsetzung in Hochbau, Straßen- und Tiefbau deutlich unterbelichtet und darf im Rahmen der Bauordnung durch die Vorgaben des im Freistaat Sachsen geltenden Fachrechts (Sächsische Bauordnung) generell nicht geprüft werden.

Als wichtiges Hemmnis wird auch der Mangel an spezifischem Wissen über Rahmenbedingungen und konkrete Handlungsoptionen der Klimaanpassung einschließlich gesetzlicher Regelungen, Finanzierungsmöglichkeiten oder fachlicher Grundlagen empfunden. Dazu gehört sowohl das Wissen selbst als auch das Wissen über die kompetenten Ansprechpartner bzw. Wissensträger innerhalb der Stadtverwaltung. Seit dem Jahr 2023 greift die Landeshauptstadt Dresden dieses Desiderat mit gezielten Fortbildungsveranstaltungen auf.

Hitze wird nicht nur als Arbeitsaufgabe, sondern zunehmend auch als eine bedeutende Einschränkung der Leistungsfähigkeit an den Arbeitsplätzen der Stadtverwaltung Dresden wahrgenommen. Dies betrifft insbesondere die noch nicht sanierten Gebäude. Bei Um- und Neubau von Verwaltungsgebäuden werden zunehmend außen-

liegende Verschattungen und seit 2020 auch vermehrt Optionen der Dach- und Fassadenbegrünung berücksichtigt, um die Wärmebelastung in Gebäuden zu reduzieren. Dazu ermöglichen flexible Arbeitszeitregelungen und das mobile Arbeiten individuelle Reaktionen auf Hitzebelastungen am Arbeitsplatz. Eine Vielzahl von Hinweisen aus der Mitarbeiter:innenbefragung und aus Interviews mit der Leitungsebene zeigen jedoch einen weiteren deutlichen Handlungsbedarf für Hitzeschutz an den Arbeitsplätzen der Stadtverwaltung auf.

Schließlich ist die Frage der Kommunikation von Erfordernissen und Möglichkeiten der Klimaanpassung nach außen ein grundsätzlich erwünschtes, aber weitgehend ungeklärtes und im Verwaltungshandeln nur marginal besetztes Handlungsfeld. Innerhalb der Stadtverwaltung unumstritten ist die grundsätzliche Bedeutung privater, privatwirtschaftlicher und gesellschaftlicher Akteure für eine Durchdringung der Klimaanpassung – aufgrund des nur geringen Flächenbestands im Besitz der Stadt Dresden, aber auch aufgrund der begrenzten Einflussmöglichkeiten des kommunalen Instrumentariums außerhalb des städtischen Flächen- und Immobilienbesitzes. Akteure der Stadtverwaltung sehen ihre Handlungsmöglichkeit aufgrund der gegebenen Rechtslage, aber auch hinsichtlich der für Kommunikation vorhandenen Kompetenzen und Kapazitäten als marginal an, die Klimaanpassung durch wirksame Kommunikation nach außen zu stärken. Hier besteht Bedarf nach einer Anpassung der Rahmenseetzungen im BauGB, aber auch in der Sächsischen Bauordnung. Grundsätzlich sind zahlreiche Akteure der Stadtverwaltung (auch jenseits des Umweltamtes) und auf unterschiedlichen Ebenen bedeutend für eine Kommunikation mit unterschiedlichen Akteursgruppen, z. B. das Amt für Stadtplanung und Mobilität, das Amt für Hochbau und Immobilienverwaltung sowie das Amt für Wirtschaftsförderung.

### Arbeitspaket 3.2 Kommunikationsstrategien für Wohnungswirtschaft, Bewohnerschaft und Verwaltung

**Ziele:** Im Zentrum des AP stand die Befähigung von entscheidungsbefugten, beratenden und umsetzenden Personen in Kommunen sowie in der Wohnungs- und Gebäudewirtschaft, die Inhalte von Hitze- und Gesundheitsvorsorge wissensbasiert in ihren Verantwortungsbereichen zu integrieren. Basierend auf den inhaltlichen Vorarbeiten wurden mithilfe von Bedarfs- und Akzeptanzanalysen spezifisch zugeschnittene, wirksame Kommunikationsinstrumente für die Sensibilisierung, Motivation und Qualifizierung der Adressaten inhaltlich und methodisch konzipiert und durch erfahrene Projektpartner umgesetzt. Im Ergebnis wurden die Akteure befähigt, Auswirkungen von Hitze im eigenen Wirkungsbereich zu bewerten, die eigene Verantwortung zu akzeptieren, Handlungsmöglichkeiten zu erkennen und spezifische Entscheidungen zur Hitze-Anpassung zu treffen. Die Qualifikationsangebote sollten durch eine Wirkungsevaluation begleitet werden.

Das IÖR war einerseits an der Konzeption und Umsetzung von zwei Kommunikationsansätzen beteiligt, mithilfe derer Akteure der kommunalen Verwaltungen sowie der Wohnungs- und Gebäudewirtschaft adressiert wurden:

1. Für die in Mitteldeutschland bedeutenden genossenschaftlichen und kommunalen Wohnungsanbieter und -verwalter wurden **gebäudetypenspezifische Qualifizierungskonzepte** erarbeitet und in Zusammenarbeit mit Fachverbänden in mindestens sechs überregionalen Veranstaltungen umgesetzt (HTW, IÖR).
2. Wissensbegründete Umsetzungshemmnisse in kommunalen Verwaltungen und Gremien der Kommunalpolitik (Teilergebnis aus AP 3.1) werden im Sinne des Capacity-Buildings durch spezifische **Informations- und Qualifizierungsangebote** adressiert (LHD, LHE).

Andererseits hat das IÖR maßgeblich das Evaluationskonzept entwickelt und gemeinsam mit Partnern, v. a. im Rahmen der Qualifikationsangebote der LHD, umgesetzt.

#### 1. Qualifizierungskonzepte für genossenschaftliche und kommunale Wohnungsanbieter und -verwalter

Die Qualifizierungskonzepte für a) Wohnungsbaugenossenschaften, b) Architekten und Ingenieure, c) Immobilienverwalter wurden präzisiert und in Abstimmung mit den kooperierenden Fachverbänden terminiert und beworben. Insgesamt sechs Veranstaltungen wurden realisiert.

**Weiterbildung für genossenschaftliche und kommunale Wohnungsunternehmen:** Hitzeanpassung im genossenschaftlichen und kommunalen Wohnungsbestand: wirksam, kosteneffizient, bestandsaufwertend

(1) Am 19.05.2022 in Kooperation mit dem Verband Thüringer Wohnungs- und Immobilienwirtschaft e.V. in Erfurt.

(2) Am 13.06.2022 in Kooperation mit dem Verband Sächsischer Wohnungsgenossenschaften e. V. in Dresden.

**Weiterbildung für Planerinnen und Planer aus Architektur- und Ingenieurbüros:** Zwischen Klimaschutz, Klimaanpassung und Wirtschaftlichkeit: Energieeffizienz und Hitzeschutz kosteneffizient in die Bau- und Sanierungsplanung integrieren

(3) Am 14.09.2022 von 13:00 bis 17:00 Uhr in Kooperation mit der Ingenieurkammer Sachsen in Dresden. Weitere Informationen und Anmeldung.

(4) Am 27.09.2022 von 12:30 bis 16:45 Uhr in Kooperation mit der Architekten- und Ingenieurkammer Thüringen und der Thega im Klimapavillon in Erfurt.

**Weiterbildungsveranstaltung für kommunale Stadtplanungsämter**

(5) 21.11.2022 Hitzeanpassung im Wohnungsbestand: wirksam, kosteneffizient, bestandsaufwertend und klimaschonend

(6) 09.03.2023 Vortrag bei den Dresdner Verwaltertagen: Der Sommer kommt bestimmt – Anpassung von Baukonstruktion und Haustechnik in Bestandsgebäuden an sommerliche Hitzeperioden. Eine vollständig vorbereitete

Eine speziell zur Weiterbildung für Hausverwalter\*innen konzipierte Veranstaltung am 29.09.2022 von 9:30 bis 16.00 Uhr in Kooperation mit dem Bundesfachverband Wohnungs- und Immobilienverwalter e. V. in Erfurt (Klimaneutraler Hitzeschutz in Bestandsgebäuden – was kommt auf Verwalterinnen und Verwalter zu?) wurde wegen der akuten Energiepreiskrise kurzfristig vom Veranstalter abgesagt.

## 2. Informations- und Qualifizierungsangebote für kommunale Verwaltungen

Auf Basis der in AP 3.1 ermittelten Informations- und Qualifizierungsbedarfe der Verwaltungsangestellten in Bezug auf Klimawandel, Klimaanpassung und Hitzevorsorge wurden detaillierte Empfehlungen an das Umweltamt Dresden formuliert. Vier spezifische Weiterbildungsveranstaltungen zum Thema Hitzeanpassung im Verwaltungshandeln wurden durch das Umweltamt konzipiert und im Fortbildungsprogramm 2023 der LHD platziert. Die Angebote wurden in Zusammenarbeit mit dem Sachgebiet Fortbildung des Haupt- und Personalamtes der Landeshauptstadt Dresden und weiteren Projektpartnern aus HRC II realisiert:

- Qualifikationsveranstaltung 1: Klima im Wandel – Basics für Dresden,
- Qualifikationsveranstaltung 2: Dach trifft grün – Grün trifft Dach,
- Qualifikationsveranstaltung 3: Fassade trifft grün – Grün trifft Fassade,
- Qualifikationsveranstaltung 4: Keep cool – Hitzevorsorge am Arbeitsplatz.

Die vier Qualifizierungen wurden als Fortbildungsreihe zu „Klima(anpassung) in Dresden“ in das städtische Fortbildungsprogramm aufgenommen. Sie waren somit für alle Beschäftigten offen und zugänglich, konnten entsprechend angekündigt und beworben werden. Die Kooperation mit dem Sachgebiet Fortbildung erleichterte die Organisation der Räumlichkeiten und die Bekanntmachung der Fortbildungsreihe in den Ämtern. Für die Planung und Realisierung der Qualifizierungsangebote der LHD wurde ein Qualifizierungskonzept erarbeitet (Keydel et al., 2023).

An den Qualifizierungsangeboten nahmen jeweils zwischen 20 und 27 Personen teil. Damit wurden die Kapazitäten der zur Verfügung stehenden Tagungsräume vollständig ausgeschöpft. Anmeldungen erfolgten über die mögliche Teilnehmerzahl hinaus, was das große Interesse der Mitarbeitenden zeigt. Das letzte Qualifizierungsangebot (QA 4) zu „Hitze am Arbeitsplatz“ wurde am stärksten besucht. Das Thema „Dachbegrünung“ wies die geringste Teilnehmerzahl auf.

### 3. Wirkungsevaluation der Qualifizierungsangebote

Für die **Wirkungsevaluation** im Rahmen HRC II wurde ein Einzelmaßnahmen-orientiertes Prä-Post-Evaluationsdesign umgesetzt, welches – basierend auf aktuellen Erkenntnissen der Evaluationsforschung – wichtige Wirkungsfaktoren berücksichtigt und im Evaluationskonzept operationalisiert (Olfert and Keydel, 2023). Sowohl vor als auch nach der Qualifizierung erhielten die Teilnehmenden einen Online-Fragebogen (Vorher-Nachher-Befragung), um kausale Aussagen zur Wirksamkeit von Strategie und Format der Fortbildungsveranstaltung zu erzielen. Individuelle Interessenschwerpunkte konnten bei der Vorher-Befragung benannt werden, um die Qualifizierungsangebote gezielter an die Bedarfe der Teilnehmenden anzupassen. Es sollten die Zufriedenheit mit der inhaltlichen Ausgestaltung sowie der Nutzen für die eigene Arbeit im Amt von den Teilnehmenden sowie der inhaltlich-fachliche Erkenntnisgewinn bewertet werden.

Die Befragung vor dem Qualifizierungsangebot fand als Online-Befragung statt. Der Link zu dieser wurde den Teilnehmenden in einem Zeitraum von 3 bis 12 Tagen vor dem jeweiligen Qualifizierungsangebot per E-Mail zugesandt. Personen, die sich kurzfristig angemeldet hatten, erhielten den Fragebogen wenige Tage vor dem Qualifizierungsangebot. An der Vorher-Befragung nahmen zwischen 38 % und 58 % der angemeldeten Personen teil. Die meisten Fragebögen wurden vor dem ersten (Klima im Wandel – Basics für Dresden) und letzten (Keep cool – Hitze am Arbeitsplatz) Qualifizierungsangebot ausgefüllt. Der geringste Rücklauf der Vorher-Befragung wurde bei der Qualifizierung „Fassadenbegrünung“ verzeichnet.

Die Fragebögen zur Nachher-Befragung wurden am Ende des jeweiligen Qualifizierungsangebotes den Teilnehmenden ausgehändigt und ebenda wieder eingesammelt. Zwischen 67 % und 91 % der Teilnehmenden füllten den Fragebogen aus. Mit 91 % Rücklaufquote beteiligten sich besonders viele Teilnehmende an der Nachher-Befragung zum Qualifizierungsangebot „Dachbegrünung“. Die wenigsten Teilnehmenden gaben den Fragebogen nach der Qualifizierung zu „Hitze am Arbeitsplatz“ ab.

### 4. Ergebnisse der Wirkungsevaluation

Die aus der Mitarbeiterbefragung abgeleiteten Qualifizierungsangebote haben durch die Implementierung in das städtische Fortbildungsprogramm eine große Sichtbarkeit erreicht. Darüber hinaus konnten die Qualifizierungsangebote in den verschiedenen Ämtern gezielt beworben werden, was letztlich zu einer hohen Verbreitung der Qualifizierungsangebote und damit zu einer großen Teilnehmerzahl geführt hatte.

Nicht zuletzt schafft auch die persönliche Betroffenheit der Beschäftigten am Arbeitsplatz, wie die Ergebnisse zeigen, eine große Sensibilität für die verschiedenen Facetten dieser Thematik. Die hohen Teilnehmerzahlen an den verschiedenen Veranstaltungen zeigen deutlich, dass auch großes fachliches Interesse an klimawandelbezogenen Themen besteht, wie klimatischen Veränderungen, Klimaschutz und Klimaanpassung vor Ort, insbesondere an praktischen Umsetzungsbeispielen. Dies bestätigen auch die Auswertungen der Fortbildungsstelle der LHD – 70 % bis 85 % der Befragten der Qualifizierungsangebote 1 bis 3 gaben an, aus persönlichem Interesse und/oder aufgrund der Relevanz des Themas an den Qualifizierungsangeboten teilgenommen zu haben. Besonders bei der Veranstaltung „Hitze am Arbeitsplatz“ wurde auch die persönliche Betroffenheit der Teilnehmenden sichtbar.

Für die Wirkungsevaluation erscheinen zwei Kontextfaktoren von grundsätzlicher Bedeutung. Erstens ist dies die Qualität der evaluierten Veranstaltungen. Laut Einschätzungen der Teilnehmenden wurden die Qualifizierungsangebote durchweg sehr positiv in ihrer generellen inhaltlichen Qualität, aber auch in Bezug auf die Interaktion mit den Teilnehmenden bewertet. Zweitens ist dies die Prädisposition der Teilnehmenden gegenüber den in den Veranstaltungen behandelten Themen. Entsprechend der Antworten im jeweils ersten Teil der Prä-Post-Befragung kann davon ausgegangen werden, dass die meisten Teilnehmenden bereits vor den Qualifikationen über eine hohe Sensibilität und auch relativ viel Vorwissen in Bezug auf unterschiedliche Aspekte des Klimawandels verfügten. Dies wurde explizit mit den hohen Zustimmungswerten zu Fragen der persönlichen Betroffenheit deutlich (z. B. empfundene Beeinträchtigung bei Hitze). Diese bereits sehr stark ausgeprägten Faktoren wurden durch die Qualifikationsangebote nicht noch weiter gesteigert. Hingegen kann davon ausgegangen werden, dass

in Bezug auf die anderen Faktoren beide Kontextbedingungen für die Wirksamkeit der Qualifizierungsveranstaltungen bedeutend sind.

Die Wirkung der Veranstaltungen auf das allgemeine Wissen und weitere Motivationsfaktoren variiert in den einzelnen Indikatoren stark veranstaltungsspezifisch. Das allgemeine **Wissen zu Klimawandel und lokalen Klimawandelfolgen** konnte teils erheblich bis signifikant gesteigert werden. Je nach Thema konnte das teils schon umfangreiche Vorwissen nicht weiter gesteigert werden (z. B. bei Dachbegrünung) bzw. wurde sicher geglaubtes Wissen durch die Veranstaltung sogar relativiert (z. B. bei Fassadenbegrünung).

Insbesondere das **Maßnahmenwissen** konnte in Bezug auf alle Themen deutlich gesteigert werden, besonders eindrücklich in Bezug auf die Maßnahmen am Arbeitsplatz. Ebenso wurden in Bezug auf die meisten Themen der **Zugang zu bestehenden Wissensbeständen** und die **Vernetzung** innerhalb der Stadtverwaltung messbar gestärkt. Die **Akzeptanz der Klimaanpassung** sowie das Gefühl der **Selbstwirksamkeit** in dieser Aufgabe konnte von zumeist niedrigen Ausgangsniveaus deutlich gesteigert werden (mit Ausnahme Veranstaltung Dachbegrünung).

Die direkten Kriterien zur **individuellen und kollektiven Handlungsmotivation**, **Handlungsabsicht** sowie die **Handlungserfahrung** konnten in den meisten Fällen nicht beeinflusst werden. Dies lässt den Schluss zu, dass Motivationsfaktoren im Verbund wirken. Das heißt, dass die Veränderung einzelner Motivationsfaktoren noch nicht ausreicht, um z. B. die Handlungsabsicht graduell zu beeinflussen. Kritische Faktoren, wie z. B. die Rechtslage, der unmittelbare Zugriff auf Entscheidungen oder die Umsetzung, könnten limitierend sein. Ein Beispiel hierfür bildet die Qualifikation 4 zur Hitzevorsorge am Arbeitsplatz. Hier konnten alle Motivationsfaktoren sehr deutlich und größtenteils signifikant gestärkt werden. Ebenso wird das Potenzial gut umgesetzter Qualifikationsangebote deutlich, wenn es gelingt, einen qualitativ hochwertigen fachlichen Input durch kompetentes Personal mit engagierter Ansprache, konkreten, individuell umsetzbaren Maßnahmen und einer gegebenen rechtlichen Basis (hier Mitarbeiterrechte) zu kombinieren. Die Handlungserfahrung war durch die Anlage der Veranstaltungen nicht adressiert. Das Ausbleiben von Veränderung in allen vier Veranstaltungen ist hier kein Mangel, eher Bestätigung der methodischen Eignung der Wirkungsmessung.

Mit den angebotenen Qualifizierungen konnten verschiedene Themen der Klimaanpassung in der Stadtverwaltung Dresden positioniert werden. Es wurde deutlich, dass diese Themen auch in den Folgejahren weiter angeboten und vertieft werden sollten. Fachwissen zu Klimawandel und Klimaanpassung ist grundsätzlich vorhanden. Künftige Qualifizierungsangebote sollten spezifische Themen, wie z. B. zu konkreten Klimawandelauswirkungen auf Dresden und deren Bedeutung für die Gesundheit, aber auch spezifische Umsetzungsaspekte wenig etablierter Maßnahmen, aufgreifen und konkretisieren.

Den zeitlichen Umfang der Qualifizierungsangebote als Halbtagesveranstaltungen bewerteten ca. 50 % bis 80 % der Befragten als optimal. Insbesondere bei QA 1 wünschten sich ca. 1/3 der Befragten mehr Zeit zur Besprechung und Darstellung der Fortbildungsinhalte. Der Bedarf an Austausch zwischen den Teilnehmenden war während der Qualifizierung bemerkenswert groß, Diskussionszeiträume wurden rege angenommen.

Das Zusammenkommen der verschiedenen Aufgabenbereiche der Stadtverwaltung und der damit verbundene Austausch förderten auch den ämterübergreifenden Dialog. Dieser Aspekt war bei der Planung nicht im Fokus, sollte jedoch bei der künftigen Planung und Ausgestaltung weiterer Qualifizierungsangebote bedacht werden – z. B. in der grundsätzlichen Terminplanung, durch das Vorsehen ausreichender Diskussions- und Pausenzeiten sowie ggf. auch durch gezielte Einladungen an wichtige Akteure aus den Aufgabenbereichen.

In den durchgeführten Qualifizierungsangeboten gab es immer wieder Hinweise darauf, dass die Umsetzung von Maßnahmen zur Klimaanpassung und zum Klimaschutz schwierig sei. Vor allem verbindliche Planungsgrundlagen sowie gesetzliche Vorgaben würden benötigt, die die Mitarbeitenden in ihrer Arbeit anwenden können. Es liegen viele Konzepte, Leitlinien, Masterpläne o. ä. mit Bezug zu Klimaschutz und Klimaanpassung vor. Jedoch ist für die Mitarbeitenden schwer einschätzbar, welche davon Vorrang haben und verbindlich für den persönlichen Aufgabenbereich sind. Weiterhin äußerten die Mitarbeitenden während des ersten Qualifizierungsangebotes, dass ihnen unklar ist, wo die Konzepte liegen und wie sie abgerufen werden können.

Die angewandte **Methode zur Wirkungsmessung** basiert auf der Schutz-Motivations-Theorie und deren Anwendung auf Kommunikationsmaßnahmen. Zur Anwendung kamen spezifische Faktoren, von denen, basierend auf

aktuellen Arbeiten zur Wirkungsanalyse, angenommen werden kann, dass sie relevant sind, die Handlungsabsicht von Akteuren zu beeinflussen. Das Vorgehen sollte einerseits sicherstellen, dass für das Handeln von Akteuren relevante Messgrößen herangezogen werden. Andererseits sollten die Wirkungen differenziert nach Faktoren betrachtet werden, um a) die Wirkungsarten der durchgeführten Kommunikationsmaßnahmen bzw. -strategien (als welche die Qualifikationsangebote, zumal als Veranstaltungsreihe, angesehen werden können) zu verstehen, und sie b) im Sinne der gezielten Fortführung der Qualifikationen zu erfassen und zu nutzen. Das umgesetzte Prä-Post-Design des Evaluationsansatzes erlaubt damit aussagekräftige summative Rückschlüsse auf die Wirkungen und hat aus Sicht des kommunizierenden Akteurs (LHD) aber zugleich einen klar formativen Fokus. Im Sinne einer „theory based evaluation“ unterstützt der gewählte Ansatz sowohl das Design von Qualifikationsangeboten im Sinne der zu adressierenden Motivationsfaktoren als auch die gezielte Weiterentwicklung der Kommunikationsstrategien im Sinne der identifizierten Desiderate.

Einen entscheidenden Faktor auf die Umsetzung des gewählten Evaluationsdesigns hat einerseits die Operationalisierung des Designs, d. h. die Umsetzung von Indikatoren, alias Faktoren, in Fragen und Skalen, und andererseits die Kontrolle über die Ansprache der Adressaten und die Befragungszeitpunkte. Beides ist bedeutend für die Sicherstellung des Rücklaufs in allen angestrebten Befragungszeitpunkten (im vorliegenden Fall T1 und T2). Letzteres ist bedeutend vor dem Hintergrund der „small n“-Evaluierung mit einer relativ geringen Teilnehmerzahlen um ca. 20 Personen. Wie gezeigt werden konnte, ist ein sehr großer Rücklauf sichergestellt, wenn die Kontrolle über die Kommunikation bei den Evaluierenden liegt. Die differenzierten Ergebnisse für die Qualifikationsangebote der LHD und ein sehr geringer Drop-out der Befragten zeigen, dass eine intensive adressatengerechte Operationalisierung der Faktoren möglich ist und von den Befragten angenommen wird.

Im Ergebnis konnten auch mit den niedrigen Fallzahlen statistisch signifikante Ergebnisse erzielt werden. Es liegen vielfach aussagekräftige Trendaussagen vor, in welchen Bereichen die Adressaten durch Format, Akteure und Kombination von Inhalten erreicht werden konnten, und welche Lücken im Rahmen der weiteren Kommunikationsstrategie ggf. mit anderen Formaten adressiert werden können.

Methodische Limitationen des Evaluierungsansatzes liegen einerseits in der geringen Reproduzierbarkeit der Kommunikationsmaßnahmen. Diese sind inhaltlich, im Ablauf und in der Akteurszusammensetzung spezifisch. Deren Wirksamkeit hängt in nicht geringem Maße auch von der Vorbildung und Sensibilisierung der Teilnehmenden bzw. auch von der Gruppenzusammensetzung als kollektivem Moment der Kommunikation ab. Limitiert ist auch die Belastbarkeit der Ergebnisse aufgrund des „small n“-Charakters.

Auf Grund der Erfahrungen aus dem Prozess und der Ergebnisqualität gehen wir von einer Übertragbarkeit des Ansatzes aus. Die Faktoren der Schutz-Motivations-Theorie erscheinen relevant für die differenzierte Erfassung und Beschreibung von Wirkungen sowie auch instruktiv für das Design von Kommunikationsstrategien.

Als **Fazit für weitere Wirkungsevaluationen lassen sich die folgenden Punkte hervorheben:** Die angewandte Methode hat sich als grundsätzlich sehr gut handhabbar erwiesen. Die Operationalisierung bleibt jedoch eine fachliche Herausforderung, welche einer großen Aufmerksamkeit, bei Bedarf mehrerer Testläufe und eines erfahrenen Personals bedarf.

### Arbeitspaket 3.3 Gesundheitsnetzwerk Hitzeprävention und Manual zur quartiersbezogenen Frühintervention bei Hitzeereignissen

**Ziele:** In enger Kooperation der Gesundheitsämter (GA) von LHD und LHE sollten unterschiedliche Möglichkeiten ausgetestet werden, negative Gesundheitsfolgen von Hitzeereignissen bei besonders vulnerablen Gruppen (z. B. älteren Menschen, Pflegebedürftigen, psychisch und körperlich behinderten Menschen) vorzubeugen. In der LHD sollte ein akteursübergreifendes Handbuch zur quartiersbezogenen Frühintervention bei Hitzeereignissen entstehen. Das Manual soll Fachwissen zum Thema gesundheitliche Hitzeprävention bündeln (ISP, LHD, LHE, HTW, TUD, IÖR), ein Ablaufschema zur Frühintervention bei Hitzeereignissen beinhalten (LHD-GA) sowie „Good-Practice“-Beispiele aus anderen Kommunen (ISP) darstellen.

- Das Hitzehandbuch der Landeshauptstadt Dresden liegt vor Landeshauptstadt Dresden (Ed.). (2023). Hitze-Handbuch: Gut vorbereitet auf Hitze – Informationen und Empfehlungen für Beschäftigte im Gesundheits-, Pflege-, Sozial-, Bildungs- und Wohnbereich. Amt für Gesundheit und Prävention. <https://www.dresden.de/de/leben/gesundheit/gesundheitsfoerderung/who/heat-resilient-city.php>
- Das IÖR unterstützte die Arbeiten durch fachliche Beratung, z. B. zu Themen wie Lüftungsrouitinen, Verschattung, aktueller Normen zur Bewertung der Hitzebelastung, zu Maßnahmen zur Reduzierung der Hitze im Innenraum, zu Normen und Richtlinien (DIN 4108-2:2013-02, CIBSE TM59:2017, DIN EN 16798-1-2022-03, DIN EN ISO 7730:2006-05) sowie zu maßgeblicher Literatur.

#### Arbeitspaket 4.1 Inter- und transdisziplinären Projektmanagements in Arbeitspaket

Ziele: Ziel des Projektmanagements war es, den Wissenstransfer im Rahmen der Umsetzungsbegleitung durch geeignete Kommunikations- und Kooperationsformate gezielt zu unterstützen und zu fördern, um eine wirksame Verknüpfung von Forschungsprioritäten mit gesellschaftlichen Prioritäten zu ermöglichen und frühzeitig zum Abbau von Umsetzungshemmnissen beizutragen. Dies sollte u. a. belastbare gemeinschaftliche Zielformulierungen für Haupt-Produkte wie das Tool (AP 1.2), die Qualifizierungen (AP 3.2) oder das Handbuch (AP 3.3) sowie einen effektiven umsetzungsorientierten Wissenstransfer ermöglichen. Dieses Aufgabenverständnis ist insbesondere vor dem Hintergrund des breiten Spektrums von Praxis-Akteuren und Veranstaltungsformaten bedeutend. Die in der ersten Förderphase HRC I etablierten und bewährten Dialog- und Kooperationsformate und eine zielgerichtete wissenschaftliche Koordination der Arbeiten werden zur weiteren Stärkung der Inter- und Transdisziplinarität und der Innovationspotenziale fortgeführt.

- Die Projekt-Webseite <http://heatresilientcity.de/> wurde laufend aktualisiert und erweitert.
- Pressemitteilungen wurde abgestimmt.
- Verschiedene inter- und transdisziplinäre Kooperations- und Austauschformate auf AP-Ebene (Arbeitsberatungen) wurden organisiert, umgesetzt und nachbereitet.
- Konsortiumstreffen live, online und hybrid wurden organisiert und umgesetzt.
- Publikation von Teilergebnissen wurde koordiniert und umgesetzt (Westermann et al., 2023, 2022b, 2022a; Westermann and Ziemann, Astrid, 2023).
- Die AP-Leitung durch die Praxispartner LHE und LHD-GA (s. AP 3.2 und 3.3) wurde erfolgreich umgesetzt.
- Im September 2022 fand im Rahmen der Jahrestagung des IÖR die insbesondere an die Praxis gerichtete offizielle Abschlussveranstaltung des Verbundvorhabens statt.
- Eine ausgabenneutrale Verlängerung des Vorhabens wurde koordiniert und umgesetzt.
- Vorlagen für den Schlussbericht wurden mit dem Fördermittelgeber abgestimmt und im Konsortium bereitgestellt.

## 2.2 Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen

	Vorgegebene Ziele	Zielerreichung
AP 1.1	Ziel des Arbeitspaketes war die Entwicklung von verschiedenen komplexen Indikatoren zur Bewertung von Hitzeanpassungsmaßnahmen (im Gebäude (IÖR)) und damit Indikatoren zur Bewertung der Hitzebelastung im Innenraum.	Um der unterschiedlichen Komplexität und Adressatenkreisen gerecht zu werden, wurden die Indikatoren auf Gebäudeebene zweigeteilt. Es wurde ein qualitativer Praxisindikator zur Einschätzung verschiedener Hitzeanpassungsmaßnahmen für die Umsetzung als Web-Tool in AP 1.2 entwickelt. Weiterhin wurde ein wissenschaftliches Indikatoren-Set zur quantitativen Bewertung der Hitzebelastung anhand von thermisch-dynamischen Gebäudesimulationen entwickelt. Die Zielsetzung wurde erreicht.
AP 1.2	Ziel des AP 1.2 war es, ein online-Tool zu entwickeln, welches in der Lage ist, Hitzeanpassungsmaßnahmen im städtischen Freiraum und Gebäuden in ihrer Wirksamkeit zu bewerten. Das entwickelte Tool (HRC-Hitzetool) soll Behörden bei der Planung und Umsetzung solcher Anpassungsmaßnahmen unterstützen und gleichzeitig eine Informationsplattform für die interessierte Öffentlichkeit bereitstellen.	In engem Austausch mit dem AP1.1 und gemeinsam mit einem IT-Dienstleister wurden das entwickelte Tool-Konzept sowie die als Datengrundlage entwickelten Indikatoren aus AP1.1 im HRC-Tool umgesetzt. Das entwickelte „HRC-Hitzetool“ ist in der Lage, verschiedene Anpassungsmaßnahmen an Hitze in ihrer Wirksamkeit im städtischen Freiraum und an Gebäuden zu bewerten. Für die Bewertung der ÖSL Naturerfahrung und Erholungswert wurde ein eigens dafür entwickelter Bewertungsalgorithmus von Brzoska et al. (2021) herangezogen. Nutzer erhalten neben der Information zu den Hitze-senkenden Wirkungen einer Modellfläche zusätzliche Informationen zu den erbrachten ÖSL bereitgestellt. Die Zielsetzung wurde erreicht.
AP 2.2	Ziel des Arbeitspaketes war die Untersuchung des Einflusses des Regional- und Stadtklimas auf die Hitzebelastung und Wirksamkeit von Hitzeanpassungsmaßnahmen am Gebäude sowie die Gegenüberstellung und Aufbereitung der Ergebnisse in Steckbriefen für Architekten, Ingenieure und Kommunen.	In Zusammenarbeit mit der TU Dresden wurden geeignete Methoden zur Berücksichtigung gegenwärtiger und zukünftiger Klimabedingungen sowie des Stadtklimas in Gebäudesimulationen entwickelt. Für die verschiedenen Klimabedingungen und ausgewählten Anpassungsmaßnahmen aus HRC I wurden Gebäudesimulationen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Einfluss der Region sowie starke Zunahmen der Hitzebelastung unter zukünftigen Bedingungen und bei Berücksichtigung des Stadteffektes. Die betrachteten Hitzeanpassungsmaßnahmen erweisen sich auch in Zukunft als effektiv. Künftige stadtklimatische Bedingungen erfordern vermutlich in einigen Fällen neue Kombinationen von Anpassungsmaßnahmen.  Die Ergebnisse wurden in Steckbriefen aufbereitet, gegenübergestellt und stehen öffentlich zur Verfügung. Die Zielsetzung wurde erreicht.

AP 2.3	<p>Ziel des Arbeitspaketes war die Untersuchung des Einflusses verschiedener Hitzeanpassungsmaßnahmen im Freiraum und deren Auswirkung auf die Hitzebelastung im Gebäude sowie eine bewertende Matrix zur Gegenüberstellung der betrachteten Anpassungsszenarien.</p>	<p>In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern TUD, LHD und LHE wurden verschiedene zu untersuchende Anpassungsszenarien festgelegt (Meilenstein 11). Für diese wurden durch die TUD Stadtklimasimulationen bereitgestellt. Die Ergebnisse dieser wurden als Input für Gebäudesimulationen genutzt, sodass der Effekt der Anpassungsmaßnahmen auf Gebäudeebene untersucht werden konnte. Die Szenarien, deren Auswirkung sich nicht auf lokale Bereiche beschränkte, wurden in Bewertungsmatrizen und zusätzlichen ergänzenden Steckbriefen dargestellt. Diese können als Entscheidungshilfe dazu dienen, welche Szenarien zukünftig detaillierter betrachtet werden sollten, auf kommunaler Ebene für konkrete Umsetzungen infrage kommen oder vielversprechend für weitere wissenschaftliche Analysen sind. Die Zielsetzung wurde erreicht.</p>
AP 3.1	<p>Im Mittelpunkt des AP 3.1 stand die Vertiefung der Analyse von Rollen und Zuständigkeiten in Form einer Systematisierung typischer Aufgaben zur Hitzevorsorge in der kommunalen Verwaltung. Wesentliches Ziel war unter anderem die Unterstützung der Entwicklung von abgestimmten Entscheidungswegen zwischen den verschiedenen Verwaltungseinheiten als Beitrag für die Überwindung verwaltungsinterner Kommunikations- und Umsetzungshemmnisse von Hitzeanpassungsmaßnahmen.</p>	<p>Mithilfe von Dokumentenanalysen, einer großangelegten Befragung von Verwaltungsangestellten und vertiefenden Interviews mit Personen der mittleren bis oberen Führungsebene wurden die in HRC erreichten Ergebnisse vertieft, weiterhin bestehende Hemmnisse analysiert und Lösungsansätze erkundet. Zudem wurden Erkenntnisse zu Umsetzungsbedingungen aufbereitet, Akteure und Handlungserfordernisse systematisiert und die Aufgaben der Akteure in Bezug auf unterschiedliche Erfordernisse der Klimaanpassung als Verwaltungsaufgabe beschrieben und der Stadtverwaltung übergeben. Weiterbildungsbedarfe der Verwaltungsangestellten in Bezug auf Aufgabe der Hitzeanpassung im verwaltungserhandeln erhoben und als Basis für Qualifizierungskonzepte der Stadtverwaltungen analysiert und in Form von Handlungsempfehlungen aufbereitet. Die Zielsetzung wurde erreicht.</p>
AP 3.2	<p>Im Zentrum des <b>AP 3.2</b> stand die Befähigung von entscheidungsbefugten, entscheidungsvorbereitenden bzw. beratenden und umsetzenden Personen in Kommunen und der Wohnungswirtschaft, Hitze- und Gesundheitsvorsorge wissensbasiert in ihren Verantwortungsbereichen zu integrieren. Die Wirksamkeit der Qualifizierungsmaßnahmen sollte evaluiert werden.</p>	<p>Basierend auf den inhaltlichen Vorarbeiten des Vorhabens werden mithilfe von Bedarfsanalysen spezifisch zugeschnittene wirksame Kommunikationsinstrumente für die Sensibilisierung, Motivation und Qualifizierung inhaltlich und methodisch konzipiert und als Gemeinschaftswerk erfahrener Projektpartner umgesetzt. Eine Veranstaltungsreihe adressierte unterschiedliche Akteure der Gebäude- und Immobilienwirtschaft. In Zusammenarbeit mit Berufs- und Fachverbänden haben insgesamt 6 Veranstaltungen in Dresden und Erfurt stattgefunden. Für die Stadt Dresden entstand ein Qualifizierungskon-</p>

		<p>zept welches im Fortbildungsprogramm der LHD integriert und durch das Umweltamt und weitere Projektpartner umgesetzt wurde. Im Ergebnis wurden die adressierten Akteure befähigt, Auswirkungen von Hitze im eigenen Wirkungsbereich zu bewerten, die eigene Verantwortung zu akzeptieren, Handlungsmöglichkeiten zu erkennen und spezifische Entscheidungen zur Hitze-Anpassung zu treffen.</p> <p>Ein Evaluationskonzept wurde entwickelt und angewandt, um die Wirksamkeit ausgewählter Kommunikationsmaßnahmen zu evaluieren. Drei Kommunikations- und Umsetzungsansätze wurden mithilfe von Bewohnerinnen und Bewohnern, Fachverbänden und Kommunen die konkrete Umsetzung bedient. Die Zielsetzung wurde erreicht.</p>
<b>AP 3.3</b>	Ziel war die beratende Unterstützung der Arbeiten der LHD GA zur Erarbeitung des Hitze-handbuchs	Erforderliche Zuarbeiten wurden erbracht. Das IÖR war intensiv in die Veröffentlichung und medienwirksame Präsentation des Hitzehandbuchs eingebunden. Die Zielsetzung wurde erreicht.
<b>AP 4.1</b>	Das Arbeitspaket beinhaltet die laufende Koordination des Vorhabens im Hinblick auf die Gesamtziele des Projekts	Es fand eine kontinuierliche konstruktive und zielführende Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern statt, so dass Anpassungsmaßnahmen an Gebäuden und im Freiraum bereits in der ersten Förderphase realisiert werden konnten. Verschiedene Kooperations- und Austauschformate wurden genutzt, die Berichtspflichten erfüllt, eine umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit realisiert sowie zwei Expertenworkshops und die überregionale Fachtagung erfolgreich durchgeführt. Die Beteiligung am Nachhaltigkeitspreis wurde mit großem Erfolg realisiert. Gemeinschaftliche trans- und interdisziplinäre wissenschaftliche und nutzerorientierte Veröffentlichungen bzw. Produkte wurden koordiniert und realisiert (Fachartikel, Aushänge, Qualifizierungskonzepte, Erklärvideos). Die Zielsetzung wurde erreicht.

## 2.3 Zahlenmäßiger Nachweis

Laut aktualisiertem Gesamtfinanzierungsplan vom 28.09.2022 wurden für Gesamtausgaben in Höhe € 458.241,87 bewilligt. Die Mittel wurden weitgehend verausgabt – die Gesamtausgaben belaufen sich auf € 458.246,94. Im Vergleich zur **Kostenplanung** ergeben sich pandemiebedingt geringfügige Verschiebungen zwischen den Positionen, z. B. haben deutlich weniger Dienstreisen stattfinden können. Eine detaillierte Darstellung des zahlenmäßigen Nachweises enthält Tabelle 7 sowie der abschließende Verwendungsnachweis.

Tabelle 7: Übersicht über die in HRC II verausgabten Mittel

Position	Erklärung	Planung	Ausgaben	Differenz
F0812	Beschäftigte E12-E15	389.149,00	397.364,31	-8.215,31
F0822	Beschäftigungsentgelte	4.415,81	1.505,75	2.910,06
F0835	Vergabe von Aufträgen	18.938,00	315,17	98,34
F0843	Sonstige Verwaltungsausgaben	43.076,56	40.138,19	2.938,38
F0846	Dienstreisen	2.662,50	615,86	2.046,64
	<b>Gesamtausgaben per</b>			
	<b>24.11.2024</b>	<b>458.241,87</b>	<b>458.246,94</b>	<b>-5,06</b>

## 2.4 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Bezüglich der Notwendigkeit der geleisteten Arbeit sei grundsätzlich auf die im Antrag dargelegte Relevanz sowie die Adressierung der förderpolitischen Ziele des Vorhabens hingewiesen. Die in den Arbeitspaketen beschriebenen Leistungen waren notwendig und angemessen, um das Projektziel zu erreichen und wurden innerhalb der Laufzeit erbracht. Die Ausführung der Arbeiten erfolgte stets unter Berücksichtigung eines ausgewogenen Verhältnisses von Kosten und erwartetem Erkenntnisgewinn.

## 2.5 Voraussichtlicher Nutzen der Projektergebnisse

**AP 1.1:** Der praxisbezogene Gebäudeindikator erlaubt eine qualitative Einschätzung der Hitzebelastung in Innenräumen von Wohngebäuden und der Wirksamkeit von Hitzeanpassungsmaßnahmen. Damit kann der im Web-Tool integrierte praxisbezogene Gebäudeindikator interessierten Bürgerinnen und Bürgern, aber auch Kommunen dienen, um einfach Einschätzungen der Hitzebelastung von Innenräumen von Wohngebäuden vorzunehmen. Das wissenschaftliche Indikatoren-Set richtet sich an Expertinnen und Experten und dient der quantitativen Einschätzung der Hitzebelastung im Innenraum auf Basis von Gebäudesimulationen. Die Ergebnisse und Vorschläge, welche sich aus wissenschaftlichen Indikatoren-Sets ergeben, nutzen der wissenschaftlichen Community zur Weiterentwicklung der Methoden zur Bewertung der Hitzebelastung im Innenraum und könnte damit auch einer Weiterentwicklung der deutschen Norm zum sommerlichen Wärmeschutz (DIN, 2013) dienen. Die Erkenntnisse werden dazu im Jahr 2024 in einem Buch (Open Access, englischsprachig) veröffentlicht, das sich derzeit in Erstellung befindet.

**AP 1.2:** Mit dem HRC-Hitzetool lässt sich abschätzen, wie Anpassungsmaßnahmen im Freiraum bzw. an und in Wohngebäuden wirken. Ziel der Toolentwicklung war es, die Defizite existierender Anwendungen zu kompensieren und gleichzeitig ein einfaches und gut übertragbares Werkzeug für die Bewertung kleinräumiger Hitzeanpassungsmaßnahmen bereitzustellen.

Wie sich Maßnahmen auf die Hitzebelastung im Freiraum auswirken, lässt sich mit dem Freiraumindikator des HRC-Hitzetools abschätzen. Hierbei ist es möglich, die Wirkung kleinräumiger Maßnahmen und von Straßengrün zu beurteilen. Aus den vorgegebenen Modellflächen können diejenigen Flächen gewählt werden, die einerseits den Ausgangszustand und andererseits die geplante Maßnahme am besten repräsentieren. Bewertet wird der Unterschied der Wärmebelastung für Menschen zwischen beiden Flächen. Darüber hinaus ist eine zeitliche Dif-

ferenzierung hinsichtlich verschiedener Sommermonate und Tageszeiten möglich. Beide Aspekte stellen eine Innovation im Vergleich zu anderen Anwendungen dar. Ein Ampelsystem macht schnell deutlich, wie wirksam eine Maßnahme die Hitzebelastung reduziert.

Wie sich Maßnahmen auf die Hitzebelastung in Innenräumen auswirken, lässt sich mit dem Gebäudeteil des HRC-Hitzetools abschätzen. Dabei wird zunächst die aktuelle Hitzebelastung eines Raumes ermittelt. Dazu werden die Lage des Raumes im Gebäude, die Größe der Fenster, die Bauweise des Gebäudes und die Möglichkeiten der Lüftung angegeben. Im zweiten Schritt ist die Anpassungsmaßnahme auszuwählen, deren Wirksamkeit geprüft werden soll, etwa Außenjalousien oder Dachbegrünung. Wie wirksam die gewählte Maßnahme die Hitzebelastung reduziert, zeigt ebenfalls ein Ampelsystem an. Das HRC-Hitzetool ist im Internet frei verfügbar unter: <http://hrc-hitzetool.ioer.info/>.

**AP 2.2:** Die in den Steckbriefen dargestellten Ergebnisse aus AP 2.2 zeigen die Relevanz, die Regionalität, zukünftigen Klimabedingungen und den Einfluss des Stadtklimas bei der Bewertung der Hitzebelastung in Gebäuden zu berücksichtigen. Diese findet sich in der aktuellen Norm zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nicht oder nur im begrenzten Maße (Regionalität). Die Ergebnisse dienen somit als Argumentationsgrundlage und Diskussionsbasis für eine Überarbeitung der Norm zum sommerlichen Wärmeschutz (DIN, 2013). Weiterhin stehen die entwickelten Ansätze der wissenschaftlichen Community zur Verfügung, um die Methoden zur genaueren Berücksichtigung des Regionalklimas, Stadtklimas sowie gegenwärtiger und zukünftiger Bedingungen in thermischen Gebäudesimulationen weiter zu entwickeln und zu verbessern. Für den Austausch mit der internationalen wissenschaftlichen Community wird zu Beginn des Jahres 2024 eine englischsprachige Fachveröffentlichung in einem Open Access Journal (Peer Review) eingereicht.

**AP 2.3:** Die Ergebnisse der untersuchten Anpassungsszenarien im Freiraum und deren Auswirkung auf das Innenraumklima wurden in Bewertungsmatrizen und erläuternden Steckbriefen für die Anwendung in der Praxis aufbereitet und zusammengefasst. Beide Produkte sollen aufzeigen, welche Tendenzen der Wärmebeeinflussung bei einzelnen Szenarien zu erwarten sind. Damit wird eine Entscheidungshilfe bereitgestellt, welche Szenarien zukünftig detaillierter betrachtet werden sollten, auf kommunaler Ebene für konkrete Umsetzungen infrage kommen oder vielversprechend für weitere wissenschaftliche Analysen sind. Für den Austausch mit der internationalen wissenschaftlichen Community wurde im September 2023 eine englischsprachige Fachveröffentlichung in einem Open Access Journal (Peer Review) eingereicht.

**AP 3.1:** Die Befunde vertiefen das Verständnis für den erreichten Stand und derzeitige Entwicklungsdynamiken bei der Integration der Klima- und insbesondere Hitzeanpassung als Aufgabe kommunaler Verwaltungen. Die Synthese von Rollen und Aufgaben kommunaler Akteure bietet eine innovative und vervollständigte Systematisierung für die Governanceforschung. Insbesondere für die Operationalisierung von Klimaanpassung als Arbeitsaufgabe in kommunalen Verwaltungen bietet die Systematisierung und detaillierte Differenzierung von Rollen und Aufgaben eine wertvolle Ressource für die operative Weiterentwicklung, z. B. im Kontext der Entwicklung von Strategien und Programmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen bieten einen unmittelbaren und konzeptualisierten Impuls für die lokalen Diskurse und Prozesse in den Fallstudien.

**AP 3.2:** Weiterbildungsstrategien sind bedeutende Instrumente für die Weiterentwicklung der Handlungsfähigkeiten lokaler Akteure. Ergebnisse zeigen einerseits Desiderate im Wissen lokaler Akteure und andererseits aber auch, dass eine differenzierte Ermittlung und Systematisierung von Bedarfen instruktiv ist für die Entwicklung von gezielten Weiterbildungskampagnen. Insbesondere für die kommunale Praxis entstand dadurch ein eindrückliches Beispiel inhalts- und wirkungsfokussierter Weiterbildungsangebote, welches gut auch auf andere Kontexte übertragbar ist. Der angewandte Ansatz zur Wirkungsanalyse der Weiterbildungsangebote bildet einen innovativen, methodisch durchdachten Ansatz als Beitrag zur Weiterentwicklung der Forschung zur Wirkungsevaluation einerseits. Die gewonnenen Erkenntnisse sind andererseits ein Input sowohl für die Weiterentwicklung, Fokussierung und Rechtfertigung lokaler Weiterbildungsangebote als auch für die Wirkungsevaluation solcher Kommunikationsmaßnahmen.

**AP 3.3:** Die Beteiligung an der Erstellung innovativen Instruments wie des Hitzehandbuchs wirkt qualifizierend sowohl für das Produkt als auch für die lokalen Akteure. Zugleich ist das Produkt ein plastisches und auf der

kommunalen Ebene übertragbares Beispiel für einen fokussierten, differenzierten und stark konzeptualisierten Ansatz zur Stärkung lokaler Gesundheitsvorsorge in Bezug auf Hitze.

**AP 4:** Die dezidierten Leistungen der wissenschaftlichen Projektkoordination zur Sichtbarmachung und Synthese von Ergebnisse in Pressemitteilungen, Wettbewerben, Artikeln, Erklärvideos, auf Konferenzen oder auf der Projekthomepage sind ein bedeutender Beitrag für die Wahrnehmung, Verbreitung und Rezeption sowohl der erreichten Ergebnisse als auch der Forschungsförderung.

## 2.6 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Projektrelevante Veröffentlichungen und aktuelle Ergebnisse anderer themenbezogener Forschungsvorhaben wurden in laufenden Recherchearbeiten verfolgt. Relevante Ergebnisse Dritter sind im Folgenden nach Themen aufgeteilt aufgelistet.

### Themenbereich Ökosystemleistungen

- Schmidt, K., A. Walz (2021). Ecosystem-based adaptation to climate change through residential urban green structures: co-benefits to thermal comfort, biodiversity, carbon storage and social interaction. *One Ecosystem* 6: e65706. doi:10.3897/oneeco.6.e65706
- Goldenberg, R., Z. Kalantari, G. Destouni, (2021). Comparative quantification of local climate regulation by green and blue urban areas in cities across Europe. *Sci Rep* 11: 23872. doi:10.1038/s41598-021-03140-y
- Otto, A., K. Kern, W. Haupt, P. Eckersley, A.H. Thieken (2021). Ranking local climate policy: assessing the mitigation and adaptation activities of 104 German cities. *Climatic Change* 167: 5 (2021). doi:10.1007/s10584-021-03142-9
- UBA (Umweltbundesamt) (2020). Bewertung klimawandelgebundener Risiken: Schadenspotentiale und ökonomische Wirkung von Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen. Abschlussbericht zum Vorhaben „Behördenkooperation Klimawandel und -anpassung“, Teil 1. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc\\_29-2020\\_bewertung\\_klimawandelgebundener\\_risiken\\_teilbericht\\_1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_29-2020_bewertung_klimawandelgebundener_risiken_teilbericht_1.pdf), 30.10.21

### Themenbereich Anpassung von Gebäuden an Hitze

- Fahrion, M.-S., C. Nickl, D. Bangalore, M. Lakatos, M. Brombacher (2021). Sommerlicher Wärmeschutz durch die Begrünung von Außenanlagen und Gebäuden. *Bauphysik* 43/5: 291-302.
- Hoffmann, S., A. G. Kheybari (2021). Untersuchungen zum sommerlichen Wärmeschutz – Teil 1: Vergleich der Nachweisverfahren unter Berücksichtigung zukünftiger Klimadaten. *Bauphysik* 43/1: 27-35.
- Windhausen, S., P. Schmidt (2021). Klimadaten als wesentlicher Bestandteil zur Beurteilung des sommerlichen Wärmeschutzes. *Bauphysik* 43/3: 154-158.
- Freudenberg, P., Budny, O. (2022). Grenzen der Verfahren zur Bewertung des Sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013. *Bauphysik* 44, 29–39. <https://doi.org/10.1002/bapi.202100044>

### Themenbereich Klimaanpassungsgovernance

- Puille, E. (2023). Verankerung der Klimaanpassung in städtischen Planungsinstrumenten Dresdens seit 1994: Beschreibung und Strukturierung der Entwicklung sowie Einordnung der Bedeutung von Wissenschaft-Praxis-Kooperationen in diesem Zusammenhang. Masterarbeit. TU Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften.
- Groth, J. P. (2023). „Der Einfluss von Wissenschaft-Praxis-Kooperation auf innovative Aktivitäten zur Klimafolgenanpassung auf kommunaler Ebene. Entwicklungspfade von Beispielen aus Dresden und Hamburg.“ Masterarbeit. TU Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften.
- Hutter, G., Olfert, A., & Rössler, S. (2024, im Erscheinen). Wie Dresden ein Pionier der klimaangepassten Stadtentwicklung wurde ... und bleiben könnte. *Politische Ökologie*.
- Huber, B., Miechielsen, M., Otto, A., Schmidt, K., Ullrich, S., Deppermann, L.-H., Eckersley, P., Haupt, W., Heidenreich, A., Kern, K., Lipp, T., Neumann, N., Schneider, P., Sterzel, T., & Thieken, A. H. (2022). Instruments

and measures of municipal climate adaptation Instrumente und Maßnahmen der kommunalen Klimaanpassung: Empirische Befunde für einen erfolgreichen Transfer: Empirical findings for a successful transfer (p. 12044 KB, XVII, 135 pages) [Application/pdf]. Universität Potsdam. <https://doi.org/10.25932/PUBLISHUP-56345>

- Thieken, A., Otto, A., Haupt, W., Eckersley, P., Kern, K., Ullrich, S., Hautz, T., Rocker, P., Schulz, R., Sausen, H., Dillenardt, L., Rose, C., Schmidt, K., Huber, B., Sterzel, T., Marken, M., & Miechielsen, M. (2022). Urbane Resilienz gegenüber extremen Wetterereignissen. <https://doi.org/10.25932/publishup-55542>
- Ginzky, H., Albrecht, J., & Pannicke-Prochnow, N. (2021). Hitze in den Städten – eine Pflicht zur kommunalen Klimaanpassungsplanung tut not! Zeitschrift Für Umweltrecht (ZUR), 9, 449–512.
- Albrecht, J., Eckersley, P., Haupt, W., Huber, B., Irmisch, J., Lipp, T., Miechielsen, M., & Sterzel, T. (2022). Stärkung der Integration von Klimaanpassung an Hitze und Starkregen in die kommunale Planung. 17.
- Otto, A., Göpfert, C., & Thieken, A. H. (2021). Are cities prepared for climate change? An analysis of adaptation readiness in 104 German cities. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 26(8). <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09971-4>
- Wascher, E. (2022). Kommunale Innovationslabore für eine nachhaltige Stadtgesellschaft. In J. Abt, L. Blecken, S. Bock, J. Diringer, & K. Fahrenkrug (Eds.), *Von Beteiligung zur Koproduktion* (pp. 435–464). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-36181-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-658-36181-5_16)
- Thieken, A., Otto, A., Haupt, W., Eckersley, P., Kern, K., Ullrich, S., Hautz, T., Rocker, P., Schulz, R., Sausen, H., Dillenardt, L., Rose, C., Schmidt, K., Huber, B., Sterzel, T., Marken, M., & Miechielsen, M. (2022). Urbane Resilienz gegenüber extremen Wetterereignissen. <https://doi.org/10.25932/publishup-55542>
- Siemer, A. (Ed.). (2022). *Klimaanpassung und Schwammstadt als Querschnittsaufgabe der Stadtplanung*. In Rhombos-Verlag Berlin. <https://doi.org/10.26084/14dfns-p006>
- Döring, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (6., vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2>
- Albrecht, J., Eckersley, P., Haupt, W., Huber, B., Irmisch, J., Lipp, T., Miechielsen, M., & Sterzel, T. (2022). Stärkung der Integration von Klimaanpassung an Hitze und Starkregen in die kommunale Planung. 17.

### AP 3.2 Zu Kommunikationsstrategien und zur Evaluierung von Kommunikationsmaßnahmen

- Kuhlicke, C., Seebauer, S., Hudson, P., Begg, C., Bubeck, P., Dittmer, C., Grothmann, T., Heidenreich, A., Kreibich, H., Lorenz, D. F., Masson, T., Reiter, J., Thaler, T., Thieken, A. H., & Bamberg, S. (2020). The behavioral turn in flood risk management, its assumptions and potential implications. *WIREs Water*. <https://doi.org/10.1002/wat2.1418>
- Siedschlag, D., Kuhlicke, C., Köhler, S., Masson, T., Bamberg, S., Olfert, A., Hutter, G., Osberghaus, D., & Barth, M. (2023). Risikokommunikation zur Stärkung privater Eigenvorsorge. Abschlussbericht des Vorhabens „Analyse und Anwendung innovativer Instrumente der Steuerung und Kommunikation zur Anpassung an den Klimawandel“ (Vol. 03/2023). Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/risikokommunikation-zur-staerkung-privater>

## 2.7 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen von Ergebnissen nach Nr. 5 NABF

Die Ergebnisse des IÖR wurden in Artikeln veröffentlicht, auf verschiedenen Tagungen und in Workshops von Wissenschaft und Praxis vorgestellt sowie in zahlreichen Formaten der Öffentlichkeitsarbeit (Pressemitteilungen, Infoblätter, Erklärvideos etc.) umgesetzt. Die Beiträge sind oft in Kooperation mit den anderen Projektpartnern entstanden. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick zu den verschiedenen Formaten gegeben. Bei wissenschaftlichen Veröffentlichungen oder solchen im Rahmen von Vorträgen wurde der Hinweis auf den Fördermittelgeber,

wo immer möglich, im Wortlaut nach Nr. 5 NABF eingefügt. Insbesondere bei Berichterstattungen durch externe Medien fällt der Hinweis auf den Fördermittegeber unterschiedlich aus. Im Weiteren folgt die Auflistung der Veröffentlichungen aus HRC II in verschiedenen Formaten nach Themenbereichen bzw. Arbeitspaketen.

#### AP 1.1

- Schünemann, C., Kriesten, T.F. Indoor Overheating Assessment – Overview of Existing Indicators and Thresholds and Proposal for a Refined Indicator Set (Buchkapitel für Open Access Buch zu sommerlichen Wärmeschutz in Bearbeitung)

#### AP 1.2

- Brzoska, P., Fügner, T., Moderow, U., Ziemann, A., Schünemann, C., Westermann, J., Grunewald, K., & Maul, L. (2022). Towards a web tool for assessing the impact of climate change adaptation measures on heat stress at urban site level. *One Ecosystem*, 7, e85559. <https://doi.org/10.3897/oneeco.7.e85559>
- Schünemann, C., Ziemann, A., Goldberg, V., & Kunze, S. (2022). *Model chain from microscale meteorological simulation to building simulation for spatially resolved heat resilience evaluation* [Preprint]. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1496792/v1>
- Fügner, T., Grunewald, K., Ziemann, A., Moderow, U., Goldberg, Valeri, Kochan, N., & Brzoska, P. (2022). Das HRC-Hitzetool: Ein Web-Tool zur Bewertung von Hitzeanpassungsmaßnahmen in Städten. *Transforming Cities*, 2022/3, 44–48.
- Fügner, T., Grunewald, K., Schünemann, C., Kriesten, T., Moderow, U., Ziemann, Astrid, & Goldberg, Valeri. (2023). *HRC-Hitzetool: Handbuch*. 25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7681258>
- Brzoska, P., & Späße, A. (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>
- Brzoska, P., Grunewald, K., & Bastian, O. (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>

#### AP 2.2

- Kriesten, T.F., Ziemann, A., Schünemann, C., Goldberg, V., Moderow, U., Ortlepp, R. (2023). Meteorologische Daten zur Bewertung der Wärmebelastung in Gebäuden. [https://doi.org/10.5676/DWD\\_PUB/PRO-MET\\_106\\_07](https://doi.org/10.5676/DWD_PUB/PRO-MET_106_07)
- Kriesten, T.F., Ziemann, A., Goldberg, V., Schünemann, C. (in Bearbeitung). The effect of regional, urban and future climate on indoor overheating – a simplified approach based on measured weather data.
- Schiela, D., Kriesten, T.F. (2023). HeatResilientCity II - Arbeitspaket 2.2: Einfluss von Regional- und Stadtklima auf die Hitzebelastung in Gebäuden - Aufbereitete Wetterdaten. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8233370>
- Kriesten, T.F. (2023a). HeatResilientCity II - work package 2.2: Influence of regional and urban climate on indoor overheating - Characteristic annual data and average present years. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8245936>
- Kriesten, T.F. (2023c). HeatResilientCity II - work package 2.2: Influence of regional and urban climate on indoor overheating – Building models and climate files. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8245943>
- Kriesten, T.F. (2023d). HeatResilientCity II - work package 2.2: Influence of regional and urban climate on indoor overheating - Results of building performance simulation. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8245941>
- Kriesten, T.F. (2023c). HeatResilientCity II - Einfluss von Regional- und Stadtklima auf die Hitzebelastung in Gebäuden – Kurzfassung. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8143331>

### AP 2.3

- **Schünemann, C.,** Kriesten, T.F., Moderow, U., Ziemann, A. (eingereicht). Impact of outdoor heat adaptation on indoor thermal conditions – combining microscale urban climate and building performance simulation, submitted 09/2023 in Climate Risk Management
- Kriesten, T.F., Moderow, U. (2023). HeatResilientCity II - work package 2.3: Interactions between buildings and open space adaptation measures – Meteorological input data for building performance simulation. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8188820>
- Kriesten, T.F. (2023c). HeatResilientCity II - work package 2.3: Interactions between buildings and open space adaptation measures – Building models, simulation boundary condition and their variations. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8189029>
- Kriesten, T.F., (2023b). HeatResilientCity II - work package 2.3: Interactions between buildings and open space adaptation measures – Results of building performance simulations. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8189810>
- Kriesten, T.F., Moderow, U., Schünemann, C. (2023a). HeatResilientCity II - Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen Gebäuden und Freiraum auf Quartiersebene - Kurzfassung. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8143330>
- Kriesten, T.F., Moderow, U., Schünemann, C. (2024). HeatResilientCity II - Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen Gebäuden und Freiraum auf Quartiersebene - Steckbriefe. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8094182>

### AP 3.1

- Hutter, G., Olfert, A., & Rössler, S. (2024, im Erscheinen). Wie Dresden ein Pionier der klimaangepassten Stadtentwicklung wurde ... und bleiben könnte. *Politische Ökologie*.
- Olfert, A., & Hutter, G. (2022). Strategic Risk Communication to Increase the Climate Resilience of Households—Conceptual Insights and a Strategy Example from Germany. In T. Thaler, T. Hartmann, L. Slavíková, & B. Tempels (Eds.), *Homeowners and the Resilient City: Climate-Driven Natural Hazards and Private Land* (pp. 197–235). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-17763-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-17763-7_9)
- Hutter, G., & Olfert, A. (2021). Project-based learning for building urban resilience – Reflecting on project examples of climate change adaptation in the Dresden region. In G. Hutter, M. Neubert, & R. Ortlepp (Eds.), *Building resilience to natural hazards in the context of climate change – Knowledge integration, implementation, and learning* (pp. 229–250). Springer. [10.1007/978-3-658-33702-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-658-33702-5_10)
- Westermann, J. R., Sinning, H., Hermann, R., Olfert, A., Spohr, G., & Reinfried, F. (2022). Klimaschutz und -anpassung in Stadtverwaltungen. Bedeutung im Verwaltungshandeln und Weiterbildungsbedarfe am Beispiel Dresden und Erfurt. *Transforming Cities*, 2(2022), 46–50.

### Tagungen und Workshops

- Olfert, A. (2022, 19. Mai). *Nutzer für ein hitzeangepasstes Verhalten aktivieren. Eine neue Aufgabe für die Immobilienverwaltung und Bestandshalter?* Weiterbildungsveranstaltung für Wohnungsbaugenossenschaften und kommunale Wohnungsunternehmen, MFA Erfurt, Erfurt.
- Olfert, A. (2022, 13. Juni). *Nutzer für ein hitzeangepasstes Verhalten aktivieren. Eine neue Aufgabe für die Immobilienverwaltung und Bestandshalter?* Weiterbildungsveranstaltung für Wohnungsbaugenossenschaften und kommunale Wohnungsunternehmen, VSWG Dresden, Dresden.
- Olfert, A. (2022, 15. Juni). *HeatResilientCity II – Botschaften aus Befragung und Interviews (Werkstattbericht)*. Informations- und Austauschreihe zum Klimaanpassungskonzept LHD. Schwerpunktthema „Umsetzung und Verstetigung“, Dresden.
- Olfert, A., & Wolter, A. (2022, 22. September). *Klimaanpassungs-Governance – Umsetzungshemmnisse und Handlungsempfehlungen für Kommunalverwaltungen am Beispiel Dresden und Erfurt*. IÖR-Jahrestagung 2022 - Raum & Transformation: Lebenswerte Zukünfte, Dresden.

- Wolter, A., & Olfert, A. (2022, 30. September). *Forschungsergebnisse der Akteurs- und Governanceanalyse in Erfurt und Dresden*. HRC II-Online-Expertenworkshop „Verstetigung und Umsetzung von kommunalen Aktivitäten zur Hitzeresilienz. Abbau von Umsetzungs-hemmnissen, Akteursrollen und -zuständigkeiten“, Erfurt (online).
- Olfert, A. (2022, 14. Dezember). *Herausforderungen für eine bessere Klimafolgenanpassung in der Stadtverwaltung Dresden. Ausgewählte Ergebnisse aus Befragung und Interviews*. Ämterrunde Klimaanpassungskonzept der LH Dresden, Dresden.
- Olfert, A. (2023, 2. Februar). *Hitzeanpassung in der kommunalen Verwaltung – wie umgehen mit einem nicht etablierten Thema? Hygiene in Zeiten von Klimawandel, Pandemien, Naturkatastrophen und Kriegen*, Berlin.

#### AP 4

- Westermann, J. R., Bolsius, J., Kunze, S., Schünemann, C., Sinning, H., Ziemann, A., Baldin, M.-L., Brüggemann, K., Brzoska, P., Ehnert, F., Großmann, L., Grunewald, K., Naumann, T., Reinfried, F., Richter, B., Spohr, G., Ortlepp, R., & Goldberg, Valeri, V. (2022). *Bewohnerorientierte Hitzeanpassung von Stadtquartieren. Transdisziplinäre Wissensintegration von Klimatologie, Ökologie, Gebäude- und Governance-forschung sowie Maßnahmenplanung und Umsetzung*. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 30(4), 257–267. <https://doi.org/10.14512/gaia.30.4.9>
- Westermann, J., Olfert, A., & Kunze, Stefanie. (2023). *Uli ist heiß ... Wer kann etwas gegen die Hitze in Wohnräumen tun? Eine Ideensammlung für Bauplanung, Hausverwaltungen und Wohnungsbaugenossenschaften*. (Erklärfilm aus dem Verbundprojekt HeatResilientCity). Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung Dresden, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (Umsetzung: youknow GmbH).
- Westermann, J., & Ziemann, Astrid. (2023). *Uli ist heiß. Wie die Wissenschaft die Hitzebelastung in der Stadt untersucht. Welche Ursachen gibt es für Hitze in Stadtquartieren und welche Maßnahmen sind wirksam?* (Erklärfilm aus dem Verbundprojekt HeatResilientCity). Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung Dresden, Technische Universität Dresden (Umsetzung: youknow GmbH).

#### **Beiträge in Fernsehen, Radio und Presse basieren oft auf der kontinuierlichen Öffentlichkeitsarbeit der Projektkoordination und einer engen Zusammenarbeit der Partner im Konsortium**

- 03.08.2023, ZDF | plan b: [Von grau zu grün. Gutes Klima für die Stadt](#)
- 30.07.2023, dnn.de: Grüner und schattiger: [DVB-Haltestelle Julius-Vahlteich-Straße soll hitzeresistent werden](#)
- 29.07.2023, zdf heute: [Hitze in Ballungszentren: Wie sich Städte auf Extremwetter vorbereiten](#)
- 21.07.2023, MDR Sachsen: [Ratgeber bei Extrem-Wärme - Hitze-Handbuch soll in Dresden vor Extrem-Wärme schützen](#)
- 21.07.2023, Sachsen Fernsehen: [Erstes Hitzehandbuch Deutschlands vorgestellt](#)
- 20.07.2023, dnn.de: Klimawandel: [Dresden legt erstes Hitze-Handbuch in Deutschland vor](#) (beschränkter Zugriff)
- 20.07.2023, saechsische.de: [Weniger schwitzen, besser schlafen: Dresden legt bundesweit erstes Hitze-Handbuch vor](#)
- 20.07.2023, sueddeutsche.de: [Hitze-Handbuch Dresden: Erste Broschüre dieser Art](#)
- 20.07.2023, TAG24.de: [Kampf gegen Wärme: Dresden präsentiert Deutschlands erstes Hitze-Handbuch](#)
- 31.05.2023, wohnungswirtschaft-heute.de: [Hitzeanpassung in Städten? – "HRC-Hitzetool" hilft](#)
- 27.03.2023, architekturblatt.de: [Wie wirken Maßnahmen zur Hitzeanpassung in Städten? – Das "HRC-Hitzetool" hilft bei der Bewertung](#)

- 25.03.2023, Beschaffungsdienst GALABAU: [Wie wirken Maßnahmen zur Hitzeanpassung in Städten? – Das "HRC-Hitzetool" hilft bei der Bewertung](#)
- 24.03.2023, Public Manager: [Wie wirken Maßnahmen zur Hitzeanpassung in Städten? – Das "HRC-Hitzetool" hilft bei der Bewertung](#)
- 22.09.2022, MDR/Sachsenspiegel: [Forschung aus Dresden: Was gegen Hitze in Städten hilft](#)
- 19.07.2022, MDR-Fernsehen/Umschau: [Welche Ideen Architekten für Hitzeschutz in den Städten haben](#)
- 07.07.2022, Podcast "Tonspur Wissen": [Was kann ich gegen Hitze in der Wohnung tun?](#)
- 09.05.2022, THIB24: [Erfurt: Klima-Pavillon eröffnet](#)
- 07.05.2022, Erfurt.de – das offizielle Stadtportal der Landeshauptstadt Thüringens: [Klima-Pavillon ist eröffnet](#)
- 22.04.2022, Medieninformation des IÖR: [Wohngebäude an Sommerhitze anpassen – Weiterbildung in Erfurt und Dresden zeigt, wie es geht](#)
- 18.03.2022, Pressemitteilung des Hitzeforums Leipzig: [Wie müssen wir unser Handeln anpassen, um uns der Hitze anzupassen?](#)
- 26.04.2022, immobilien vermieten & verwalten: [Kühle Wohnungen auch in heißen Sommern](#)
- 11.12.2021, Allgemeiner Anzeiger: [Preis gibt Auftrieb. Nachhaltigkeitspreis für Projektverbund "HeatResilientCity"](#)
- 10.12.2021, Amtsblatt der Stadtverwaltung Erfurt: [HeatResilientCity gewinnt Deutschen Nachhaltigkeitspreis. Forschungsprojekt mit Erfurter Beteiligung in Düsseldorf ausgezeichnet](#)
- 07.12.2021, DAWO!: [Deutscher Nachhaltigkeitspreis geht an Projekt in Dresden](#)
- 06.12.2021, Freiraumgestalter: [Deutscher Nachhaltigkeitspreis vergeben. Projekt HeatResilientCity ausgezeichnet](#)
- 06.12.2021, Ecoreporter: [14. Deutscher Nachhaltigkeitspreis: Das sind die Sieger](#)
- 06.12.2021, Coolis: [Deutscher Nachhaltigkeitspreis 2022 geht an HeatResilientCity](#) (Pressemitteilung der FH Erfurt)
- 05.12.2021, baulinks: [Die Sieger beim 14. Deutschen Nachhaltigkeitspreis](#)
- 04.12.2021, ZEIT.de: [Nachhaltigkeitspreis für Forscher aus Dresden und Erfurt](#)
- 04.12.2021, Thüringer Allgemeine: [Erfurter Forscher gewinnen Deutschen Nachhaltigkeitspreis \[mit Bezahl-schranke\]](#)
- 04.12.2021, sueddeutsche.de: [Nachhaltigkeitspreis für Forscher aus Dresden und Erfurt](#)
- 04.12.2021, saechsische.de: [Nachhaltigkeitspreis für Forscher aus Dresden](#)
- 04.12.2021, Presseportal: [Deutscher Nachhaltigkeitspreis für das Forschungsprojekt "HeatResilientCity"](#) (Pressemitteilung der Stiftung Deutscher Nachhaltigkeitspreis)
- 04.12.2021, MDR (online): [Deutscher Nachhaltigkeitspreis 2022: Wissenschaftler der FH Erfurt ausgezeichnet](#)
- 05.11.2021, Thüringer Allgemeine: [Das Projekt „HeatResilientCity“: Abstimmung kann den Sieg nach Erfurt bringen](#)
- 05.11.2021, db - deutsche bauzeitung: [Jetzt abstimmen für den Deutschen Nachhaltigkeitspreis! Hitzeangepasste Stadt](#)
- 04.11.2021, ARD alpha: [nano | Wissen](#)
- 02.11.2021, 3sat: [Deutscher Nachhaltigkeitspreis](#)
- 30.10.2021, Allgemeiner Anzeiger Erfurt/Sömmerda: [Heißer Anwärter. HeatResilientCity im Finale für den Nachhaltigkeitspreis](#)

- 29.10.2021, Amtsblatt Landeshauptstadt Erfurt: [HeatResilientCity im Finale für Nachhaltigkeitspreis. Abstimmung für Projekt bis zum 15. November möglich](#)
- 29.10.2021, Dresdner Neueste Nachrichten: [Mehr Hitzeschutz für Dresden-Gorbitz: Projekt für Nachhaltigkeitspreis nominiert](#) [mit Bezahlschranke]
- 26.10.2021, architekturblatt: [HeatResilientCity für Deutschen Nachhaltigkeitspreis nominiert – Jetzt für das Projekt abstimmen!](#)
- 25.10.2021, Thüringer Allgemeine: [Im Finale für den Nachhaltigkeitspreis](#)
- 25.10.2021, Pressemitteilung des HRC II-Verbundes: [HeatResilientCity für Deutschen Nachhaltigkeitspreis nominiert – Jetzt für das Projekt abstimmen!](#)
- 27.07.2021, saechsische.de: [Fünf Ideen gegen die Hitzegefahr in Dresden](#)
- 28.06.2021, FH Erfurt: [Publikationen zu Hitzeresilienz in Städten: Handlungsempfehlungen für Akteure kommunaler Klimaanpassung sowie Bürgerperspektiven auf hitzerobuste Stadtplätze und Haltestellen](#)
- 28.02.2021, saechsische.de: [Dresden bereitet sich auf neue Wetterrekorde vor \(beschränkter Zugriff\)](#)
- 24.02.2021, MDR (online): [Stadtforschung | Forschungsprojekt zu Hitzeentwicklung in Dresden geht weiter](#)
- 24.02.2021, ZEIT.de: [Projekt: Umgang mit Hitze in der Stadt geht in neue Runde](#)
- 23.02.2021, Pressemitteilung der Technischen Universität Dresden: [Wohlfühlen trotz Sommerhitze – Forschungsprojekt begleitet praktische Vorsorge und Anpassung in Stadtquartieren](#)
- 23.02.2021, insuedthueringen.de: [Zum Umgang mit Hitze in der Stadt](#)
- 23.02.2021, sueddeutsche.de: [Projekt: Umgang mit Hitze in der Stadt geht in neue Runde](#)
- 23.02.2021, t-online.de: [Klimaanpassung in Erfurt | Projekt: Umgang mit Hitze in der Stadt geht in neue Runde](#)
- 23.02.2021, Pressemitteilung des HRC II-Verbundes: [Wohlfühlen trotz Sommerhitze – Forschungsprojekt begleitet praktische Vorsorge und Anpassung in Stadtquartieren](#)

### III. Literaturverzeichnis

- Baldin, M.-L., Sinning, H., 2022. Hitzeresiliente Städte: Warum gelingt die Umsetzung nicht?: Governanceanalyse zu Umsetzungs- und Kommunikationshemmnissen am Beispiel Dresden und Erfurt. DisP - Plan. Rev. 58, 4–20. <https://doi.org/10.1080/02513625.2022.2091848>
- Brzoska, P., Fügner, T., Moderow, U., Ziemann, A., Schünemann, C., Westermann, J., Grunewald, K., Maul, L., 2022. Towards a web tool for assessing the impact of climate change adaptation measures on heat stress at urban site level. *One Ecosyst.* 7, e85559. <https://doi.org/10.3897/oneeco.7.e85559>
- Brzoska, P., Grunewald, K., Bastian, O., 2021. A multi-criteria analytical method to assess ecosystem services at urban site level, exemplified by two German city districts. *Ecosyst. Serv.* 49, 101268. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101268>
- CIBSE (Ed.), 2017. Design methodology for the assessment of overheating risk in homes. The Chartered Institution of Building Services Engineers London, London.
- CIBSE (Ed.), 2013. TM52: The limits of thermal comfort: avoiding overheating in European buildings. Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. The Chartered Institution of Building Services Engineers London, London.
- DIN, 2013. DIN 4108-2:2013-02, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Beuth Verlag, Berlin.
- Emeis, S., 2005. How well does a power law fit to a diabatic boundary-layer wind profile? <https://doi.org/10.5445/IR/120060755>
- Fischer, V., Sinning, H., 2023. Vernetzung von Gesundheitsakteuren zur Hitzevorsorge in der Stadt Erfurt. Handlungsempfehlungen. Bericht im Projekt HeatResilientCity II Arbeitspaket 3.3. Unveröffentlichtes Material. ISP - Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation der Fachhochschule Erfurt, Erfurt.
- Fischer, V., Sinning, H., 2022. Gesundheit und Hitze in der Stadtentwicklung. Die Rolle von Gesundheitsakteuren und Hitzeaktionsplänen (HAP) als Instrument. *Vhw-Forum Wohn. Stadtentwickl. Heft 4*, 216–222.
- Fügner, T., Grunewald, K., Schünemann, C., Kriesten, T., Moderow, U., Ziemann, Astrid, Goldberg, Valeri, 2023. HRC-Hitzetool: Handbuch 25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7681258>
- Fügner, T., Grunewald, K., Ziemann, A., Moderow, U., Goldberg, Valeri, Kochan, N., Brzoska, P., 2022. Das HRC-Hitzetool: Ein Web-Tool zur Bewertung von Hitzeanpassungsmaßnahmen in Städten. *Transform. Cities* 2022/3, 44–48.
- Hermann, R., Sinning, H., 2022. Lebensqualität trotz Hitze - wie geht das?: Ergebnisse der Bewohnerbefragungen zu Gemeinschaftsangeboten bei sommerlicher Hitze am Erfurter Johannesplatz und in Dresden Gorbitz, ISP-Schriftenreihe. Fachhochschule Erfurt. <https://doi.org/10.22032/DBT.53299>
- Keydel, A., Westermann, J., Reinfried, F., Olfert, A., Wolter, A., Hoyer, S., Spohr, G., Herrmann, R., Sinning, H., 2023. Qualifizierungskonzept für die Kommunalverwaltungen in Dresden und Erfurt im Themenfeld Klimawandel und -anpassung (Bericht M17 im Verbundprojek HeatResilientCity, unveröffentlicht). Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, Dresden.
- Kriesten, T.F., 2023a. HeatResilientCity II - work package 2.2: Influence of regional and urban climate on indoor overheating - Characteristic annual data and average present years. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8245936>
- Kriesten, T.F., 2023b. HeatResilientCity II - work package 2.2: Influence of regional and urban climate on indoor overheating – Building models and climate files. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8245942>
- Kriesten, T.F., 2023c. HeatResilientCity II - Einfluss von Regional- und Stadtklima auf die Hitzebelastung in Gebäuden - Kurzfassung. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8143331>
- Kriesten, T.F., 2023d. HeatResilientCity II - work package 2.3: Interactions between buildings and open space adaptation measures – Building models, simulation boundary condition and their variations. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8189029>
- Kriesten, T.F., Moderow, U., 2023a. HeatResilientCity II - work package 2.3: Interactions between buildings and open space adaptation measures – Meteorological input data for building performance simulation. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8188820>

- Kriesten, T.F., Moderow, U., 2023b. HeatResilientCity II - work package 2.3: Interactions between buildings and open space adaptation measures – Meteorological input data for building performance simulation. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8188821>
- Kriesten, T.F., Moderow, U., Schünemann, C., 2024. HeatResilientCity II - Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen Gebäuden und Freiraum auf Quartiersebene - Steckbriefe. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8094182>
- Kriesten, T.F., Moderow, U., Schünemann, C., 2023. HeatResilientCity II - Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen Gebäuden und Freiraum auf Quartiersebene - Kurzfassung. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8143330>
- Kriesten, T.F., Ziemann, Astrid, Goldberg, V., Schünemann, Christoph, in Bearbeitung. The effect of regional, urban and future climate on indoor overheating – a simplified approach based on measured weather data.
- Kunze, S., Schiela, D., Zweinert, S., Naumann, T., Bolsius, J., 2019. Wissenschaftliches Konzept zur Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes im Gebäudebestand der Eisenbahner-Wohnungsbaugenossenschaft Dresden eG (Forschungsbericht im Rahmen HeatResilientCity II). HTW Dresden, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Eisenbahner-Wohnungsbaugenossenschaft Dresden, Dresden.
- Landeshauptstadt Dresden (Ed.), 2023. Hitze-Handbuch: Gut vorbereitet auf Hitze Informationen und Empfehlungen für Beschäftigte im Gesundheits-, Pflege-, Sozial-, Bildungs- und Wohnbereich. Amt für Gesundheit und Prävention, Dresden.
- LHD, LHE (Eds.), 2022. Dokumentation zum 3. Städtedialog „Kommunale Hitzeanpassung“, Dresden & Erfurt am 20.10.2022.
- Moderow, U., Goldberg, V., Ziemann, A., 2022. Indikator zur Quantifizierung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen an Hitze im Freiraum (other). [display. https://doi.org/10.5194/dach2022-165](https://doi.org/10.5194/dach2022-165)
- Moderow, U., Ziemann, A., Goldberg, Valeri, Spohr, G., 2023. Bäume, Wiesen, Stadtplätze, Spielplätze, Straßen. Steckbriefe zur Wirkung urbaner Strukturen und Hitzeanpassungsmaßnahmen im Freiraum. Technische Universität Dresden, Landeshauptstadt Dresden, Landeshauptstadt Erfurt, Dresden, Erfurt.
- Moderow, Uta, Ziemann, Astrid, Goldberg, V., Sinning, H., 2023. Thermal loads in two different urban quarters – perspectives from mobile measurements and mental maps. Meteorol. Z. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2762324/v1>
- Olfert, A., Kaltenberg, A., 2023. Klimawandel-Governance in der Kommunalverwaltung Dresden – Bestandsaufnahme und Verstetigung. Meilensteinbericht M14 im Vorhaben HeatResilientCity II. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden.
- Olfert, A., Keydel, A., 2023. Wirksamkeit der Qualifizierungsangebote aus Sicht der Akteure sowie weitere Handlungsbedarfe. Bericht M18 im Verbundprojekt HeatResilientCity II. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden.
- Schiela, D., Kriesten, T.F., 2023a. HeatResilientCity II - Arbeitspaket 2.2: Einfluss von Regional- und Stadtklima auf die Hitzebelastung in Gebäuden - Aufbereitete Wetterdaten. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8233369>
- Schiela, D., Kriesten, T.F., 2023b. HeatResilientCity II - Arbeitspaket 2.2: Einfluss von Regional- und Stadtklima auf die Hitzebelastung in Gebäuden - Aufbereitete Wetterdaten. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8233370>
- Schiela, D., Schünemann, Christoph, Spohr, G., 2020. Wissenschaftliches Konzept zur Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes eines Gründerzeit-Mehrfamilienhauses der Erfurter Oststadt (Forschungsbericht im Rahmen HeatResilientCity II). Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung Dresden, Landeshauptstadt Erfurt, Dresden, Erfurt.
- Schünemann, C., Ziemann, A., Goldberg, V., Kunze, S., 2022. Model chain from microscale meteorological simulation to building simulation for spatially resolved heat resilience evaluation (preprint). In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1496792/v1>
- Stewart, I.D., Oke, T.R., 2012. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. Bull. Am. Meteorol. Soc. 93, 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Westermann, J., Olfert, A., Kunze, Stefanie, 2023. Uli ist heiß ... Wer kann etwas gegen die Hitze in Wohnräumen tun? Eine Ideensammlung für Bauplanung, Hausverwaltungen und Wohnungsbaugenossenschaft-

- ten. (Erklärfilm aus dem Verbundprojekt HeatResilientCity). Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung Dresden, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (Umsetzung: youknow GmbH), Dresden.
- Westermann, J., Ziemann, Astrid, 2023. Uli ist heiß. Wie die Wissenschaft die Hitzebelastung in der Stadt untersucht. Welche Ursachen gibt es für Hitze in Stadtquartieren und welche Maßnahmen sind wirksam? (Erklärfilm aus dem Verbundprojekt HeatResilientCity). Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung Dresden, Technische Universität Dresden (Umsetzung: youknow GmbH), Dresden.
- Westermann, J.R., Bolsius, J., Kunze, S., Schünemann, C., Sinning, H., Ziemann, A., Baldin, M.-L., Brüggemann, K., Brzoska, P., Ehnert, F., Großmann, L., Grunewald, K., Naumann, T., Reinfried, F., Richter, B., Spohr, G., Ortlepp, R., Goldberg, Valeri, V., 2022a. Bewohnerorientierte Hitzeanpassung von Stadtquartieren. Transdisziplinäre Wissensintegration von Klimatologie, Ökologie, Gebäude- und Governance-forschung sowie Maßnahmenplanung und Umsetzung. GAIA - Ecol. Perspect. Sci. Soc. 30, 257–267. <https://doi.org/10.14512/gaia.30.4.9>
- Westermann, J.R., Sinning, H., Hermann, R., Olfert, A., Spohr, G., Reinfried, F., 2022b. Klimaschutz und -anpassung in Stadtverwaltungen. Bedeutung im Verwaltungshandeln und Weiterbildungsbedarfe am Beispiel Dresden und Erfurt. Transform. Cities 2, 46–50.
- Wolter, A., Sinning, H., 2023. Verstetigung von Governance-Prozessen der kommunalen Klimaanpassung an Hitze. Fortschreibung der Akteurs- und Governanceanalyse sowie der Handlungsempfehlungen für die Fallbeispielstadt Erfurt (Meilensteinbericht M18 im Verbundprojekt HeatResilientCity II). ISP - Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation der Fachhochschule Erfurt, Erfurt.

## IV. Anlage: kurzgefasster Erfolgskontrollbericht

### Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Vorhabens inklusive der erreichten Nebenergebnisse und der gesammelten wesentlichen Erfahrungen

Die Arbeiten im Vorhaben HeatResilientCity II adressieren eine große Breite kommunaler Fragestellungen mit Bezug zur Hitzeanpassung. In einem ersten Teil wurden fachliche Grundlagen für die Problemanalyse und Entscheidungsfindung vertieft (AP 1.1 und AP 1.2). In einem zweiten Teil wurden Bewertungs- und Lösungsansätze zur Hitzeanpassung von Wohngebäuden und im Freiraum erarbeitet und erprobt (AP 2.1, AP 2.2, AP 2.3). Im dritten Teil wurden Governanceansätze zur Verstetigung der Klimafolgen- und Hitzeanpassung in kommunalen Verwaltungen untersucht und durch Qualifizierungsmaßnahmen und Vernetzung von Akteuren aus dem Gesundheits-, Sozial- und Bildungswesen unterstützt (AP 3.1, AP 3.2, AP 3.3).

#### AP 1.1 – Indikatoren-Entwicklung: Quantitative Bewertung der Wirksamkeit von Hitzeanpassungsmaßnahmen

Die Priorisierung von Hitzeanpassungsmaßnahmen (HAM) in Stadtquartieren ist eine praktische Herausforderung für handelnde Akteure. Sie bildete den Hintergrund des Arbeitspaketes 1.1. Das Ziel bestand darin, eine **Methode für die indikatorgestützte Prüfung der Wirksamkeit von HAM für den Freiraum und für Gebäude** bereitzustellen. Dafür wurden verschiedene Indikatoren auf der Grundlage von potenziell umsetzbaren Maßnahmen entwickelt. Die Indikatoren wurden für verschiedene räumliche Skalen (vom einzelnen Baum über ein Gebäude bis zu einem Straßenzug) abgeleitet. Die bedarfsorientierten Indikatorsets bildeten die Grundlage für die Entwicklung eines webbasierten Bewertungs-Tools in AP 1.2. Über dieses Tool und einen begleitenden Anwendungsleitfaden wurden die Indikatoren den angesprochenen Akteuren (u. a. Kommunen, Wohnungsunternehmen, Expertinnen und Experten) zugänglich gemacht. Je nach Nutzergruppe resultierte eine angepasste Komplexität des Indikatorsets bzw. der Wirksamkeitsbewertung: von einer Ampelanzeige bis zu Werteangaben mit Detailinformationen.

Das Indikatorset zur Bewertung und Quantifizierung von HAM wurde in enger Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern entwickelt. Für die Umsetzung der Vorstellungen und Anforderungen der Praxispartner an den Freiraum- und Gebäudeindikator wurde ein eigens entwickelter Fragebogen genutzt. Die Testphase des entwickelten Indikatorsets wurde mit einem Excel-Tool, durch ein Handbuch und Online-Schulungen unterstützt. Die daraus resultierenden Hinweise und Wünsche der kommunalen Praxispartner sind in die Überarbeitung des Indikatorsets eingeflossen. Als Ergebnis stehen **zwei Indikatoren zur Beschreibung der Wirkung von Maßnahmen im Freiraum sowie an und in Gebäuden**.

Eine prominente und häufig eingesetzte Anpassungsmöglichkeit im Freiraum ist das urbane Grün. Tagsüber reduziert Vegetation die Hitzebelastung primär über den Schattenwurf und sekundär über die Transpiration. Nachts führt vor allem niedrige Vegetation auf ausgedehnten Flächen zu einer verringerten Lufttemperatur im Stadtquartier. Diese Wirkungen von Bäumen, Wiesen und Straßenbegleitgrün nimmt der **Freiraumindikator** in den Fokus. Dabei werden 69 verschiedene Fallbeispiele mit unterschiedlichen Grün- und Stadtstrukturen und mit typischen räumlichen Anordnungen von urbanem Grün und Stadtstrukturen unterschieden. Das Besondere des Freiraumindikators besteht darin, dass ein aktueller bioklimatischer Index zum Einsatz kommt. Dieser Ansatz trägt dem Umstand Rechnung, dass das thermische Wohlbefinden des Menschen nicht allein von der Lufttemperatur abhängig ist, sondern insbesondere von der Wärme-Strahlung, aber auch von der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit. Durch die Nutzung von Ergebnissen des etablierten mikroskaligen Stadtklimamodells ENVI-met wird eine erste orientierende, objektive und quantitative Bewertung der Wirksamkeit von HAM zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten an Sommertagen mit hoher Wärmebelastung ermöglicht. Das Konzept des Freiraumindikators und die räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Datengrundlage erlauben eine Adressierung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen im mitteleuropäischen Raum (Moderow et al., 2022).

Zur Wirkung ausgewählter städtischer Strukturen im Freiraum (Bäume, Wiesen, versiegelte freie Plätze, geweißte Straßen und Wege, Spielplätze) auf die menschliche Wärmebelastung wurden **Steckbriefe** erstellt (Beispiel

Bäume: Moderow et al., 2023). Diese wurden für Erfurt zusammen mit der LHE entwickelt. In Abstimmung mit der LHD wurden diese Steckbriefe dann auch für Dresden angepasst. Sowohl für Erfurt als auch für Dresden wurden hierbei Messdaten (Moderow, Uta et al., 2023) als auch Modelldaten genutzt, die aus der 1. Förderphase von HeatResilientCity für beide Städte vorlagen. Die Steckbriefe sind über die Homepage von HeatResilientCity II verfügbar.

Die Bewertung der Wirksamkeit von HAM an und in Gebäuden hängt von einer Vielzahl von gebäude- und raum-spezifischen Eigenschaften ab, v. a. Geometrie, Orientierung und Lage im Gebäude, Baumaterialien, Verschattungen, Fenstergrößen, Durchlüftungsmöglichkeiten. Aus diesem Grund und um verschiedenen Adressatenkreisen gerecht zu werden, ist der **Gebäudeindikator** zweiteilig angelegt. Der praxisbezogene Indikator wurde für eine erste qualitative Einschätzung der Wirkung verschiedener HAM entwickelt. Hiermit werden u. a. Sonnenschutz, Dämmung, Lüftungsanlagen, Dach- und Fassadengrün eingeschätzt. Die Bewertung der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen basiert dabei auf durchgeführte Messungen und thermisch-dynamische Gebäudesimulationen. Da sich mit dem praxisbezogenen Gebäudeindikator keine genauen Bewertungen durch Gebäudesimulationen ersetzen lassen und keine genaue Einschätzung der Hitzebelastung möglich ist, wurde weiterhin ein quantitatives Indikatorset entwickelt, welches zur Bewertung der Ergebnisse aus thermisch-dynamischen Gebäudesimulationen dient. Dabei vereinigt das Indikatorset verschiedene Vorteile bestehender Normen und Richtlinien und berücksichtigt dadurch insbesondere das Adaptionsvermögen des Menschen an Hitze, unterschiedliche Raumnutzungen und Nutzungszeiten sowie die Häufigkeit und Höhe der Überschreitung von zulässigen Innenraumtemperaturen.

#### **AP 1.2 – Tool-Entwicklung: Visualisierung der Wirksamkeit von Hitzeanpassungsmaßnahmen**

Neben dem fehlenden gesetzlichen Rahmen (Klimaanpassung als eine kommunale Pflichtaufgabe) und der Ressourcenausstattung ist der Mangel an Fachwissen in kommunalen Verwaltungen ein wichtiges Umsetzungshindernis von Hitze-Anpassungsmaßnahmen. Häufig fehlen Wissensgrundlagen, z. B. über die grundsätzliche Eignung von Maßnahmen und deren Wirksamkeit an bestimmten Standorten in der Stadt. Eine Möglichkeit der effektiven Entscheidungsunterstützung bilden digitale Planungstools.

Vor diesem Hintergrund wurde in AP 1.2 ein Online-Tool zur Bewertung von Hitzeanpassungsmaßnahmen in Städten entwickelt – das „HRC-Hitzetool“ (<http://hrc-hitzetool.ioer.info/>). Es unterstützt Entscheidungsträger\*innen in der Umsetzung und Planung von Anpassungsmaßnahmen und bietet wegen des niederschweligen Aufbaus auch eine Informationsmöglichkeit in der Ausbildung und für die breite Öffentlichkeit. Die Konzepterstellung des Tools basiert auf einer umfangreichen Recherche zu existierenden Tools, welche Hitzebelastung und Anpassungsmaßnahmen in Städten fokussieren. Diverse verfügbare Tools wurden nach einem Kriterienkatalog verglichen und bewertet (Brzoska et al., 2022) und eine Ämterbefragung in den Stadtverwaltungen der Städte Dresden und Erfurt durchgeführt. Auf dieser Basis konnten der Bedarf sowie die Anforderungen an ein neues Tool dieser Art definiert werden.

Die Innovation des HRC-Hitzetools besteht zum einen in der Kleinskaligkeit, mit welcher Hitzeanpassungsmaßnahmen bewertet werden können, zum anderen in der Bewertung der Hitzebelastung auf den Menschen mittels eines bioklimatischen Index, dem Universellen Thermischen Klima-Index UTCI. Das HRC-Hitzetool gewährleistet eine Betrachtung unterschiedlicher Szenarien von Bebauung, Bepflanzung und Gebäudestrukturen sowie eine zeitliche Differenzierung bei der Bewertung von Hitzestress, was als Forschungslücke bei vergleichbaren Tools identifiziert wurde. Grundlage für diese Funktionalitäten des HRC-Hitzetools bilden die Indikatoren aus AP 1.1. Ein Tool-Handbuch unterstützt Nutzer\*innen bei Anwendung (Fügener et al., 2023).

Die Tool-Entwicklung wurde mit Hilfe eines IT-Dienstleisters unter Einbeziehung der potentiellen Anwender\*innen in der kommunalen Verwaltung sowie anderer APs (AP 1.1, AP 2.1, AP 3.1) realisiert und der Fach-Öffentlichkeit vorgestellt (Fügener et al., 2022). In einer Testphase mit potentiellen Nutzergruppen wurde die allgemeine Funktionalität des Prototyps geprüft. Hinweise und Verbesserungsvorschläge wurden formulargestützt eingeholt und flossen in die Finalisierung des Tools ein.

## AP 2.1 – Verletzbarkeitsanalysen und Anpassungskonzepte für Mehrfamilienhäuser

Mithilfe systematischer Untersuchungen der Verletzbarkeit von Wohngebäuden gegenüber Sommerhitze legt das Arbeitspaket die Grundlage für die Verbesserung der Hitzeresilienz von Wohngebäuden. Diese beschreibt die Eigenschaften eines Gebäudes, welche dazu beitragen, Überwärmung von Innenräumen während Hitzeperioden zu mindern und ein gesundheits- und leistungsförderndes Raumklima im Gebäude zu erhalten.

Um Ergebnisse für eine möglichst große Anzahl an Bestandsgebäuden zu erzeugen, wird dabei ein gebäudetypologischer Ansatz genutzt. Gemeinsam mit den assoziierten Wohnungsbaugenossenschaften WBG Zukunft eG und EWG Dresden eG wurden mögliche Gebäudetypen in Erfurt und Dresden definiert und in den Beständen der Wohnungsbaugenossenschaften vier **geeignete Beispielobjekte** benannt.

Nach der Erstellung eines Messkonzeptes wurden in den Sommern 2021 und 2022 **Messungen des Innenraumklimas** in ausgewählten Wohneinheiten der vier Beispielobjekte durchgeführt. Begleitet wurden die Messungen durch eine Bewohner\*innen-Befragung zur Belastungssituation sowie durch die baukonstruktive und haustechnische Erkundung der Gebäude. Besonders in den oberen Geschossen der Gebäude konnte eine zeitweise Überhitzung von Wohnräumen festgestellt werden.

Für die **Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen** mithilfe thermischer Gebäudesimulationen wurden detaillierte Gebäudemodelle erstellt. Dabei konnte festgestellt werden, dass unter ungünstigen Randbedingungen in Zukunft in allen betrachteten Gebäudetypen mit einer Überhitzung einzelner Räume zu rechnen ist. Die Simulationen zeigen, dass bei Wohngebäuden insbesondere mithilfe der Anpassungsstrategien *Minderung der Wärmeeinträge* und *Optimierung des Luftwechsels* eine deutliche Erhöhung der Hitzeresilienz erzielt werden kann. Die Anpassungsstrategien *Kühlung* und *Optimierung der Wärmespeicherfähigkeit* spielen eine untergeordnete Rolle. Die Ergebnisse wurden u. a. auf den Qualifizierungsveranstaltungen (siehe AP 3.2) vorgestellt.

Die Präsentation der Ergebnisse der Messungen des Innenraumklimas sowie der thermischen Gebäudesimulationen erfolgt in Form von **Gebäudesteckbriefen**. Aus diesen wird erkennbar, wie hoch die Verletzbarkeit eines Gebäudes gegenüber Hitze sein kann und wie sich Maßnahmen(-kombinationen) voraussichtlich auf die Hitzeresilienz eines Gebäudes auswirken. Die Steckbriefe sollen Eigentümer\*innen und oder Verwalter\*innen helfen, für besonders durch Sommerhitze gefährdete Gebäude objektive und wirtschaftlich angemessene Wege zur Erhöhung der Klimaresilienz aufzuzeigen.

Im Anschluss an das Projekt HRC I wurden für ein Beispielobjekt in Dresden-Gorbitz während der Sommermonate 2021 Maßnahmen zur Erhöhung der Hitzeresilienz umgesetzt. Für die Erfassung der Wirksamkeit der ausgeführten Anpassungsmaßnahmen im Beispielobjekt Leutewitzer Ring 25 - 31 wurde durch die HTW ein **systematisches Messprogramm** entwickelt. Dabei werden sowohl im Beispielobjekt Leutewitzer Ring 25 - 31 (WBS, Reihenhaus) nach Implementierung der Anpassungsmaßnahmen sowie im benachbarten Gebäude Leutewitzer Ring 11 - 19 (WBS, Reihenhaus), das sowohl im Grundriss als auch in der Gebäudeausrichtung zum Referenzgebäude identisch ist und mit vergleichbaren Standards saniert wurde, jedoch ohne Ausführung von Anpassungsmaßnahmen an Hitze, Messreihen durchgeführt.

Es konnte dargelegt werden, dass die Implementierung hitzespezifischer Sanierungsmaßnahmen einen positiven Effekt auf das Innenraumklima des Beispielobjekts hat. Die Ergebnisse wurden u. a. auf den Qualifizierungsveranstaltungen (siehe AP 3.2) vorgestellt.

## AP 2.2 – Überregionaler Transfer von Untersuchungsergebnissen – Einfluss von Regional- und Stadtklima

Die in HRC I entwickelten Anpassungsmaßnahmen für das Gründerzeithaus (EF) und das sanierte Gebäude des industriellen Wohnungsbaus (DD) werfen die Frage auf, ob diese auch einfach auf andere Regionen in Deutschland übertragen werden können, dort ebenso wirksam bzw. nicht ausreichend oder evtl. gar nicht notwendig sind. Damit einher geht die generelle Fragestellung, inwiefern das Regional- und Stadtklima die Hitzebelastung in Gebäuden und die Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen beeinflusst.

Um dies zu untersuchen, wurden die beiden Mehrfamilienhaustypen unter gleichen Nutzungsrandbedingungen virtuell in fünf verschiedenen Regionen Deutschlands positioniert und mittels thermischer Gebäudesimulation die Auswirkung der unterschiedlichen Regionalklimata auf die Hitzebelastung im Gebäude sowie die Wirksamkeit

der Anpassungsmaßnahmen untersucht. Dafür wurden zunächst Wetterdatensätze der DWD-Messstationen Dresden-Klotzsche, Stuttgart-Schnarrenberg, Hamburg-Fuhlsbüttel, Köln-Bonn, München-Stadt und Potsdam der gegenwärtigen Normalperiode (1991 - 2021) aufbereitet. Anhand charakteristischer Kenngrößen, wie der Wärmesumme, der direkten Solarstrahlung, der Anzahl heißer Tage und warmer Nächte sowie der Anzahl und Andauer von Hitzewellen, wurden durchschnittliche Sommer der Gegenwart für die jeweiligen Regionen bestimmt. Über Eingrenzung der Abweichung der Sommer aus den Jahren 1991 - 2021 von den genannten Kennwerten wurde ein Jahr mit einem für diese Periode durchschnittlichen Sommer ermittelt. Weiterhin wurde ein charakteristischer zukünftiger Sommer aus diesen Messdatensätzen abgeleitet, um sicherzustellen, dass die untersuchten Gebäude auch in Zukunft (Zeitraum 2031 - 2050) unter Berücksichtigung der Erderwärmung noch hitzerobust sind. Hierfür wurde nach statistischer Auswertungen des Temperaturänderungssignals von Klimaprojektionen des Emissionsszenarios RCP8.5 aus den Projekten EURO-CORDEX und ReKliEs und Vergleich dieser mit den Temperaturverteilungen der einzelnen Jahre in der Normalperiode ein Jahr mit einem charakteristischen zukünftigen Sommer bestimmt. Zur Berücksichtigung des Stadteffektes wurde auf Basis von Klassen lokaler urbaner Klimazonen (nach Stewart and Oke, 2012) ein durchschnittlicher maximaler städtischer Wärmeinseleffekt (UHI-Effekt) bestimmt. Um auch die tageszeitliche Variabilität des UHI-Effektes zu berücksichtigen, wurde unter Nutzung der Wetterstationen Berlin-Alexanderplatz (städtisch) und Berlin-Schönefeld (Umland) ein charakteristischer Tagesgang des UHI abgeleitet, der zur Aufprägung des UHI in den jeweiligen Regionen bzw. Stadtzentren herangezogen wurde.

Mit den charakteristischen Datensätzen für die Gegenwart und die Zukunft sowie einer Methodik zur Aufprägung des Stadteffektes wurden für die betrachteten Regionen und Städte Gebäudesimulationen mit verschiedenen Szenarien (Gegenwart ohne Stadteffekt, Gegenwart mit Stadteffekt, Zukunft ohne Stadteffekt, Zukunft mit Stadteffekt) durchgeführt. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt einen sehr starken Einfluss des Stadteffektes auf die Hitzebelastung in Gebäuden sowie eine regional sehr unterschiedliche – aber allgemein ebenfalls stark zunehmende – Hitzebelastung durch die zukünftige Klimaerwärmung. Insbesondere die Regionen Köln-Bonn, Stuttgart und Dresden stellen sich als besonders betroffen heraus. Diese Ergebnisse zeigen, wie wichtig die Berücksichtigung von Stadteffekt, Regionalität und Klimaerwärmung bei der Bewertung der Hitzebelastung in Wohngebäuden ist und können als Grundlage für eine Überarbeitung der Norm zum sommerlichen Wärmeschutz (DIN 4108-2) dienen. Gleichzeitig zeigt sich, dass ein vorausschauend saniertes Gebäude, wie das des industriellen Wohnungsbaus, Hitze besser widerstehen kann und die betrachteten Anpassungsmaßnahmen (Sonnenschutz, Abluftanlage, individuelles Lüftungsverhalten/Nachtlüftung) auch in Zukunft wichtig und wirkungsvoll sind. Allerdings unterscheidet sich die Effektivität der einzelnen Maßnahmen je nach Region und Szenario. Zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse des Arbeitspaketes und weiteren Diskussion in Planungs- und Fachkreisen wurden Steckbriefe (Kriesten et al., 2024) mit Detailinformationen zu den einzelnen Regionen erstellt.

### **AP 2.3 – Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen Gebäuden und Freiraum auf Quartiersebene**

Die erste Projektphase von HeatResilientCity (HRC) zeigte, dass Hitzeanpassungsmaßnahmen im Freiraum positiv auf das Klima in Gebäuden wirken können. So führt z. B. eine Maßnahme zur effektiveren Auskühlung des Freiraums in der Nacht auch zu einer Reduzierung der Wärme in Gebäuden durch nächtliche Lüftung. Hierdurch motiviert wurden in diesem Arbeitspaket die Auswirkungen von Hitzeanpassungsmaßnahmen im Freiraum auf das Mikroklima und anschließend dessen Wirkung auf die Hitzebelastung im Gebäude für verschiedene visionäre und realistische Maßnahmen genauer untersucht. Für diese Untersuchung wurde eine Modellkette genutzt, die sich bereits in der ersten Projektphase bewährt hat (Schünemann et al., 2022). Ergebnisse dieser mikroklimatischen Stadtklimasimulationen wurden herangezogen, um Tagesgänge meteorologischer Variablen zu generieren, die dann in die thermische Gebäudesimulation mit der Software IDA ICE eingebettet wurden, um Aussagen zur Überhitzung von Gebäuden in dem jeweils betrachteten Quartier zu gewinnen. Als Beispielquartiere dienten die bereits in HRC I betrachtete dicht bebaute gründerzeitliche Erfurter Oststadt (EF) und das durch viele Freiflächen gekennzeichnete Quartier Dresden-Gorbitz (DD) mit Gebäuden des Industriellen Wohnungsbaus (WBS 70).

Die visionären Szenarien beinhalteten die Untersuchung von weißen Straßen, weißen Dächern, Dachbegrünung, Fassadendämmung, Erhöhung der „Quartiersbelüftung“ und Fassadenbegrünung (DD) bzw. Quartiersbegrünung durch Stadtbäume (EF). In einem abschließenden visionären Anpassungsszenario wurden die für die Reduktion

der Hitzebelastung wirksamsten Maßnahmen miteinander kombiniert (visionäres Kombinationsszenario). In den realitätsnahen Maßnahmen wurden jeweils lokale quartierspezifische Szenarien betrachtet, die zuvor mit der jeweiligen Stadtverwaltung abgestimmt wurden. Mit dem etablierten, mikroskaligen Stadtklimamodell ENVI-met wurden die Bedingungen eines sehr warmen, wolkenfreien Sommertages mit hoher Strahlung simuliert. Die Wirksamkeit eines bestimmten Maßnahmen szenarios wurde dabei im Vergleich zu einer Referenzsimulation, die die derzeitigen realen Verhältnisse im Quartier widerspiegelt, beurteilt. Hierbei wurde betrachtet, wie sich die Wärmebelastung des Menschen auf Fußgängerniveau mit dem Anpassungsszenario ändert. Für die Beschreibung der Wärmebelastung wurde ein humanbioklimatischer Index, der universelle thermische Klimaindex (UTCI) genutzt, der in Grad Celsius angegeben wird.

Die **Ergebnisse** zeigen, dass sich alle Anpassungsszenarien im Mittel, bezogen auf das Gesamtgebiet zur Referenz, maximal um 1 °C unterscheiden, es jedoch lokal deutliche Unterschiede geben kann. Dies ist insbesondere der Fall, wenn durch **bodengebundene Maßnahmen**, z. B. zusätzliche Beschattung durch Bäume, der Strahlungshaushalt geändert wird. Hier zeigen sich lokale Änderungen von bis zu 10 °C am Tag. Weiterhin lässt sich ein Unterschied bei den Maßnahmen bezüglich deren Wirkung am Tag und in der Nacht feststellen. So hat die Fassadenbegrünung im Quartier Dresden-Gorbitz am Tag eine Hitzestress-reduzierende Wirkung. In der Nacht hingegen führt die **Fassadenbegrünung** zu einer leicht erhöhten Wärmebelastung im Freiraum. **Weißer Straßen** erhöhen durch Reflexion des Sonnenlichts die Wärmebelastung für Fußgänger am Tage stark und können daher als Anpassungsmaßnahme nicht empfohlen werden. Eine verbesserte **Belüftung im Quartier** durch Wegnahme von Gebäuden bzw. Gebäudeecken, die den Luftaustausch im Quartier einschränken, führte zu keiner eindeutigen Reduzierung der Wärmebelastung (Reduzierung von Schattenwurf vs. besser belüftete Bereiche). Für beide untersuchten Quartiere führen geweißte Dächer als auch Dachbegrünung zu einer überwiegenden Reduzierung der Wärmebelastung am Tag und in der Nacht. Für Dresden-Gorbitz wurden im visionären Kombinationsszenario die Maßnahmen geweißte Dächer und Fassadenbegrünung umgesetzt. Für die Erfurter Oststadt wurden die Maßnahmen geweißte Dächer, Fassadenisolierung sowie Erhöhung der Straßenbäume miteinander kombiniert. Im Fall von Dresden-Gorbitz führte das Kombinationsszenario zu einer sehr geringen Reduzierung der Wärmebelastung am Tag und einer sehr geringen Erhöhung der Wärmebelastung in der Nacht (bezogen auf das gesamte Gebiet im Vergleich zum Referenzszenario). Für Erfurt führte das Kombinationsszenario am Tag im Mittel kaum nachweislich zu einer Reduzierung der Wärmebelastung, während in der Nacht eine sehr geringe Reduzierung nachweisbar ist. Die erzielten Wirkungen in Summe waren nur teilweise größer als die Wirkung einer einzelnen Maßnahme. Die Größenordnung der Wirkungen änderte sich im Vergleich zu den anderen visionären Anpassungsszenarien jedoch nicht. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch eine Kombination von Maßnahmen Synergieeffekte zwischen den Maßnahmen möglich sein können. Für die beiden untersuchten Quartiere war der Synergieeffekt jedoch sehr klein.

Zur Durchführung der Gebäudesimulationen wurden aus den Ergebnissen der Stadtklimasimulationen für jedes Szenario Zeitreihen mit einer 14-tägigen Einschwing-, 2-tägigen Übergangs- und 12-tägigen Hitzephase erstellt. Weiterhin wurden in den Gebäudesimulationen nicht nur das veränderte Stadtklima, sondern auch Veränderungen am Gebäude (z. B. weiße Dächer, Dachbegrünung etc.) berücksichtigt. Die Bewertung der Hitzebelastung im Gebäude erfolgte anhand der Betrachtung der operativen Temperaturen (nach DIN 4108-2), die neben der Raumlufttemperatur auch den Strahlungseinfluss der raumumschließenden Oberflächen berücksichtigt. Diese wurde am letzten Tag der Hitzephase für einen stark hitzebelasteten Raum im jeweiligen Gebäude ausgewertet, indem Differenzen der Temperaturen aus den Referenzsimulationen und dem jeweiligen Maßnahmen szenario gebildet wurden. Die Wirkung auf das Innenraumklima ist für die Varianten weiße Dächer und Dachbegrünung mit einer Reduzierung der operativen Temperatur von über 1 °C am größten, wobei der Großteil dieser Temperatursenkung auf die Anpassungen am Gebäude zurückzuführen ist. Die Temperaturänderung, die auf das Stadtklima zurückzuführen ist, bewegt sich je nach Szenario zwischen +0,13 °C (Zunahme) und -0,6 °C (Verringerung) im Vergleich zur Referenzvariante. Nach Bewertung der Einzelmaßnahmen im Freiraum und im Gebäude wurden für das visionäre Kombinationsszenario schließlich die wirksamsten und sich noch im realistischen Rahmen bewegenden Varianten weiße Dächer und Fassadenbegrünung für Dresden sowie weiße Dächer, Fassadendämmung und Stadtbäume in Erfurt untersucht.

Als Grundlage für die Anwendung in der kommunalen Praxis wurden Bewertungsmatrizen als Kurzfassung (Kriesten et al., 2023) und Steckbriefe (Kriesten et al., 2024) für die visionären Maßnahmen erstellt, die eine übersichtliche und vergleichende Bewertung der verschiedenen Szenarien ermöglichen. Diese unterscheiden im Freiraum Wirkungen im direkten und weiteren Umfeld einer Maßnahme und auf Gebäudeebene zwischen der reinen Wirkung des Stadtklimas und jener der Anpassungsmaßnahmen am Gebäude.

### **AP 3.1 – Akteursrollen, -zuständigkeiten und -perspektiven zur Verstetigung und Umsetzung der Handlungsempfehlungen für Hitzeresilienz**

AP 3.1 hatte zum Ziel, die Erkenntnisse der in der ersten Projektphase (HRC I) durchgeführten Akteurs- und Governanceanalyse zu vertiefen und Veränderungen im Status Quo der Klimaanpassung in den Stadtverwaltungen zu ermitteln. Insbesondere sollte ein vertieftes Verständnis der Rollen und Aufgabenverständnisse zentraler Akteure sowie der Veränderungen in den Rollen und Zuständigkeitsbereichen erlangt werden. Diese Erkenntnisse bildeten die Basis, um Vorschläge zur weiteren Stärkung des Themas in den Stadtverwaltungen zu erarbeiten und die Handlungsempfehlungen der ersten Projektphase fortzuschreiben. Grundlage hierfür waren groß angelegte Online-Ämterbefragungen in Erfurt und Dresden, vertiefende Interviews mit der oberen Leitungsebene der Stadtverwaltungen sowie vorbereitend und ergänzend Analysen von Amtsblättern und ausgewählten Strategiedokumenten der beiden Städte. In die Analyse wurden auch Dokumente aus der ersten Projektphase (HRC I, AP 2.2) einbezogen.

Insgesamt haben 901 Mitarbeiter\*innen in Dresden (12 %) und 309 Mitarbeiter\*innen in Erfurt (9 %) an der Ämterbefragung teilgenommen (auswertbare Fragebögen). Die Befragungen basierten auf einem standardisierten Fragebogen mit 22 teils komplexen und mehrteiligen Fragen zu den Themenbereichen Bedeutung der Klimawandelfolgen und der -anpassung im Verwaltungshandeln, kommunale Instrumente und Maßnahmen zur Hitzevorsorge, Verständnis von Aufgaben und Rollen, Weiterbildungsbedarfe sowie allgemeine Informationen (Westermann et al., 2022b). Je sieben leitfadengestützte Interviews in Dresden und Erfurt wurden v. a. auf Ebene der Amtsleiter\*innen geführt. Sie dienten der Vertiefung von Ergebnissen aus Dokumentenanalysen und der Befragung in den Themenbereichen (a) Interesse und Wahrnehmung der Hitzebelastung, (b) Klimaanpassungsmaßnahmen, (c) Akteursnetzwerke und -zusammenarbeit, (d) Umsetzung von Maßnahmen und Handlungsempfehlungen, (e) Ausblick.

Zentrale Ergebnisse zeigen, dass Klimawandelfolgen und insbesondere Hitze einen großen Bedeutungszuwachs über die vergangenen Jahre erfahren haben. Das Thema wird von den meisten auch bereits in den Arbeitsaufgaben wahrgenommen, jedoch wird in beiden Stadtverwaltungen eine geringe Berücksichtigung der Klimawandelfolgen im tatsächlichen Verwaltungshandeln bemängelt. Beobachtete Aktivitäten zur Klimafolgenanpassung basieren weitgehend auf dem Engagement der Arbeits- bis unteren Managementebene. Strategische Ziele auf gesamtstädtischer Ebene fehlen weitgehend. Dies gilt auch für das Thema Hitze als wichtige Einflussgröße im Bereich der besonders bedeutend bewerteten Folgen für die menschliche Gesundheit. Während über alle Geschäftsbereiche (Dresden) bzw. Dezernate (Erfurt) ein Konsens über die Bedeutung der Gesundheitsfolgen herrscht, zeigt sich, dass Aktivitäten zur Minderung von Hitzebelastungen größtenteils vom Umweltressort ausgehen.

Als wesentliche Hindernisse für eine Etablierung und Umsetzung von Klimafolgenanpassung werden allem voran benannt: die fehlende Problemwahrnehmung in der Stadtverwaltung; fehlende politische Ziele und Prioritäten; ein fehlender Auftrag für das Verwaltungshandeln; eine unzureichende Budget- und Personalausstattung; fehlende Koordination des Themas sowie eine mangelhafte Kommunikation verwaltungsintern und zur Politik. Es herrscht ein weitgehend etabliertes Verständnis über den Bedarf an einer breiten Verankerung des Themas in der Stadtverwaltung. Auffällig ist, dass als besonders bedeutend bewertete Struktureinheiten (z. B. die Ressorts für Umwelt und Planung) auch selbst die Bedeutung dieses Themas sehen.

Insgesamt zeigt das Ergebnis, dass ein großes Potential und eine große Veränderungsbereitschaft zur Integration und Umsetzung der Klimawandelanpassung, insbesondere im Bereich Hitze, in den Stadtverwaltungen existieren. Eine große Aufgabe liegt daher in einem auf das Thema gerichteten Change-Management hin zu gesamtstädtischen strategischen Zielen, Strukturen und Prozessen für eine höhere Gewichtung der Hitzevorsorge.

Diese und weitere Erkenntnisse aus den Arbeiten wurden dafür genutzt, laufende Planungs- und Strategieprozesse zu unterstützen. In Dresden waren die Analyseergebnisse z. B. wichtige inhaltliche Inputs in die 2021 angelaufene Entwicklung des Klimaanpassungskonzepts. In Erfurt konnten wichtige Impulse bei der Entwicklung des Hitzeaktionsplans gesetzt werden. Nicht zuletzt mündeten die Erkenntnisse in spezifisch auf die Städte Dresden und Erfurt fokussierte Handlungsempfehlungen zum weiteren Abbau von Umsetzungshemmnissen und zur Stärkung der Anpassung an Hitze für die beiden Landeshauptstädte Erfurt und Dresden (Olfert and Kaltenberg, 2023; Wolter and Sinning, 2023).

### **AP 3.2 – Kommunikationsstrategien für Wohnungswirtschaft, Bewohnerschaft und Verwaltung**

Drei Konzepte zur **Qualifizierung für die Bauplanung, Genossenschaften und Hausverwalter** sind erarbeitet worden. Auf deren Grundlage konnten sechs Qualifizierungsangebote in Kooperation mit dem Verband Thüringer Wohnungs- und Immobilienwirtschaft e. V. (19.05.2022), dem Verband Sächsischer Wohnungsbaugenossenschaften (13.06.2022), der Ingenieurkammer Sachsen (14.09.2022), der Ingenieurkammer Thüringen (27.09.2022) und der Klimaschutzleitstelle Region Hannover (21.11.2022) sowie mit dem Bundesfachverband der Immobilienverwalter e. V. (9.03.2023) unter Beteiligung von Verbundpartnern durchgeführt werden (HTW, IÖR, LHD-GA, LHE-UNA). Ergänzend wurden zwei **Erklärvideos** erstellt: 1) zu [Möglichkeiten der Hitzevorsorge durch Akteure der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft und die Nutzer\\*innen von Gebäuden](#) (Westermann et al., 2023) und 2) zum [Entstehen von Hitze, Anpassungsmaßnahmen und Möglichkeiten der Verhaltensvorsorge](#) (Westermann and Ziemann, Astrid, 2023).

Als Grundlage für **kommunale Qualifizierungsangebote** wurden auf Basis der Mitarbeiter\*innenbefragungen in AP 3.1 Auswertungen zu Kommunikations- und Qualifizierungsbedarfen vorgelegt. Für die Stadt Dresden konnten im Fortbildungsprogramm der Stadtverwaltung vier spezifisch auf Themen der Klimafolgenanpassung ausgerichtete Qualifizierungsangebote etabliert und umgesetzt werden: „Klima im Wandel – Basics für Dresden“ (10.02.2023), „Dach trifft grün – Grün trifft Dach“ (31.03.2023), „Fassade trifft grün – Grün trifft Fassade“ (05.05.2023) und „Keep cool – Hitze am Arbeitsplatz“ (02.06.2023).

Für die Qualifizierungsangebote wurde begleitend ein Ansatz zur Wirksamkeitsanalyse erprobt. Dieser basiert auf Indikatoren der Protection Motivation Theory und folgt einem quantitativen Prä-Post-Design als online-Befragung bzw. als Kombination aus online (prä) und schriftlich vor Ort (post). Der relativ hohen Belastbarkeit der Indikatoren steht eine nur sehr begrenzte Fallzahl der Teilnehmenden mit einem teils geringen Rücklauf gegenüber. Die Ergebnisse sind daher als potenzieller Trend zu verstehen.

Die **Wirkungsevaluation der kommunalen Qualifizierungsangebote** (Olfert and Keydel, 2023) hat gezeigt, dass vor dem Hintergrund einer stark ausgeprägten Risikowahrnehmung und Klimawandelakzeptanz teilweise signifikante Verbesserungen wichtiger Motivationsfaktoren, wie verschiedener Wissenskategorien, der Aufgabenakzeptanz, Selbstwirksamkeit, Handlungswirksamkeit und teilweise der konkreten Handlungsabsicht erzielt werden konnten. Die Ausgangsniveaus der Bewertungen zu den Kriterien unterscheiden sich thematisch stark. Grundsätzlich ist festzustellen, dass deutliche Steigerungen der Motivationsfaktoren eher bei geringeren Ausgangsniveaus erzielt werden konnten. Jedoch auch im oberen Bereich konnten teils signifikante Steigerungen verbucht werden. Teilweise haben die in ihrer Qualität grundsätzlich durchweg positiv bewerteten kommunalen Qualifizierungsangebote auch zur Relativierung vorherigen Wissens beigetragen. In der Differenziertheit der Ergebnisse kann das gewählte Evaluationsdesign auch als formatives Instrument für die gezielte Entwicklung und Komplettierung von Qualifizierungsangeboten eingesetzt werden.

### **AP 3.3 – Gesundheitsnetzwerk Hitzeprävention und Manual zur quartiersbezogenen Frühintervention bei Hitzeereignissen**

AP 3.3 erprobte verschiedene Möglichkeiten, um negativen Gesundheitsfolgen von Hitzeereignissen bei besonders vulnerablen Personen wie älteren Menschen, Pflegebedürftigen oder Kleinkindern vorzubeugen. Für die LHD wurde ein akteursübergreifendes Hitze-Handbuch zur quartiersbezogenen Frühintervention bei Hitzeereignissen erstellt (Landeshauptstadt Dresden, 2023). Multiplikator\*innen (wie Hebammen, Sozialarbeiter\*innen und Pädagog\*innen) sind darin geschult worden. In der LHE dient die Arbeit der Gründung und Verstetigung

eines Gesundheitsnetzwerks „Hitzeprävention“. Diese Ergebnisse stärken grundsätzlich den vorsorgenden Gesundheitsschutz in Bezug auf Hitze und liefern wertvolle Beiträge für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (ÖGD). Drei Hauptergebnisse unterstützen künftig die gesundheitliche Hitzevorsorge in Dresden und Erfurt:

Für den besonders betroffenen Dresdner Stadtteil Gorbitz wurde beispielhaft ein „Hitze-Handbuch“ aufgestellt. Das Hitze-Handbuch ist eine Arbeitsgrundlage für Fachpersonen und Einrichtungen aus dem Gesundheits-, Pflege-, Sozial-, Bildungs- und Wohnungsbauwesen und beinhaltet einerseits allgemeine Maßnahmen zur besseren Anpassung an Hitze (wie einrichtungsbezogener Hitzeschutz, Ablaufpläne, Quartierskarte mit kühlen Orten, etc.) und andererseits fachspezifische Informationen für die Vorbereitung auf und den Umgang eintretenden Hitzeereignissen.

#### **AP 4 – Inter- und transdisziplinäres Projektmanagement**

Teil der Entwicklung und Umsetzung des Vorhabens war ein intensives inter- und transdisziplinäres Projektmanagement, welches durch alle wissenschaftlichen und kommunalen Partner einerseits für das Gesamtprojekt, aber auch individuell in den Arbeitspaketen getragen wurde. Kernelemente waren **Co-Design**-Prozesse sowohl bereits in der Konzeption des Vorhabens, im Rahmen dessen Beantragung sowie auch betreffend aller praxisrelevanten Arbeitsschritte. Dies beinhaltet zum Beispiel die Ermittlung der Praxisanforderungen an die Indikator- und Toolentwicklung sowie deren Erprobung (AP 1.1, AP 1.2), die Auswahl von Beispielgebäuden in Dresden und Erfurt (AP 2.1), die Auswahl der realistischen Maßnahmenzenarien und die Darstellung der Bewertungsmatrizen für Anpassungsmaßnahmen am Gebäude und im Freiraum (AP 2.2, AP 2.3), die Einbeziehung kommunaler Perspektiven und Informationsbedarfe und Konzeption und Umsetzung der Mitarbeiter\*innenbefragung durch die Wissenschaft in den Stadtverwaltungen (AP 3.1), die Einbeziehung kommunikationswissenschaftlicher Erkenntnisse in die Entwicklung und Evaluierung von Qualifikationskonzepten durch die Kommunen (AP 3.2), die Entwicklung und Erprobung des Hitze-Handbuchs durch das Gesundheitsamt Dresden (AP 3.3).

Zentrales Element der Umsetzung war dabei die kontinuierliche und außerordentlich operative Kooperation aller Partner im Vorhaben, basierend auf vorangegangenen Kooperationen, z. B. im Vorhaben HRC I. Wichtige Elemente dieser Kooperation waren unter anderem eine ausgeprägte Kommunikationskultur im eingespielten Team, eine gefestigte Vertrauensbasis insbesondere im Zusammenspiel wissenschaftlicher und kommunaler Akteure, die Nutzung etablierter Kooperationsformate in Projekt-Workshops, Veranstaltungen, aber auch die durchgehende Nutzung einer gemeinsamen Cloud-Lösung für den Austausch und gemeinsame Bearbeitung von Dokumenten.

Ergebnis sind wissenschaftlich anschlussfähige und insbesondere für die kommunale Verwaltungspraxis umsetzbare Erkenntnisse, Werkzeuge und Empfehlungen. Ein Höhepunkt war die an die kommunale Praxis gerichtete Abschlusstagung des Vorhabens, ausgerichtet im Rahmen der Jahrestagung des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung in Dresden, sowie der exzellent besetzte Praktiker-Workshop in AP 3.1, beides im September 2022.

#### **Fortschreibung des Verwertungsplans**

Bereits in der ersten Förderphase des Vorhabens HRC (10/2017 - 01/2021) hatte sich durch die bestehende Zusammenarbeit innerhalb des Verbundprojektes ein leistungsfähiges Konsortium aus Partnern der Wissenschaft und der Praxis gebildet, von dem die 2. Förderphase profitieren konnte. Zusätzlich zum bewährten Forschungsverbund, wurde das Konsortium um Partner aus dem Bereich Gesundheitsförderung und Prävention (LHD GA) erweitert. Die zweite Förderphase baute dabei auf den Ergebnissen des Vorläuferprojektes HRC, das wirksame, sozial gerechte und nutzerakzeptierte Anpassungsmaßnahmen entwickelte und umsetzte. Es identifizierte zudem wesentliche Akteur\*innen, Treiber und Hindernisse von Anpassungsmaßnahmen. In HRC II werden Forschungsergebnisse und methodische Ansätze aus beiden Förderphasen praxis- und nutzerorientiert verwertet.

In HRC II wird die Umsetzungsbegleitung als Form des zielgerichteten **Wissenstransfers an der Schnittstelle Wissenschaft - Gesellschaft** verstanden. Ziel des Wissenstransfers ist es, die Akteure Zivilgesellschaft, Verbände, Kammern, Kommunalverwaltungen, Politik, Wirtschaft und Nichtregierungsorganisationen adressatengerecht

anhand von Forschungsergebnissen zu qualifizieren, zu beraten und für die Umsetzung zu befähigen sowie darin zu begleiten. Für die verschiedenen Anliegen des Wissenstransfers werden wirksame **Kommunikations- und Kooperationsformate** unter Einbeziehung der Akteure und ihrer Bedarfe entwickelt. In den angebotenen Qualifizierungen, Themen- und Expertenworkshops, Beratungen und in den transferorientiert geleiteten gemeinsamen Arbeits- und Kommunikationsprozessen wird anwendbares **Lösungswissen generiert und in die entscheidungs- und umsetzungsvorbereitenden Prozesse der Akteure integriert**.

**HRC II dockt unmittelbar an den Vorarbeiten und erkannten Desideraten an und leistet Beiträge, die unmittelbar in der Praxis kommunaler Verwaltungen sowie der Gebäudewirtschaft aufgegriffen und verwendet werden können.**

Im Rahmen der Forschungsarbeiten des IÖR in HRC II wurden keine Erfindungen oder Schutzrechtsanmeldungen gemacht und keine Schutzrechte in Anspruch genommen. Eine direkte kommerzielle Verwertung der wissenschaftlichen Ergebnisse wird nicht angestrebt. Auch im Hinblick auf das Gesamtprojekt wird keine kommerzielle Verwertung der Projektergebnisse angestrebt. Es ist vielmehr vorgesehen, die erarbeiteten Forschungsergebnisse und Erfahrungen kostenfrei einer breiten Anwendergruppe und damit der Gesellschaft allgemein zugänglich zu machen.

Das Verbundvorhaben HRC II macht sich die im besten Sinne **transdisziplinäre und nutzerorientierte Forschung** (i. S. des LENA-Leitfadens Nachhaltigkeit des BMBF) sowie einen in die Kooperationen integrierten Wissenstransfer der Ergebnisse beider Phasen (HRC und HRC II) an der Schnittstelle Wissenschaft – Gesellschaft zu eigen. Dabei wurden die Akteure aus Zivilgesellschaft, Verbänden, Kommunalverwaltungen und der Kommunalpolitik, Wirtschaft und Nichtregierungsorganisationen anhand von Transferprodukten gezielt adressiert und in spezifischen Formaten **qualifiziert, beraten und für die Umsetzung befähigt**. Für die Stadtverwaltung Dresden konnte die Analysegrundlage zur Integration der Klima- und insbesondere der Hitzeanpassung in die Verwaltungsarbeit erheblich erweitert und vertieft werden. Mithilfe von Dokumentenanalysen, Interviews und einer groß angelegten Mitarbeiter\*innen-Befragung wurden Grundlagen für das Verständnis von Fortschritten, Hemmnissen und Desideraten zum Verwaltungshandeln in Bezug auf Klima- und Hitzeanpassung erhoben, analysiert und systematisiert (AP 3.1). Die Ergebnisse wurden **bereits während der laufenden Forschungsarbeit in die Verwaltung Dresden** zurückgespiegelt, für unterschiedliche Formate aufbereitet und in zahlreichen Iterationen ergänzt und weiterentwickelt. So wurden die Ergebnisse der Governance-Analyse zu einem stark nachgefragten **Input im parallel angelaufenen Prozess der Erarbeitung des Klimaanpassungskonzepts** für die LHD.

Ein besonderes Augenmerk lag auch auf der Erhebung spezifischer Qualifizierungsbedarfe von Verwaltungsmitarbeiter\*innen in Bezug auf Klima- und Hitzeanpassung. Eine umfangreiche Datensammlung, Auswertung und Empfehlungen wurden an die LHD übergeben. Empfohlene Weiterbildungsangebote wurden durch den Partner LHD UA umgehend in spezifische **Informations- und Qualifizierungsangebote für die Verwaltungen und die Kommunalpolitik** in Dresden übersetzt, organisiert und realisiert (AP 3.2). Die Qualität und Wirksamkeit dieser Qualifizierungsmaßnahmen konnte eindrücklich gezeigt werden (M 18). Die Qualifizierungsmaßnahmen sollen auch in den Folgejahren weiter angeboten und ausgebaut werden. **Gebäudetypenspezifische Qualifizierungskonzepte** wurden mit weiteren Partnern im Konsortium erarbeitet und in Zusammenarbeit mit Fachverbänden in überregionalen Veranstaltungen in Mitteldeutschland umgesetzt (AP 3.2). Das Gesundheitsamt der Stadt Dresden wurde bei der Erarbeitung des **Handbuchs zur quartiersbezogenen Frühintervention bei Hitzeereignissen** unterstützt (AP 3.3).

Die in AP 1.1 entwickelten bedarfsorientierten **Indikatorensets** zur quantitativen Bewertung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen an Hitze wurden mit einem **Anwendungsleitfaden** an unterschiedliche Akteure (Kommunen, Wohnungsunternehmen, Expertinnen und Experten u. a.) übergeben. In enger Kooperation zwischen den Landeshauptstädten und den wissenschaftlichen Projektpartnern wurde darauf aufbauend ein **Online-Tool** zur Visualisierung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen an Hitze entwickelt und einschließlich eines Anwendungshandbuchs veröffentlicht. (AP 1.2). Das „HRC-Hitzetool“ hilft Nutzerinnen und Nutzern durch die Konkretisierung von Klima- und Planungshinweiskarten, Defiziträume im Planungsgebiet zu identifizieren und die potenziellen Wirkungen durch bestimmte Maßnahmenumsetzungen visuell abzubilden und einzuschätzen. Es steht seit Anfang 2023 kostenfrei zur Verfügung.

Die Forschungsergebnisse aus AP 2.2 werden in **Steckbriefen zur Hitzebelastung** in fünf verschiedenen Regional- Klimaklassen und Stadtstrukturtypen für die MFH-Typen der Gründerzeit und des industriellen Wohnungsbaus für Architekten- und Ingenieurkammern sowie für Kommunen aufbereitet. Eine in Kooperation mit LHD und LHE entwickelte anwendungsorientierte **Bewertungsmatrix** dient dem Vergleich der Wirksamkeit von AM unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien und Wechselwirkungen zwischen Gebäuden und Freiraum auf Quartiers- ebene (AP 2.3).

Die Rollen und Zuständigkeiten für Klimaanpassung an Hitze innerhalb der kommunalen Verwaltungen in Dres- den und Erfurt werden in zwei **Fallstudienberichten** beschrieben sowie die in HRC entwickelten Handlungsemp- fehlungen für die beiden Kommunen zum Abbau von Hemmnissen fortgeschrieben (AP 3.1).

Bei der Entwicklung der Indikatoren und klassifizierten Wertebereiche (AP 1.1) wurde darauf geachtet, dass eine generelle Übertragbarkeit auf andere Städte und Regionen möglich ist. Dies wird erreicht, indem die dabei ver- wendeten Größen, Daten und Informationen typischerweise auch in anderen Regionen vorliegen. Bei der An- wendung der Bewertungsmatrix aus AP 2.3 wird aufgezeigt, wie hoch der Einfluss von Anpassungsmaßnahmen an Sommerhitze auf der Gebäude- und Freiraumebene ist, so dass die Entscheidungsfindung zur Umsetzung zu- künftiger Anpassungsmaßnahmen erleichtert wird. Über den gewählten Siedlungsstrukturtypenansatz ist gene- rell ein Transfer der Ergebnisse auf andere Kommunen mit ähnlichen Stadtstrukturen möglich. Bei der Entwick- lung des Tools (AP 1.2) wird durch den typenbasierten Ansatz die generelle Übertragbarkeit auf andere Städte sichergestellt. Die Einbindung des Tools in den Themenstadtplan Dresden konnte im Projekt nicht realisiert wer- den. Über die Veröffentlichungen und Bewerbung steht es dennoch wie geplant einem breiten Nutzerkreis zur Verfügung.

Über den **unmittelbar in den Forschungs- und Kooperationsprozess integrierten Transfer** und das gegenseitige Lernen hinaus entsteht der weitergehende gesellschaftliche Nutzen der Projekte HRC und HRC II durch das **Ver- fügbarmachen und die Übersetzung von Forschungsergebnissen in verschiedenen Transferprodukten** wie Steckbriefen, spezifischen Berichtsdokumenten, Qualifizierungsangeboten, einzelnen Vorträgen, Moderationen bis hin zu Faltblättern und Erklärvideos. Diese bieten durch ihre spezifische Aufarbeitung für verschiedenste Ak- teursgruppen eine direkte Unterstützung bei der eigenen Rollenfindung der Akteure und der Auswahl und Um- setzung von Anpassungsmaßnahmen an sommerliche Hitze in Städten für Gebäude, Freiräume und Gesundheits- vorsorge. Im Rahmen der Transferaktivitäten wurden die im Vorhaben gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrun- gen zudem in entsprechenden wissenschaftlichen und populären Medien verbreitet und auch unmittelbar in Prozesse der Praxis eingespeist – z.B. als Auszüge aus der laufenden Forschung, Vorträge, Beteiligung an Diskus- sionen etc..

Im Zuge der wissenschaftlichen Verwertung wurden zahlreiche inter- und transdisziplinäre Publikationen geplant und in erheblichem Maße bereits realisiert (vgl. Kapitel 2.7). Durch die Partnerschaft mit den lokalen Medien in Erfurt und Dresden, Pressemitteilungen und Pressekonferenzen wurden die Sensibilisierung und Wissensvermitt- lung für die lokale Bevölkerung auch medial begleitet. Durch die Beteiligung am Wettbewerb zum Nachhaltig- keitspreis und den **Gewinn des Nachhaltigkeitspreises 2022 in der Kategorie „Forschung“** wurde HRC II auch überregional bekannt und im Ergebnis intensiv auch durch überregionale und bundesweite Medien wie das ZDF nachgefragt und begleitet.

Die im Rahmen von HRC II weiter intensivierten und neu aufgebauten Kooperationsbeziehungen bilden eine ex- zellente Grundlage für weitere zukünftige Forschungsprojekte.

## Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

HeatResilientCity II ist auf Basis intensiver Vorarbeiten und einer etablierten Kooperation zwischen Partnern aus Wissenschaft und Praxis entstanden. Auch wenn die einzelnen Arbeiten unterschiedliche Dynamiken entwickelt haben, können im Vorhaben keine Arbeiten identifiziert werden, die zu keinen lösungsrelevanten Ergebnissen geführt haben. Die Projektziele wurden erreicht.

## Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

Die Arbeiten in HRC II verliefen grundsätzlich im Rahmen der geplanten Inhalte und Kooperationen. Insbesondere die enge Verflechtung der Tätigkeiten mit Praxisakteuren wie Kommunalverwaltungen, aber auch Kammern und Berufsverbänden, bedingten teilweise Abweichungen vom ursprünglichen Plan. Die ausgabenneutrale Verlängerung und damit eine Änderung des Zeitplans wurden beantragt.

Unter anderem wurde der der Meilenstein M5 (Endfassung Tool) nicht wie geplant im September 2022 erreicht. Grund dafür war ein Personalwechsel sowie ein erhöhter Abstimmungsbedarf während der Tool-Entwicklung. Das HRC-Hitzetool wurde im März 2023 veröffentlicht. Zahlreiche Datensätze wurden zum Projektende fertiggestellt, jedoch nach Prüfung und Korrekturen teilweise erst bis Oktober 2023 veröffentlicht. Großer Wert wurde darauf gelegt, sich öffnende Aufmerksamkeitsfenster in kommunalen Entwicklungsprozess dazu zu nutzen, um Ergebnisse und Erkenntnisse aus den laufenden Arbeiten direkt einzuspeisen. Aus diesem Grunde wurden die Berichte zu den Governanceanalysen und zur Wirksamkeitsevaluierung in ihrer Substanz zum Projektschluss vorgelegt, jedoch teils erst nach dem Projektende final fertiggestellt. Im Gegenzug konnten Erkenntnisse in zur nicht geplanten Prozessen und Formaten aufbereitet und eingespeist werden, wodurch die Relevanz und Wirksamkeit der Arbeitsergebnisse deutlich gesteigert werden konnte – z.B. im Rahmen der Entwicklung des Klimaanpassungskonzepts für die LHD.

Alle Meilensteine und Produkte wurden fertiggestellt. Die Ergebnisse wurden in allen Projektteilen deutlich über das geplante Maß hinaus in wissenschaftlichen und praxisorientierten Medien sowie in Kooperation mit Fernsehen, Rundfunk und Presse verbreitet (Auflistung siehe „Erfolge und geplante Veröffentlichungen von Ergebnissen nach Nr. 5 NABF“).

Laut aktualisiertem Gesamtfinanzierungsplan vom 28.09.2022 wurden für Gesamtausgaben in Höhe € 458.241,87 bewilligt. Die Mittel wurden weitgehend verausgabt – die Gesamtausgaben belaufen sich auf € 458.246,94. Im Vergleich zur **Kostenplanung** ergeben sich pandemiebedingt geringfügige Verschiebungen zwischen den Positionen, z. B. haben deutlich weniger Dienstreisen stattfinden können. Eine detaillierte Darstellung des zahlenmäßigen Nachweises enthält Tabelle 7 sowie der abschließende Verwendungsnachweis.

Tabelle 8: Übersicht über die in HRC II verausgabten Mittel

Position	Erklärung	Planung	Ausgaben	Differenz
F0812	Beschäftigte E12-E15	389.149,00	397.364,31	-8.215,31
F0822	Beschäftigungsentgelte	4.415,81	1.505,75	2.910,06
F0835	Vergabe von Aufträgen	18.938,00	315,17	98,34
F0843	Sonstige Verwaltungsausgaben	43.076,56	40.138,19	2.938,38
F0846	Dienstreisen	2.662,50	615,86	2.046,64
	<b>Gesamtausgaben per 24.11.2024</b>	<b>458.241,87</b>	<b>458.246,94</b>	<b>-5,06</b>



## V. Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN -	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel <b>Schlussbericht des Verbundvorhabens HeatResilientCity Teilprojekt 1: Gesamtkoordination, baukonstruktive Anpassung hitzesensitiver Gebäude sowie Bewertung klimatischer Ökosystemleistungen urbaner Freiräume</b>	
4. Autor(en) Alfred Olfert, Tim Felix Kriesten, Christoph Schünemann, Till Fügener, Karsten Grunewald, Janneke Westermann, Regine Ortlepp	5. Abschlussdatum des Vorhabens <b>07/2023</b>
	6. Veröffentlichungsdatum <b>01/2024</b>
	7. Form der Publikation <b>Bericht</b>
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) <b>Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.</b> Weberplatz 1 01217 Dresden	9. Ber. Nr. Durchführende Institution -
	10. Förderkennzeichen <b>01LR2011A</b>
	11. Seitenzahl <b>59</b>
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben <b>40</b>
	14. Tabellen <b>9</b>
	15. Abbildungen <b>17</b>
16. Zusätzliche Angaben Förderprogramm: Leitinitiative Zukunftsstadt Schwerpunkt: Klimaresilienz durch Handeln in Stadt und Region	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

## 18. Kurzfassung

- a) Methode für die indikatorgestützte Prüfung der Wirksamkeit von Hitzeanpassungsmaßnahmen für den Freiraum und für Gebäude wurde bereitgestellt. Dafür wurden verschiedene Indikatoren auf der Grundlage von potenziell umsetzbaren Maßnahmen entwickelt. Die Freiraumindikatoren wurden für verschiedene räumliche Skalen (vom einzelnen Baum über ein Gebäude bis zu einem Straßenzug) abgeleitet. Die bedarfsorientierten Indikatorsets bildeten die Grundlage für die Entwicklung eines webbasierten Bewertungs-Tools in AP 1.2. Über dieses Tool und einen begleitenden Anwendungsleitfaden wurden die Indikatoren den angesprochenen Akteuren (u. a. Kommunen, Wohnungsunternehmen, Expertinnen und Experten) zugänglich gemacht. Je nach Nutzergruppe resultiert eine angepasste Komplexität des Indikatorsets bzw. der Wirksamkeitsbewertung: von einer Ampelanzeige bis zu Werteangaben mit Detailinformationen. Die Wirkungen von Bäumen, Wiesen und Straßenbegleitgrün nimmt der Freiraumindikator in den Fokus. Dabei werden 69 verschiedene Fallbeispiele mit unterschiedlichen Grün- und Stadtstrukturen und mit typischen räumlichen Anordnungen von urbanem Grün und Stadtstrukturen unterschieden. Zur Wirkung ausgewählter städtischer Strukturen im Freiraum (Bäume, Wiesen, versiegelte freie Plätze, geweihte Straßen und Wege, Spielplätze) auf die menschliche Wärmebelastung wurden Steckbriefe erstellt. Für die Bewertung der Wirksamkeit von Hitzeanpassungsmaßnahmen an und in Gebäuden in Abhängigkeit von und raumspezifischen Eigenschaften, v. a. Geometrie, Orientierung und Lage im Gebäude, Baumaterialien, Verschattungen, Fenstergrößen, Durchlüftungsmöglichkeiten wurde ein Gebäudeindikator entwickelt.
- b) Um die oft fehlenden Wissensgrundlagen, z. B. über die grundsätzliche Eignung von Maßnahmen und deren Wirksamkeit an bestimmten Standorten in der Stadt wurde basierend auf den Indikatoren aus AP 1.1 ein Online-Tool zur Bewertung von Hitzeanpassungsmaßnahmen in Städten entwickelt – das „HRC-Hitzetool“ (<http://hrc-hitzetool.ioer.info/>). Es unterstützt Entscheidungsträger\*innen in der Umsetzung und Planung von Anpassungsmaßnahmen und bietet wegen des niederschweligen Aufbaus auch eine Informationsmöglichkeit in der Ausbildung und für die breite Öffentlichkeit. Die Konzepterstellung des Tools basiert auf einer umfangreichen Recherche zu existierenden Tools, welche Hitzebelastung und Anpassungsmaßnahmen in Städten fokussieren. Die Innovation des HRC-Hitzetools besteht zum einen in der Kleinskaligkeit, mit welcher Hitzeanpassungsmaßnahmen bewertet werden können, zum anderen in der Bewertung der Hitzebelastung auf den Menschen mittels eines bioklimatischen Index, dem Universellen Thermischen Klima-Index UTCI. Das HRC-Hitzetool gewährleistet eine Betrachtung unterschiedlicher Szenarien von Bebauung, Bepflanzung und Gebäudestrukturen sowie eine zeitliche Differenzierung bei der Bewertung von Hitzestress. Ein Tool-Handbuch unterstützt Nutzer\*innen bei der Anwendung.
- c) Die Übertragbarkeit (Robustheit) der für das Gründerzeithaus (EF) und das sanierte Gebäude des industriellen Wohnungsbaus (DD) entwickelten Anpassungsmaßnahmen für andere Regionen in Deutschland wurde differenziert beschrieben. Es zeigt sich, dass ein vorausschauend saniertes Gebäude, wie das des industriellen Wohnungsbaus, Hitze besser widerstehen kann und die betrachteten Anpassungsmaßnahmen (Sonnenschutz, Abluftanlage, individuelles Lüftungsverhalten/Nachtlüftung) auch in Zukunft wichtig und wirkungsvoll sind. Allerdings unterscheidet sich die Effektivität der einzelnen Maßnahmen je nach Region und Szenario. Diese Ergebnisse zeigen, wie wichtig die Berücksichtigung von Stadteffekt, Regionalität und Klimaerwärmung bei der Bewertung der Hitzebelastung in Wohngebäuden ist und können als Grundlage für eine Überarbeitung der Norm zum sommerlichen Wärmeschutz (DIN 4108-2) dienen. Dazu wurden die beiden Mehrfamilienhaustypen unter gleichen Nutzungsrandbedingungen virtuell in fünf verschiedenen Regionen Deutschlands positioniert und mittels thermischer Gebäudesimulation die Auswirkung der unterschiedlichen Regionalklimata auf die Hitzebelastung im Gebäude sowie die Wirksamkeit der Anpassungsmaßnahmen untersucht. Maßgeblich hierfür waren die aufbereiteten Wetterdatensätze der DWD-Messstationen Dresden-Klotzsche, Stuttgart-Schnarrenberg, Hamburg-Fuhlsbüttel, Köln-Bonn, München-Stadt und Potsdam der gegenwärtigen Normalperiode (1991 - 2021). Anhand charakteristischer Kenngrößen, wie der Wärmesumme, der direkten Solarstrahlung, der Anzahl heißer Tage und warmer Nächte sowie der Anzahl und Andauer von Hitzewellen, wurden durchschnittliche Sommer der Gegenwart (Periode 1991 - 2021) und Zukunft (Periode 2031 - 2050) sowie ein durchschnittlicher maximaler städtischer Wärmeinseleffekt (UHI-Effekt) für die jeweiligen Regionen bestimmt. Zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse des Arbeitspaketes und weiteren Diskussion in Planungs- und Fachkreisen wurden Steckbriefe mit Detailinformationen zu den einzelnen Regionen erstellt.
- d) Motiviert durch Erkenntnisse in HRC I wurden die Auswirkungen von Hitzeanpassungsmaßnahmen im Freiraum auf das Mikroklima im Quartier und auf die Hitzebelastung im Gebäude für verschiedene visionäre und realistische Maßnahmenkombinationen genauer untersucht. Als Beispielquartiere dienten die bereits in HRC I betrachtete dicht bebaute gründerzeitliche Erfurter Oststadt (EF) und das durch viele Freiflächen gekennzeichnete Quartier Dresden-Gorbitz (DD) mit Gebäuden des Industriellen Wohnungsbaus (WBS 70). Die visionären Szenarien beinhalteten die Untersuchung von weißen Straßen, weißen Dächern, Dachbegrünung, Fassadendämmung, Erhöhung der „Quartiersbelüftung“ und Fassadenbegrünung (DD) bzw. Quartiersbegrünung durch Stadtbäume (EF). In den realitätsnahen Maßnahmen wurden jeweils lokalere quartierspezifische Szenarien betrachtet, die zuvor mit der jeweiligen Stadtverwaltung abgestimmt wurden. Mit dem etablierten, mikroskaligen Stadtklimamodell ENVI-met wurden die Bedingungen eines sehr warmen, wolkenfreien Sommertages mit hoher Solarstrahlung simuliert. Die Ergebnisse zeigen, dass sich alle Anpassungsszenarien im Mittel, bezogen auf das Gesamtgebiet zur Referenz, maximal um 1 °C unterscheiden, es jedoch lokal deutliche Unterschiede geben kann. Als Grundlage für die Anwendung in der kommunalen Praxis wurden Bewertungsmatrizen als Kurzfassung und Steckbriefe für die visionären Maßnahmen erstellt, die eine übersichtliche und vergleichende Bewertung der verschiedenen Szenarien ermöglichen. Diese unterscheiden im Freiraum Wirkungen im direkten und weiteren Umfeld einer Maßnahme und auf Gebäudeebene zwischen der reinen Wirkung des Stadtklimas und jener der Anpassungsmaßnahmen am Gebäude.
- e) Das Verständnis und die Akzeptanz von der Rollen und Aufgaben zentraler kommunaler Akteure in Bezug auf die Klima- und Hitze-Anpassung wurde in Kooperation mit den kommunalen Verwaltungen in Dresden und Erfurt untersucht und

<p>weiterentwickelt. Mitarbeiter*innenbefragungen, Dokumentenanalysen und Interviews bildeten hierfür eine breite Informationsbasis. Klimawandelfolgen und insbesondere Hitze haben über die vergangenen Jahre einen großen Bedeutungszuwachs in kommunalen Verwaltungen erfahren. Das Thema wird von den meisten Mitarbeiter*innen bereits in den Arbeitsaufgaben wahrgenommen, jedoch wird in beiden Stadtverwaltungen eine geringe Berücksichtigung der Klimawandelfolgen im tatsächlichen Verwaltungshandeln bemängelt. Beobachtete Aktivitäten der Verwaltung zur Klimafolgenanpassung basieren oft auf dem Engagement der Arbeits- bis unteren Managementebene. Strategische Ziele auf gesamtstädtischer Ebene sind kaum ausgebildet. Die Ergebnisse zeigen, dass großes Potential und große Veränderungsbereitschaft zur Integration und Umsetzung der Klimawandelanpassung, insbesondere in Bezug auf Hitze, in den Stadtverwaltungen existieren, die durch ein gutes Change-Management gestärkt werden können. Auf Basis der Erkenntnisse wurden spezifisch auf die Städte Dresden und Erfurt fokussierte Handlungsempfehlungen zum weiteren Abbau von Umsetzungshemmnissen und zur Stärkung der Anpassung an Hitze formuliert. Laufende Planungs- und Strategieprozesse wurden mithilfe der neuesten Erkenntnisse aus dem Projekt unterstützen – z.B. im Rahmen der Entwicklung des Klimaanpassungskonzepts für die Landeshauptstadt Dresden.</p>	
<p>f) Spezifische Konzepte zur Qualifizierung für die Bauplanung, Genossenschaften und Hausverwalter wurden erarbeitet und in sechs Weiterbildungsveranstaltungen in Kooperation mit dem Verband Thüringer Wohnungs- und Immobilienwirtschaft e. V. (19.05.2022), dem Verband Sächsischer Wohnungsbaugenossenschaften (13.06.2022), der Ingenieurkammer Sachsen (14.09.2022), der Ingenieurkammer Thüringen (27.09.2022) und der Klimaschutzleitstelle Region Hannover (21.11.2022) sowie mit dem Bundesfachverband der Immobilienverwalter e. V. (9.03.2023) unter Beteiligung von Verbundpartnern umgesetzt. Auf Grundlage der Mitarbeiter*innenbefragungen in AP 3.1 und der daraus abgeleiteten detaillierten Empfehlungen hat die Landeshauptstadt Dresden ein Weiterbildungskonzept erarbeitet und in Kooperation mit dem Projektkonsortium umgesetzt. Die vier spezifisch auf Themen der Klimafolgenanpassung ausgerichteten Qualifizierungsangebote „Klima im Wandel – Basics für Dresden“ (10.02.2023), „Dach trifft grün – Grün trifft Dach“ (31.03.2023), „Fassade trifft grün – Grün trifft Fassade“ (05.05.2023) und „Keep cool – Hitze am Arbeitsplatz“ (02.06.2023) wurden genutzt, um einen innovativen Ansatz zur Wirksamkeitsanalyse zu erproben.</p>	
<p>g) Eine Wirkungsevaluation der kommunalen Qualifizierungsangebote wurde durchgeführt. Eigens für diesen Zweck wurde ein angepasster Evaluationsansatz basierend auf Indikatoren der Protection Motivation Theory entwickelt und in einem quantitativen Prä-Post-Design umgesetzt. Ergebnisse zeigen, dass vor dem Hintergrund einer stark ausgeprägten Risikowahrnehmung und Klimawandelakzeptanz innerhalb der Stadtverwaltung teilweise signifikante Verbesserungen von Motivationsfaktoren, wie verschiedener Wissenskategorien, der Aufgabenakzeptanz, Selbstwirksamkeit, Handlungswirksamkeit und teilweise der konkreten Handlungsabsicht erzielt werden konnten. Die Ausgangsniveaus der Bewertungen zu den Kriterien unterscheiden sich thematisch stark.</p>	
<p>h) Ergänzend zu Veröffentlichungen und Beiträgen unterschiedlichster Arten in wissenschaftlichen Communities und mit Akteuren der Praxis wurde eine intensive Transferarbeit geleistet. Zahlreiche Fernseh-, Radio- und Pressebeiträge wurden durch die Medien veröffentlicht. Ergänzend wurden zwei Erklärvideos erstellt: 1) zu Möglichkeiten der Hitzevorsorge durch Akteure der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft und die Nutzer*innen von Gebäuden und 2) zum Entstehen von Hitze, Anpassungsmaßnahmen und Möglichkeiten der Verhaltensvorsorge. HRC II erhielt den Bundesnachhaltigkeitspreis 2022 in der Kategorie Forschung.</p>	
<p>19. Schlagwörter</p> <p>a) Indikatorenentwicklung, Hitzebelastung im Freiraum, Hitzebelastung im Gebäude, Klimaanpassung</p> <p>b) Bewertungswerkzeug, Maßnahmen zur Klimaanpassung, städtischer Hitzestress, Standortebeane, Modellgebiete, Stadtplanung</p> <p>c) lokale Hitzebelastungen, Wetterdaten, städtische Wärmeinsel, Hitzeinsel, Hitzebelastung in Zukunft, Gebäudesimulation, Klimaanpassung, Bewertung Hitzebelastung im Innenraum</p> <p>d) Modellkette Freiraum-Gebäude, mikroskalige Stadtklimasimulation, Gebäudesimulation, Klimaanpassung, Bewertung Hitzebelastung</p> <p>e) Governanceanalyse, Klimaanpassungsgovernance, Akteursrollen, kommunale Verwaltung, Change-Management, Handlungsempfehlungen, Klimaanpassung, Strategieentwicklung</p> <p>f) Kommunikationsstrategie, Weiterbildung, Qualifizierung, Immobilienwirtschaft, Wohnungswirtschaft, Genossenschaften, Hitzeanpassung, Dachbegrünung, Fassadenbegrünung, Hitze am Arbeitsplatz</p> <p>g) Wirkungsevaluation, Protection Motivation Theory, Motivationsfaktoren</p> <p>h) Transfer, Öffentlichkeitsarbeit, Erklärvideos, Hitzevorsorge, Verhaltensvorsorge</p>	
<p>20. Verlag</p> <p>-</p>	<p>21. Preis</p> <p>-</p>

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN -	2. type of document (e.g. report, publication) <b>report</b>
3. titel <b>Final report of the joint project HeatResilientCity Subproject 1: Overall coordination, structural adaptation of heat-sensitive buildings and evaluation of climatic ecosystem services of urban open spaces</b>	
4. author(s) Alfred Olfert, Tim Felix Kriesten, Christoph Schünemann, Till Fügener, Karsten Grunewald, Janneke Westermann, Regine Ortlepp	5. end of project <b>07/2023</b>
	6. publication date <b>01/2024</b>
	7. form of publication <b>report</b>
8. performing organization(s) (name, address) <b>Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.</b> Weberplatz 1 01217 Dresden	9. originator's report no. -
	10. reference no. <b>01LR2011A</b>
	11. no. of pages <b>59</b>
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references <b>40</b>
	14. no. of tables <b>9</b>
	15. no. of figures <b>17</b>
16. supplementary notes Funding Program: Leading Initiative Future City (Leitinitiative Zukunftsstadt) Focus: Climate Resilience through Action in City and Region (Klimaresilienz durch Handeln in Stadt und Region)	
17. presented at (title, place, date) -	

18. abstract

- a) A method for the indicator-based assessment of the effectiveness of heat adaptation measures for open spaces and buildings has been provided. Various indicators based on potentially implementable measures were developed for this purpose. The open space indicators were derived for different spatial scales (from individual trees and buildings to a street segment). The demand-oriented indicator sets formed the basis for the development of a web-based assessment tool in AP 1.2. Through this tool and an accompanying user guide, the indicators were made accessible to the relevant stakeholders, including municipalities, housing companies, and experts. Depending on the user group, the complexity of the indicator set or effectiveness assessment varies: from a traffic light display to value statements with detailed information. The open space indicator focuses on the effects of trees, meadows, and roadside greenery. It distinguishes 69 different case studies with varying green and urban structures and typical spatial arrangements of urban green and structures. Profiles were created to illustrate the effects of selected urban structures in open spaces (trees, meadows, paved open spaces, whitened streets and paths, playgrounds) on human heat exposure. For the assessment of the effectiveness of heat adaptation measures on and in buildings, a building indicator was developed, taking into account spatial characteristics, especially geometry, orientation and location in the building, building materials, shading, window sizes, and ventilation possibilities.
- b) To address the often lacking knowledge foundations, such as the fundamental suitability of measures and their effectiveness at specific locations in the city, an online tool for assessing heat adaptation measures in urban areas was developed based on the indicators from AP 1.1. This tool, called the "HRC Heat Tool" (<http://hrc-hitsetool.ioer.info/>), supports decision-makers in the implementation and planning of adaptation measures. Due to its user-friendly design, it also serves as an information resource for education and the general public. The concept of the tool is based on extensive research into existing tools that focus on heat stress and adaptation measures in cities. The innovation of the HRC Heat Tool lies, firstly, in its small-scale approach for evaluating heat adaptation measures and, secondly, in the assessment of heat stress on people using a bioclimatic index, the Universal Thermal Climate Index (UTCI). The HRC Heat Tool ensures an examination of different scenarios of urban development, vegetation, and building structures, as well as a temporal differentiation in the assessment of heat stress. A tool manual supports users in its application.
- c) The transferability (robustness) of the adaptation measures developed for the Gründerzeithaus (EF) and the renovated building of industrial housing construction (DD) to other regions in Germany was described in detail. It is evident that a foresightfully renovated building, such as that of industrial housing construction, can better withstand heat, and the considered adaptation measures (sun protection, exhaust ventilation system, individual ventilation behavior/night ventilation) will continue to be important and effective in the future. However, the effectiveness of individual measures varies depending on the region and scenario. These results highlight the importance of considering urban effects, regional differences, and climate warming in assessing heat stress in residential buildings and can serve as a basis for revising the norm for summer heat protection (DIN 4108-2). For this purpose, the two types of multi-family houses were virtually positioned in five different regions of Germany under the same usage conditions, and the impact of different regional climates on heat stress in the building, as well as the effectiveness of adaptation measures, was investigated using thermal building simulations. The processed weather datasets from the DWD measurement stations in Dresden-Klotzsche, Stuttgart-Schnarrenberg, Hamburg-Fuhlsbüttel, Cologne-Bonn, Munich-City, and Potsdam for the current normal period (1991 - 2021) were crucial for this analysis. Average summers of the present (period 1991 - 2021) and future (period 2031 - 2050), as well as an average maximum urban heat island effect (UHI effect) for the respective regions, were determined using characteristic parameters such as the heat sum, direct solar radiation, the number of hot days and warm nights, and the number and duration of heatwaves. Profiles with detailed information on each region were created for a clear presentation of the results of the work package and further discussion in planning and professional circles.
- d) Motivated by insights from HRC I, the impacts of heat adaptation measures in open spaces on the microclimate in the neighborhood and on heat exposure in buildings were examined in more detail for various visionary and realistic combinations of measures. The example neighborhoods used were the densely built Gründerzeit-era Eaststadt in Erfurt (EF), previously considered in HRC I, and the Dresden-Gorbitz (DD) neighborhood characterized by many open spaces with buildings of industrial housing construction (WBS 70). The visionary scenarios included the study of white streets, white roofs, roof greening, facade insulation, an increase in "neighborhood ventilation," and facade greening (DD), or neighborhood greening through urban trees (EF). In the realistic measures, locally specific neighborhood scenarios were considered, which were previously coordinated with the respective city administration. Using the established microscale urban climate model ENVI-met, the conditions of a very warm, cloud-free summer day with high solar radiation were simulated. The results show that, on average, all adaptation scenarios differ by a maximum of 1 °C compared to the reference for the entire area. However, there can be significant local differences. Evaluation matrices were created as a concise summary and profiles for visionary measures as a basis for application in municipal practice. These matrices and profiles allow for a clear and comparative assessment of different scenarios. They differentiate between the effects in open spaces in the direct and broader vicinity of a measure and at the building level, considering both the pure effect of the urban climate and that of the adaptation measures on the building.
- e) The understanding and acceptance of the roles and responsibilities of central municipal actors regarding climate and heat adaptation were examined and further developed in cooperation with municipal administrations in Erfurt and Dresden. Employee surveys, document analyses, and interviews formed a broad information basis for this purpose. Climate change impacts, especially heat, have gained significant importance in municipal administrations over the past years. Most employees already perceive the issue in their work tasks, but both city administrations are criticized for the limited consideration of climate change impacts in actual administrative actions. Observed activities of the administration for climate change adaptation often rely on the commitment of the mid to lower management levels, with strategic goals at

the citywide level being poorly developed. The results indicate a significant potential and willingness for change to integrate and implement climate change adaptation, particularly in the area of heat, in city administrations. This potential can be strengthened through effective change management. Based on the findings, specific recommendations focused on the cities of Dresden and Erfurt were formulated to further reduce implementation barriers and strengthen adaptation to heat. Ongoing planning and strategy processes have been supported by the latest findings from the project, such as in the development of the climate adaptation concept for the state capital Dresden.

- f) Specific concepts for qualification in urban planning, cooperatives, and property managers were developed and implemented in six training events in collaboration with the Association of Thuringian Housing and Real Estate Industry (May 19, 2022), the Association of Saxon Housing Cooperative (June 13, 2022), the Chamber of Engineers in Saxony (September 14, 2022), the Chamber of Engineers in Thuringia (September 27, 2022), the Climate Protection Office of the Region Hannover (November 21, 2022), and the Federal Association of Property Managers (March 9, 2023), with the involvement of consortium partners. Based on the employee surveys in AP 3.1 and the detailed recommendations derived from them, the state capital Dresden developed a training concept and implemented it in collaboration with the project consortium. The four training offerings specifically focused on climate change adaptation topics were utilized to test an innovative approach to effectiveness analysis: "Climate in Change – Basics for Dresden" (February 10, 2023), "Roof Meets Green – Green Meets Roof" (March 31, 2023), "Facade Meets Green – Green Meets Facade" (May 5, 2023), and "Keep Cool – Heat in the Workplace" (June 2, 2023).
- g) An impact assessment of municipal training offerings was conducted. Specifically for this purpose, an evaluation approach based on indicators from the Protection Motivation Theory was developed and implemented in a quantitative pre-post design. Results indicate that, in the context of a pronounced risk perception and acceptance of climate change in the city administration, partially significant improvements could be achieved in important motivational factors, such as various knowledge categories, task acceptance, self-efficacy, action efficacy, and, in some cases, concrete action intentions. The baseline levels of evaluations for the criteria differ significantly in thematic content.
- h) In addition to publications and contributions of various types in scientific communities and with practitioners, intensive efforts were made in knowledge transfer. Numerous television, radio, and press releases were disseminated through the media. Additionally, two explanatory videos were created: 1) on possibilities for heat prevention by stakeholders in the housing and real estate industry and building users and 2) on the emergence of heat, adaptation measures, and options for behavioral prevention. HRC II was awarded the Federal Sustainability Prize 2022 in the Research category.

19. keywords

- a) Indicator development, heat exposure in open spaces, heat exposure in buildings, climate adaptation
- b) Assessment tool, climate adaptation measures, urban heat stress, site level, model areas, urban planning
- c) Local heat exposure, weather data, urban heat island, heat island, future heat exposure, building simulation, climate adaptation, assessment of indoor heat exposure
- d) Open space-building model chain, microscale urban climate simulation, building simulation, climate adaptation, assessment of heat exposure
- e) Governance analysis, climate adaptation governance, stakeholder roles, municipal administration, change management, policy recommendations, climate adaptation, strategy development
- f) Communication strategy, further training, qualification, property industry, housing industry, cooperatives, heat adaptation, green roofs, green facades, heat in the workplace
- g) Impact evaluation, protection motivation theory, motivational factors
- h) Transfer, public relations, explanatory videos, heat prevention, behavioural prevention

20. publisher

-

21. price

-