



Flächennutzungsmonitoring XI Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün

IÖR Schriften Band 77 · 2019

ISBN: 978-3-944101-77-4

Thermische Exposition von Fußgängern im Dresdner Stadtteil Gorbitz im Sommer 2018: Auswertung von Fußgänger-Messungen und Modellsimulationen

*Astrid Ziemann, Valeri Goldberg, Benjamin Richter,
Christian Bernhofer*

Ziemann, A.; Goldberg, V.; Richter, B.; Bernhofer, C. (2019): Thermische Exposition von Fußgängern im Dresdner Stadtteil Gorbitz im Sommer 2018: Auswertung von Fußgänger-Messungen und Modellsimulationen. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 77, S. 265-273.

Thermische Exposition von Fußgängern im Dresdner Stadtteil Gorbitz im Sommer 2018: Auswertung von Fußgänger-Messungen und Modellsimulationen

Astrid Ziemann, Valeri Goldberg, Benjamin Richter, Christian Bernhofer

Zusammenfassung

Im Rahmen des Verbundprojektes HeatResilientCity (HRC) wurden im Sommer 2018 Messungen der Hitzebelastung eines Fußgängers mit einem Messrucksack im Stadtteil Dresden-Gorbitz durchgeführt. Die mobilen Messungen erfolgten auf einem ca. 4 km langen Rundkurs durch das überwiegend aus Plattenbauten der 1980er Jahre bestehende Stadtquartier. Dabei führt die Route an markanten Punkten vorbei, die von vielen Bewohnern im Quartier frequentiert werden, z. B. Schule, Kitas, Wohnhäuser, Haltestellen, Einkaufsmärkte, Seniorenheim. An diesen Stellen werden stationäre Dauermessungen der Lufttemperatur und -feuchte durchgeführt.

Erste Auswertungen der Messdaten zeigen die starke Abhängigkeit der thermischen Exposition von der solaren Einstrahlung und damit von den Licht- und Schattenverhältnissen auf der Messroute. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit Befragungsergebnissen vor Ort, dass das Vorhandensein von Schattenflächen ein entscheidendes Kriterium für die Qualität einer Fußgängerpassage ist.

Die Messdaten dienen im Projekt u. a. als Input für Modellrechnungen bzw. Vergleichswerte für Stadtklimasimulationen. Beispielhafte Ergebnisse dieses Wertevergleichs demonstrieren die Anforderungen an Standorte für repräsentative Stadtklimamessungen.

1 Einleitung

Steigende Wärmebelastung ist eine der markantesten Wirkungen des Klimawandels, v. a. in Großstädten (IPCC 2012). Damit sind zum Teil erhebliche negative Auswirkungen auf die Lebensqualität und die Gesundheit der Stadtbewohner/innen verbunden. In diesem Zusammenhang steigen der Bedarf und die Nachfrage von kommunalen Behörden an räumlich und zeitlich hochaufgelösten meteorologischen Daten zur Quantifizierung der thermischen Belastung in speziellen Stadtquartieren. Zwar gibt es dazu mittlerweile zahlreiche Modelluntersuchungen (u. a. mit dem Modell ENVI-met: z. B. Ali-Toudert, Mayer 2006; Shashua-Bar et al. 2006; Goldberg et al. 2014), jedoch fehlt es i. allg. an Messdaten, die sowohl für eine Modellevaluierung als auch als Grundlage für statistische Verfahren zum Downscaling von regionalen Klimadaten auf Quartiersebene geeignet sind.

Im Rahmen des BMBF Verbundprojektes „HeatResilientCity (HRC)“ werden durch die Professur für Meteorologie der TU Dresden die meteorologischen und humanbiometeorologischen Wirkungen in hitzebelasteten Stadtquartieren in Dresden und Erfurt untersucht. Zielgebiet in Dresden ist ein Fokusgebiet im Stadtteil Dresden-Gorbitz. Dieses Stadtquartier ist aufgrund seiner demographischen Struktur (kinderreiche Familien, Senioren) besonders sensitiv gegenüber einem zunehmenden Hitzesisiko. In Dresden-Gorbitz soll die Belastung durch Sommerhitze reduziert werden, indem innerhalb des Projektverbundes Anpassungsmaßnahmen an Gebäuden und in Freiräumen entwickelt, umgesetzt und bewertet werden.

Die dabei eingesetzten und aufeinander abgestimmten Simulationen mit dem Mikroklimamodell ENVI-met (Bruse, Fler 1998) und Messungen mit einem Messrucksack sowie an stationären Stationen sollen einen Beitrag leisten, um den o. g. Informationsbedarf zu adressieren und methodische Probleme zu lösen. Darüber hinaus eignen sich lokal erhobene Messdaten zum Stadtklima, soweit sie mit Behörden und Interessenverbänden koordiniert und abgestimmt werden, für die Steigerung des Problembewusstseins in der Bevölkerung und eine allgemeine Akzeptanzerhöhung von Klimaanpassungsmaßnahmen.

2 Datengrundlage: Rucksackmessungen und Stadtklimasimulationen

Der Stadtteil Dresden-Gorbitz befindet sich linkselbisch im Südwesten der Landeshauptstadt Dresden in einer Hanglage. Ein großer Teil des Stadtgebietes von Gorbitz ist mit Plattenbauten bebaut, die in den 1980er Jahren entstanden sind. Anfang der 1990er Jahre begann die Umgestaltung der vorhandenen Wohnblöcke. Der durch sinkende Bevölkerungszahlen notwendige Wohnungsrückbau nahm auch Einfluss auf die Stadtteilstruktur. Gorbitz ist relativ weiträumig bebaut und teilt sich in mehrere, in sich geschlossene Quartiere. Charakteristisch für Gorbitz ist die homogene Struktur der meist langen Zeilenbebauung, die fast ausschließlich parallel zum Hang steht. Im Süden von Gorbitz verläuft der Gorbitzbach. Der Stadtteil ist durch zahlreiche Grünflächen und begrünte Innenhöfe gekennzeichnet. Eine markante Parkanlage, die auch in die Messroute involviert war, ist der Gorbitzer Park (Details siehe <http://heatresilientcity.de/projekt/beispielquartier-dresden-gorbitz/>).

Für mobile Messungen des Stadtklimas wurde an der Professur für Meteorologie, TU Dresden, ein Messrucksack mit folgenden Gerätetypen entwickelt (Abb. 1):



Multisensor:

Windgeschwindigkeit und -richtung, Lufttemperatur und -feuchte, Luftdruck, Niederschlag,

Thermoelement (Neben Pyranometer): Lufttemperatur,

Pyranometer:

Sonnenstrahlung: kurzwellige Strahlung mit Inklinometer, optional photosynthetisch aktive Strahlung,

Pyrometer:

Wärmestrahlung: langwellige Strahlung für Messungen in vier Raumrichtungen nach oben, unten und seitwärts,

GPS-Gerät (neben Pyranometer) und Datenlogger (Kasten am Gestell):

Verortung, Aufzeichnung und Speicherung der Daten (Messintervall: 2 s).

Abb. 1: Messrucksack für Bewertungen des Stadtklimas und der thermischen Belastung von Fußgängern (Foto: Astrid Ziemann, 2018)

Die Geräte sind auf dem Tragegestell eines Rucksacks angebracht, um die thermische Belastung eines Fußgängers direkt zu erfassen. Dabei wurde auf eine minimale Beeinflussung der Messungen durch den Träger des Rucksacks geachtet. Die Messhöhe einiger Geräte (Multisensor, Thermoelement, Pyranometer) befindet sich in ca. 2 m Höhe, d. h. in der klimatologischen Standardmesshöhe.

Die Gesamtlänge der Messroute betrug ca. 4 km (Abb. 2). Für die gesamte Messroute wurde in etwa 1 Stunde benötigt. Folgende markante Punkte wurden in die Route aufgenommen: zwei Kindertagesstätten (Kita: Nr. 1 und 5 in Abb. 2), Gorbitzbach (2), ASB-Seniorenheim (6), Leutewitzer Ring Nr. 23 und 25 (Begleitung der Gebäudesanierung durch das Projekt HRC), Gorbitzer Park (9), Grundschule (4). An den genannten Punkten wurden Messungen über wenige Minuten durchgeführt, um einen repräsentativen Vergleichswert für die stationären Temperatur- und Feuchtemessungen der Landeshauptstadt Dresden zu generieren.

Für die Modellsimulationen wird ENVI-met (ENVironmental meteorology) benutzt. ENVI-met ist ein dreidimensionales, nicht-hydrostatisches mikroskaliges Grenzschichtmodell (Bruse und Fleer, 1998). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie wurden mit der Modellversion 4.0 Preview II (Build: 23.01.2015) simuliert. Das prognostische Modell ENVI-met arbeitet mit verschiedenen Teilmodellen, einem Boden- und Grenzflächenmodell und einem Atmosphärenmodell einschließlich der Vegetationsparametrisierung.

In der Modellgebietsdatei werden die Eigenschaften jeder Gitterbox festgelegt, beispielsweise Gebäude mit einer definierten Geometrie und aus bestimmten Materialien, die Vegetationsarten mit vertikal variablen Eigenschaften (z. B. Pflanzenflächendichte) oder Bodenauflagen, wie Asphalt oder Beton. Die Modellsimulation für Dresden-Gorbitz an einem strahlungsreichen Sommertag wurde mit folgenden Startwerten und mit zyklischen Randbedingungen betrieben:

- Auflösung von 4 m in horizontaler (x und y) Richtung bzw. von 2 m oberhalb des Bodens und um 12 % zunehmende Schichtdicke in vertikaler (z) Richtung
- Windgeschwindigkeit und -richtung in 10 m Höhe über Grund: 2,5 m/s, Ostwind
- Lufttemperatur: 24,4 °C, Bodentemperatur: 23,9 °C.

3 Datenauswertung: Gemessene und simulierte thermische Belastung in Dresden-Gorbitz

3.1 Auswertung der Rucksackmessdaten im Vergleich zu den stationären Messungen

Abbildung 2 zeigt die Lufttemperatur im Quartier während eines Messrundgangs am Vormittag eines strahlungsreichen Sommertags. Die räumliche Verteilung wird vor allem durch den Tagesgang und die damit verbundene Zunahme der Lufttemperatur beeinflusst. Während des Rundgangs steigt die Lufttemperatur um ca. 1 K, siehe auch Abbildung 3. Der Einfluss unterschiedlicher Umgebungsbedingungen zeichnet sich nur geringfügig ab. Demgegenüber variiert die kurzweilige solare Einstrahlung zwischen Werten von nahe 0 bis über 900 W/m², je nachdem, ob der Rucksackträger im Schatten oder über besonnte Flächen läuft (Abb. 3). Diese Strahlungsunterschiede führen auch zu einer variablen Hitzebelastung von Fußgängern (siehe Kap. 3.2).

Die unterschiedliche Sonneneinstrahlung beeinflusst auch die Abweichung zwischen stationären und Rucksackmessungen (Abb. 4, 11.06.19). Ein Beispiel zeigt die Messung am Standort 1 (Kita). Dieser Standort ist in den Vormittagsstunden besonnt und führt zu einem deutlichen Strahlungsfehler von 1,5 K der stationären Station. Der Messstandort im Park ist demgegenüber im Baumschatten angebracht, was zu einer negativen Abweichung von bis zu 0,7 K zum Rucksack führt, der hier teilweise besonnt unterwegs war. Generell zeigen die stationären Messungen, dass der von Bäumen beschattete und auf einer belüfteten Anhöhe gelegene Gorbitzer Park bei Hitzeperioden ein empfehlenswerter Erholungsort ist.



Abb. 2: Lufttemperatur am 07.06.2018 in Dresden-Gorbitz aus Rucksackmessungen (Multisensor) zwischen 09:09 und 10:17 MEZ, Zahlen → markante Messpunkte (Quelle: Temperaturdaten: eigene Messungen 2018; Luftbild: © 2009 GeoBasis-DE/BKG und © 2018 Google)

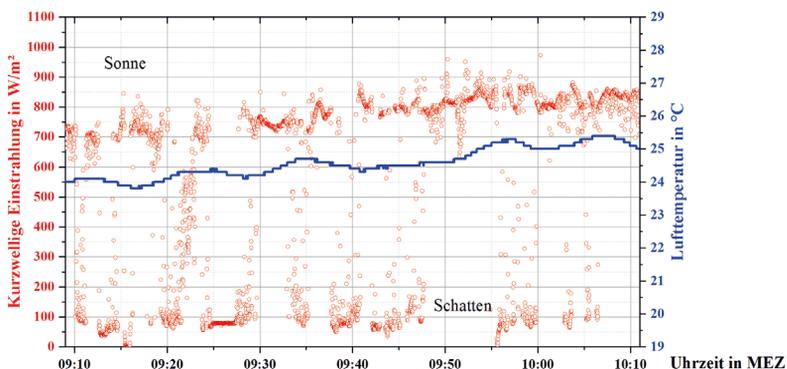


Abb. 3: Lufttemperatur (blau) und kurzwellige Einstrahlung (rot) am 07.06.2018 in Dresden-Gorbitz aus Rucksackmessungen (Quelle: eigene Messungen 2018)

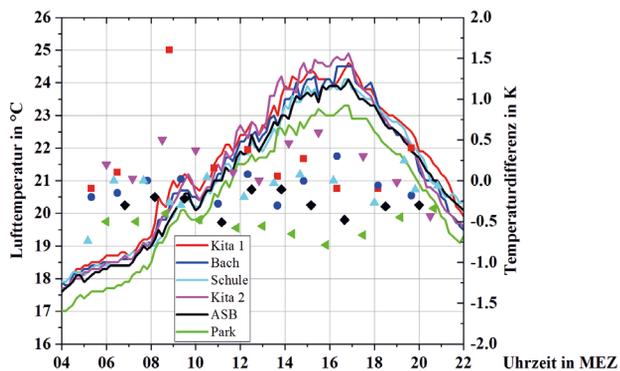


Abb. 4: Lufttemperatur am 11.06.2018 in Dresden-Gorbitz an verschiedenen Standorten aus stationären Messungen (Linien) und Temperaturdifferenz zu Rucksackmessungen (Symbole) (Quelle: eigene Messungen 2018)

3.2 Auswertung der Modellsimulationen im Vergleich zu Rucksackmessungen

Abbildung 5 zeigt die mit dem Modell ENVI-met simulierte Temperaturverteilung am Vormittag eines strahlungsreichen Sommertags in Dresden-Gorbitz. Deutlich erkennbar sind die höchsten Temperaturwerte im Bereich der sonnenexponierten Freiflächen (südlicher Bereich) und die niedrigsten Werte im Schatten von Baumalleen (nordöstlicher Bereich). Im Vergleich zu den gemessenen Temperaturabweichungen zeigt sich die beste Übereinstimmung in den besonnten Bereichen. Generell sind die Temperaturdifferenzen im Stadtteil jedoch gering (Simulation 1 Kelvin, Messung 2 Kelvin).

Deutlich größere Unterschiede treten bei den Werten der Physiologischen Äquivalenttemperatur PET (Höppe, 1999) auf (Abb. 6). Hier lässt sich deutlich zwischen Sonnen- und Schattenbereichen differenzieren. Entsprechend der thermischen Komfortskala für PET (18-23 °C Komfortbereich, 23-35 °C warm, 35-41 °C heiß, > 41 °C sehr heiß) befinden sich alle windgeschützten und besonnten Flächen bereits am Vormittag im Bereich hoher thermischer Belastung, während Schattenareale (von Bäumen und Gebäuden) nur geringe oder keine Belastung aufweisen. Im Vergleich zu den Messwerten wird PET durch ENVI-met etwas überschätzt, bedingt durch Überschätzung der Solarstrahlung im Modell.

Die Verteilung von PET in der Nacht (nicht dargestellt) wird von der langwelligen Strahlungsbilanz bestimmt. Die höchsten Werte von PET treten zwischen dicht zusammenstehenden Gebäuden (hoher Wärmespeicher mit hoher Abstrahlung) und dicht mit Bäumen überschirmten Bereichen (erhöhte Gegenstrahlung) auf. Niedrige Werte für PET zeigen eine geringere Strahlungstemperatur an, bedingt durch günstige effektive Ausstrahlungsbedingungen. Dies betrifft offene Areale mit niedriger oder keiner Vegetation (südlicher und östlicher Bereich).

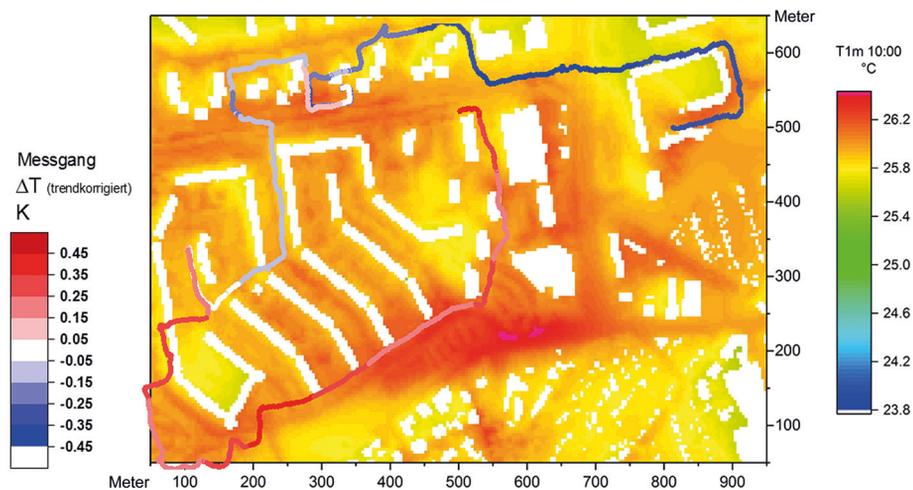


Abb. 5: ENVI-Met Simulation der Lufttemperatur in 1 m Höhe am 07.06.2018 in Dresden-Gorbitz; Linie in Abb.: Abweichung vom Zeitmittel im Rucksackmessrundgang, Trend auf 10:00 MEZ korrigiert (Quelle: eigene Messungen und Modellsimulationen 2018)

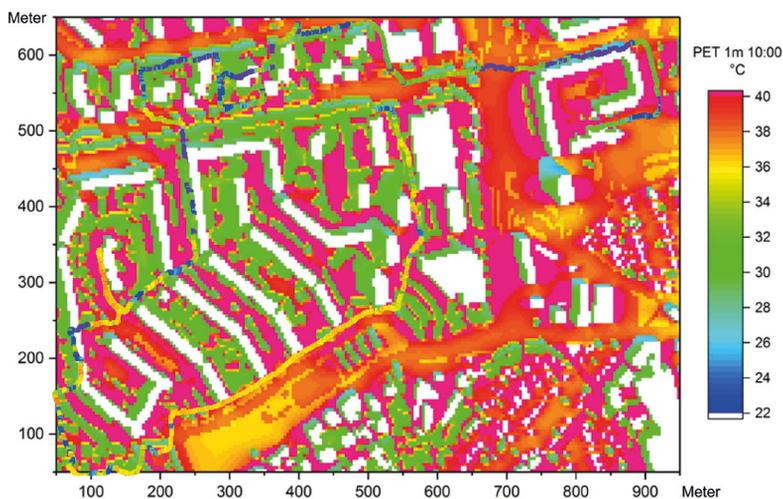


Abb. 6: ENVI-Met Simulation der Physiologischen Äquivalenttemperatur (PET) in 1 m Höhe am 07.06.2018, 10:00 MEZ in Dresden-Gorbitz; Linie in Abb.: PET, berechnet mit dem Modell Rayman (Matzarakis et al. 2010) aus Messdaten (Quelle: eigene Messungen und Modellsimulationen 2018)

4 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Rucksackmessungen und der Modellsimulationen mit ENVI-met haben gezeigt, dass die räumliche Verteilung der thermischen Belastung im Stadtteil Dresden-Gorbitz in Abhängigkeit von Gebäude- und Vegetationsstruktur und der Tageszeit abgebildet werden kann. Die Ergebnisse von ENVI-met sind qualitativ vergleichbar mit ähnlichen Untersuchungen in anderen Stadtgebieten von Dresden (Goldberg et al. 2014) sowie in anderen Städten (z. B. Srivanit, Hokao 2013). Der Vergleich von Messung und Modell zeigt die prinzipielle Eignung von ENVI-met, die sommerliche Wärmebelastung in einem Stadtteil zu modellieren.

Die Ergebnisse der Modellsimulationen mit ENVI-met werden innerhalb des Projektes HRC als Input für die Gebäudeklimasimulationen verwendet, deren Ergebnisse als Grundlage für konkrete Anpassungsmaßnahmen dienen. Die Messdaten sind zur Unterstützung und Entscheidungshilfe für die Durchführung konkreter Maßnahmen der Klimaanpassung in Dresden-Gorbitz durch Praxispartner verwendbar.

Die Daten der Rucksackmessungen und Modellsimulationen werden bedarfsorientiert weiter ausgewertet (z. B. mittels Informations- und Faktenblättern für die Anwohner). Zur Überprüfung der Wirksamkeit konkreter Klimaanpassungsmaßnahmen in Dresden-Gorbitz sind zusätzliche zielorientierte Modellsimulationen sowie Messungen geplant.

5 Literatur

- Ali-Toudert, F.; Mayer, H. (2006): Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. In: *Building and Environment* 41, 94-108.
- Bruse, M.; Fleer, H. (1998): Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. In: *Environmental Modelling & Software* 13, 373-384.
- Goldberg, V.; Kurbjuhn, C.; Bernhofer, C. (2014): How relevant is urban planning for the thermal comfort of pedestrians? Numerical case studies in two districts of the City of Dresden (Saxony/Germany). In: *Meteorologische Zeitschrift* 22, 739-751.
<http://heatresilientcity.de/projekt/beispielquartier-dresden-gorbitz>
(Zugriff: 28.06.2019).
- Höppe, P. (1999): The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. In: *Int J Biometeorol* 43, 71-75.
- IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change (2012): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* In: Field, C. B.; Barros, V.; Stocker, T. F.; Qin, D.; Dokken, D. J.; Ebi, K. L.; Mastrandrea, M. D.; Mach, K. J.; Plattner, G.-K.; Allen, S. K.; Tignor, M.; Midgley, P. M. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA: 582 pp.

- Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H. (2010): Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. In: *Int J Biometeorol* 54, 131-139.
- Shashua-Bar, L.; Hoffman, M.E. ; Tzmir, Y. (2006): Integrated thermal effects of generic built forms and vegetation on the UCL microclimate. In: *Building and Environment* 41, 343-354.
- Srivanit, M.; Hokao, K. (2013): Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer. In: *Building and Environment* 66, 158-172.