

Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?

Björn Maronga

Leibniz Universität Hannover



Matthias Winkler

Fraunhofer-Institut für Bauphysik



Dan Li

Boston University, USA

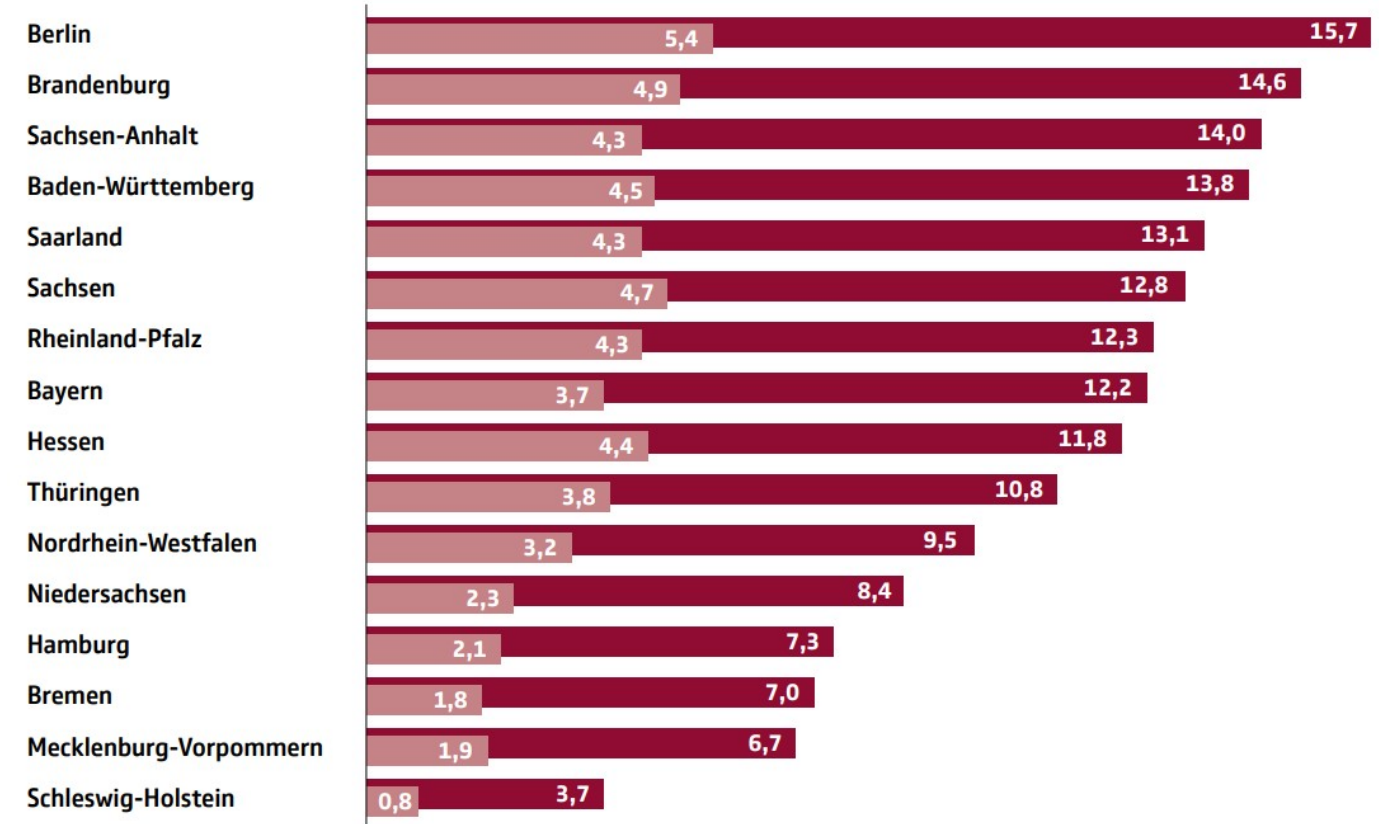


Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?

- Anzahl Hitzetage hat sich verdreifacht

Entwicklung der Hitzetage nach Bundesländern

Mittlere Zahl der Hitzetage pro Jahr im Zeitraum ... 1951 -1960 2011 -2020



Quelle: DWD/GDV
© www.gdv.de | Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)

Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?

- Etablierte Maßnahmen um Hitzebelastung in Städten zu reduzieren:
 - Begrünte Fassaden und Dächer (Effektivität fraglich)
 - "Cool roofs"
 - Blaue Infrastruktur

→ Nur sporadisch im Stadtbild angekommen
- Etablierte Maßnahmen für Energieeinsparungen in der Heizperiode:
 - Nachträgliche Gebäudedämmung
 - Austausch von Fenstern und Türen
 - "Klimaanlagen" (HVAC – Heating, Ventilation, Air-Conditioning)

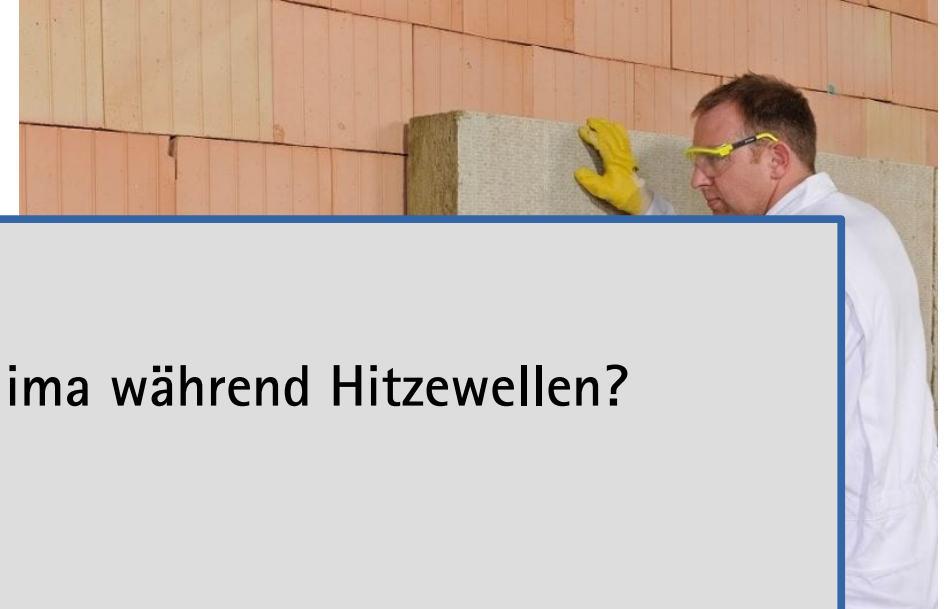
→ Fortlaufend durchgeführte Maßnahme im Gebäudebestand



epr / Saint Gobain Weber

- Etablierte Maßnahmen um Hitzebelastung in Städten zu reduzieren:

- Begrünte Fassaden und Dächer (Effektivität fraglich)



Beeinflussen Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima während Hitzewellen?

- Auswirkungen auf Innenraumtemperaturen
- Auswirkungen auf 2 m-Außentemperaturen
- Austausch von Fenstern und Türen
- "Klimaanlagen" (HVAC – Heating, Ventilation, Air-Conditioning)
- → Fortlaufend durchgeführte Maßnahme im Gebäudebestand

Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?



Fallstudie Berlin Ernst-Reuter-Platz

Domain: 2 km x 2 km @ 2 m

Randbedingungen: zyklisch

Antrieb:

- Solare Einstrahlung am 1. Juli, 2019
- Geostrophischer Wind: 1 m s^{-1}

Anfangstemperatur: 20 °C

Simulationsdauer: 7 Tage

Großskaliges Absinken: 0.5 cm s^{-1}
(Hochdrucklage)

Simulationen:

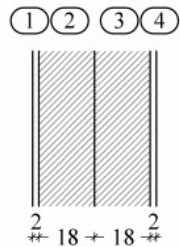
- Unsaniert (Gebäudezustand nach Baujahr)
- Saniert (100%; Dämmung, Fenster, Technik)

Schwachpunkte der Studie:

- Keine Frischluftzufuhr
- "worst case" Szenario

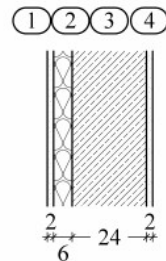
Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?

**Residential < 1950 /
Office < 1950**



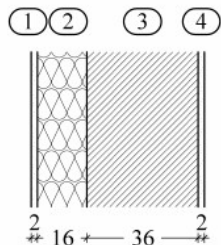
- ① Mortar-Plaster
- ② Solid Brick
- ③ Solid Brick
- ④ Gypsum Plaster

**Residential 1950 - 2000 /
Office 1950 - 2000**

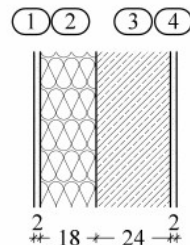


- ① Mortar-Plaster
- ② Thermal Insulation,
 $\lambda = 0.046 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
- ③ Concrete
- ④ Gypsum Plaster

Status quo



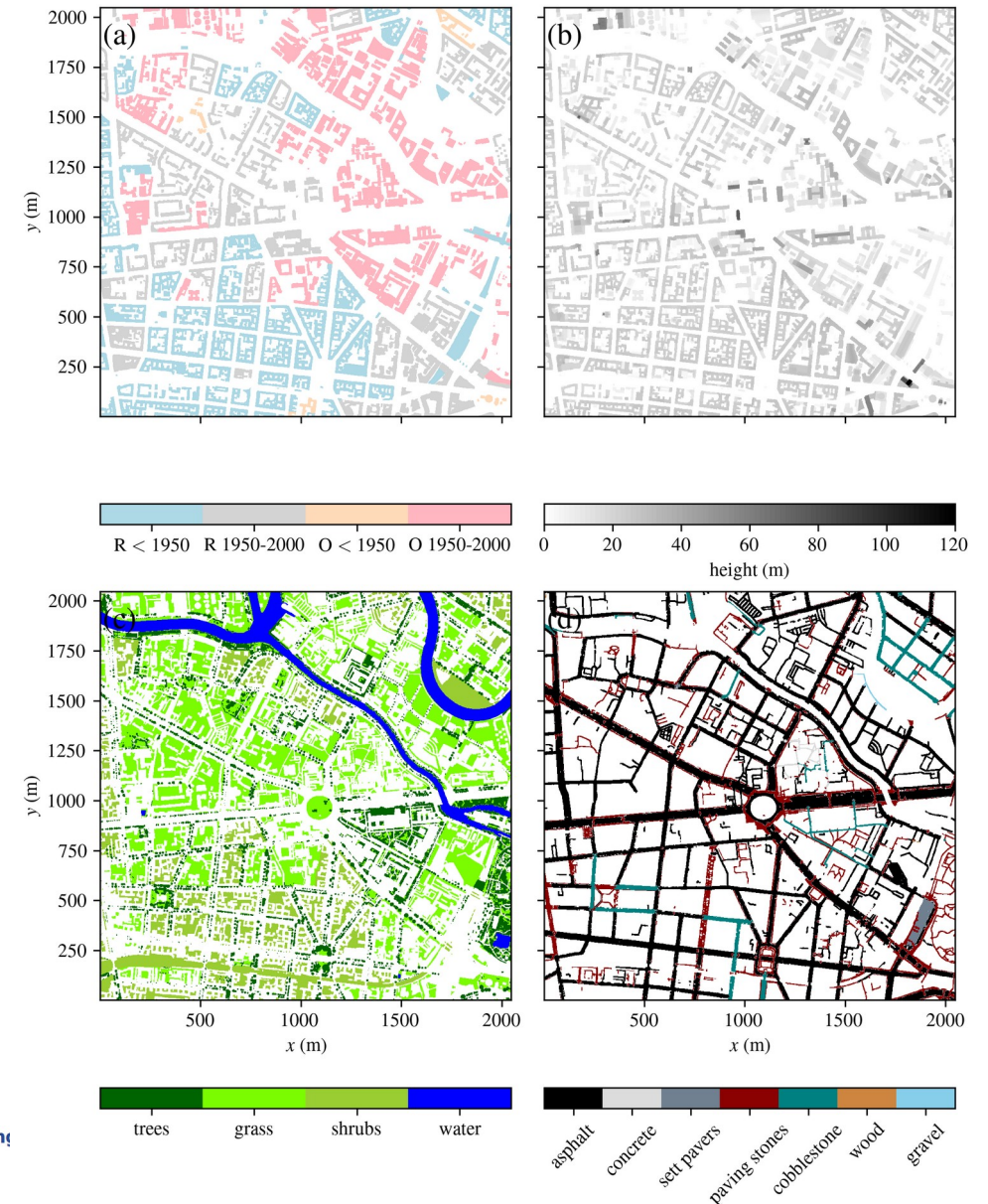
- ① Mortar-Plaster
- ② Thermal Insulation,
 $\lambda = 0.035 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
- ③ Solid Brick
- ④ Gypsum Plaster



- ① Mortar-Plaster
- ② Thermal Insulation,
 $\lambda = 0.035 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
- ③ Concrete
- ④ Gypsum Plaster

Retrofitted

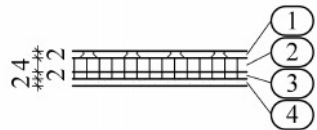
FIG. 4. Wall cross sections for the status quo and retrofitting scenarios. Thicknesses are given in centimeters



Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?

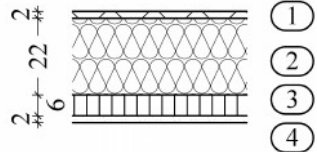
Status quo

**Residential < 1950 /
 Office < 1950**



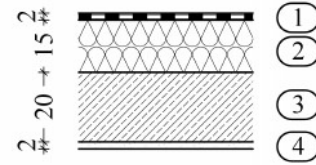
- ① Roof Tiles
- ② Wooden Formwork
- ③ Wooden Planks
- ④ Gypsum Plaster

Retrofitted

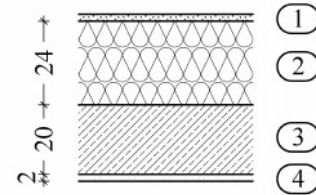


- ① Roof Tiles
- ② Thermal Insulation,
 $\lambda = 0.035 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
- ③ Wooden Constructions
- ④ Gypsum Plaster

**Residential 1950 - 2000 /
 Office 1950 - 2000**



- ① Bitumen
- ② Thermal Insulation,
 $\lambda = 0.046 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
- ③ Concrete
- ④ Gypsum Plaster



- ① Dry Gravel
- ② Thermal Insulation,
 $\lambda = 0.035 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
- ③ Concrete
- ④ Gypsum Plaster

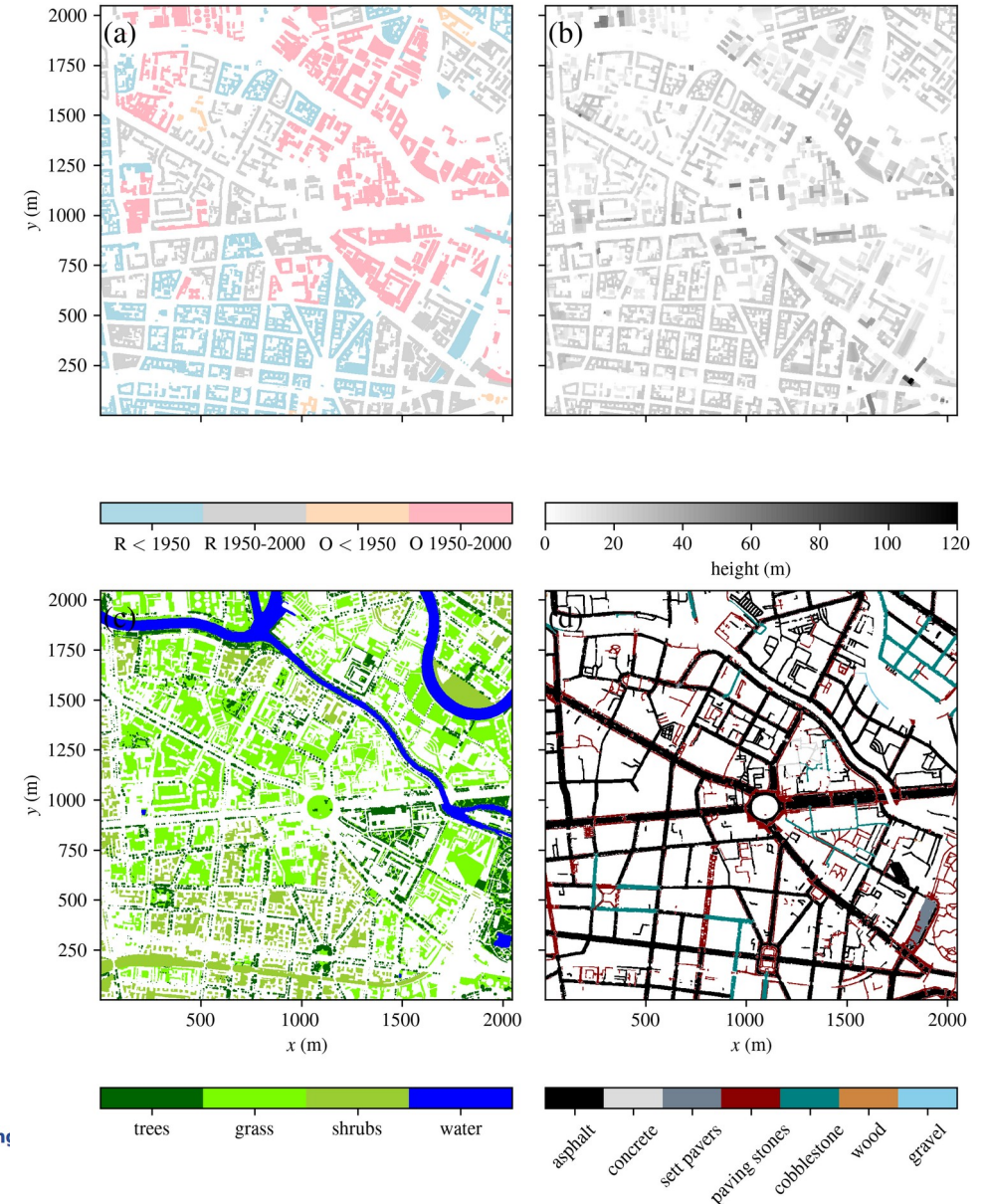
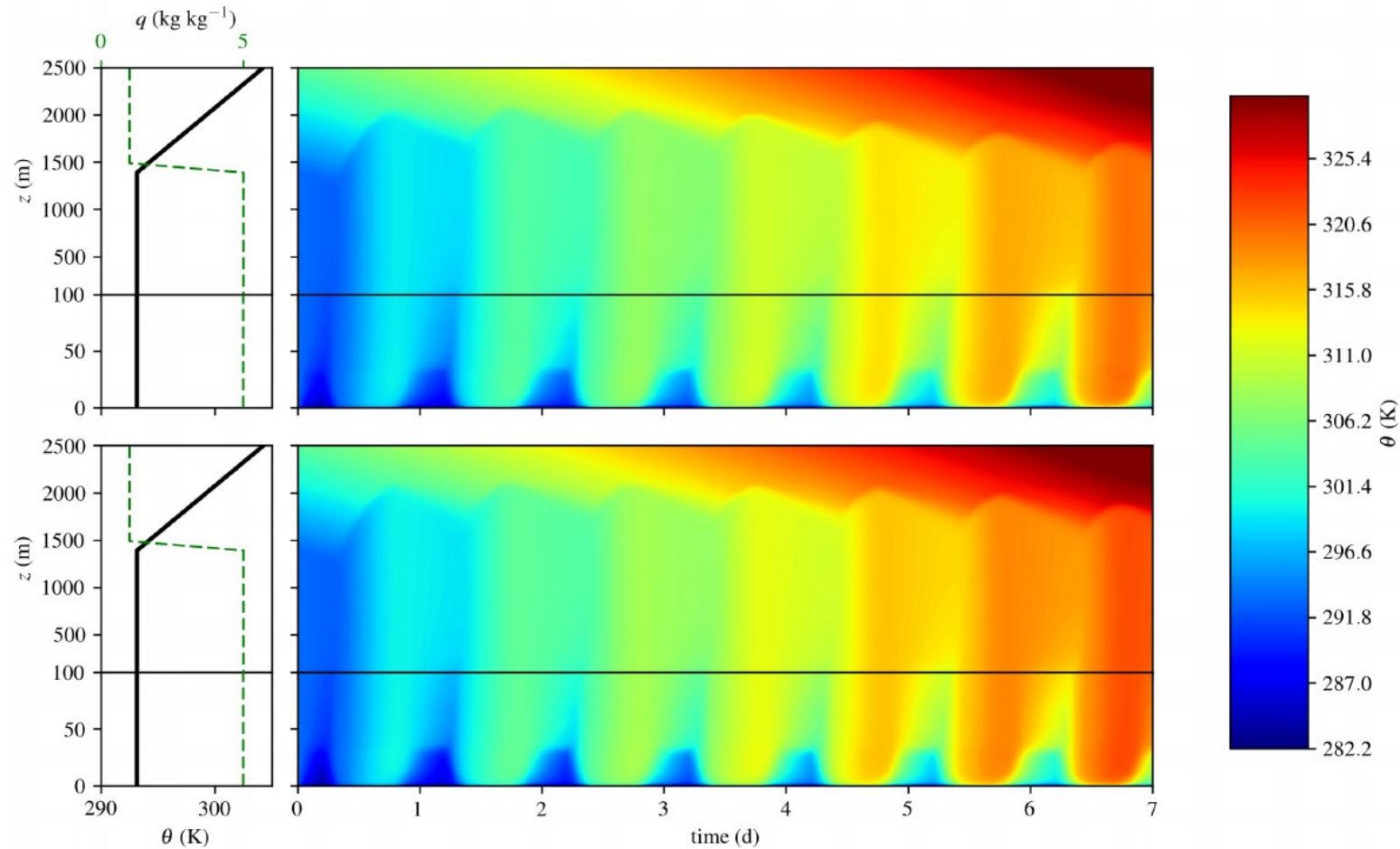


FIG. 5. Roof cross sections for the status quo and retrofitting scenarios. Thicknesses are given in centimeters

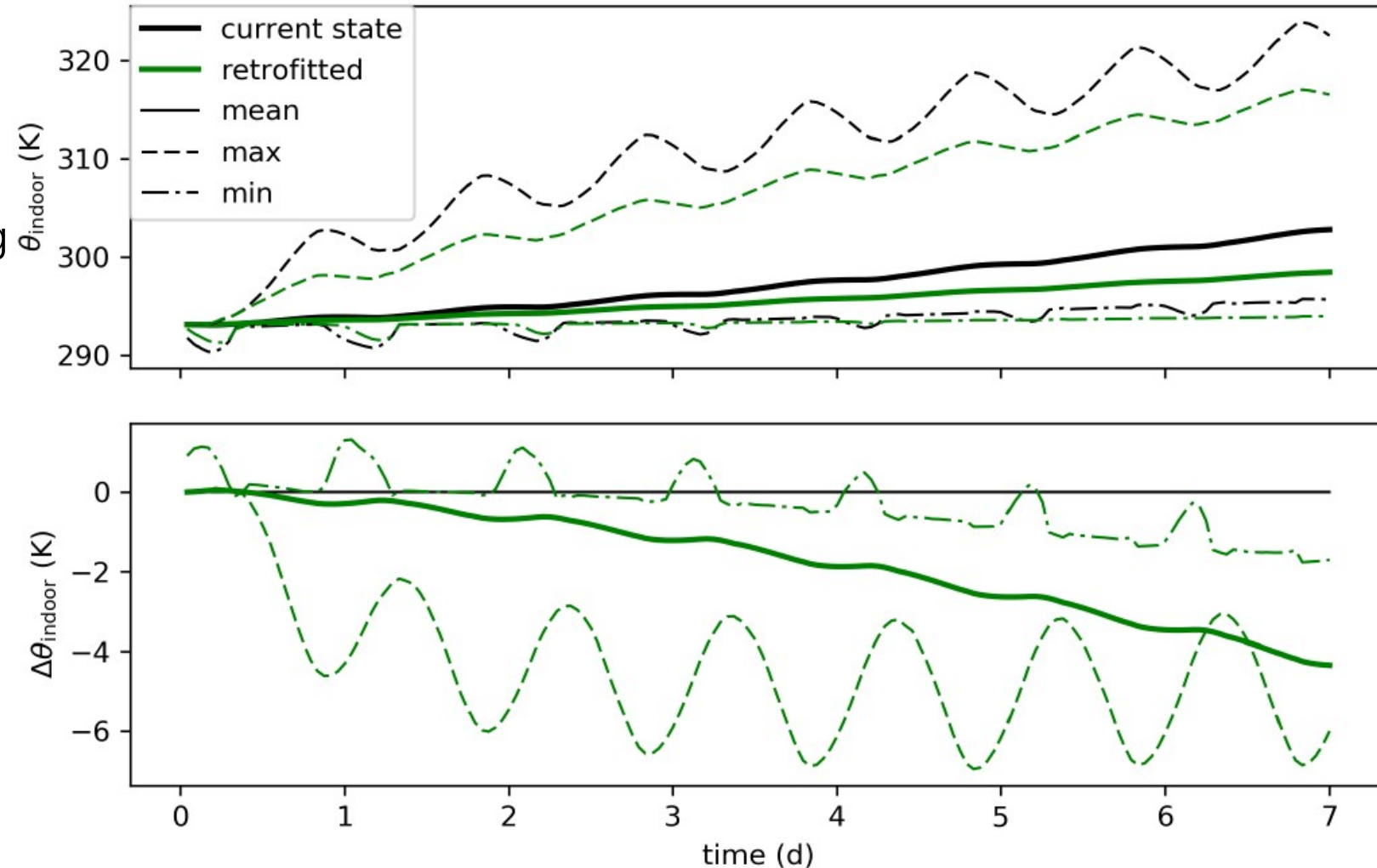
Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?



Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?

Innenraumtemperaturen

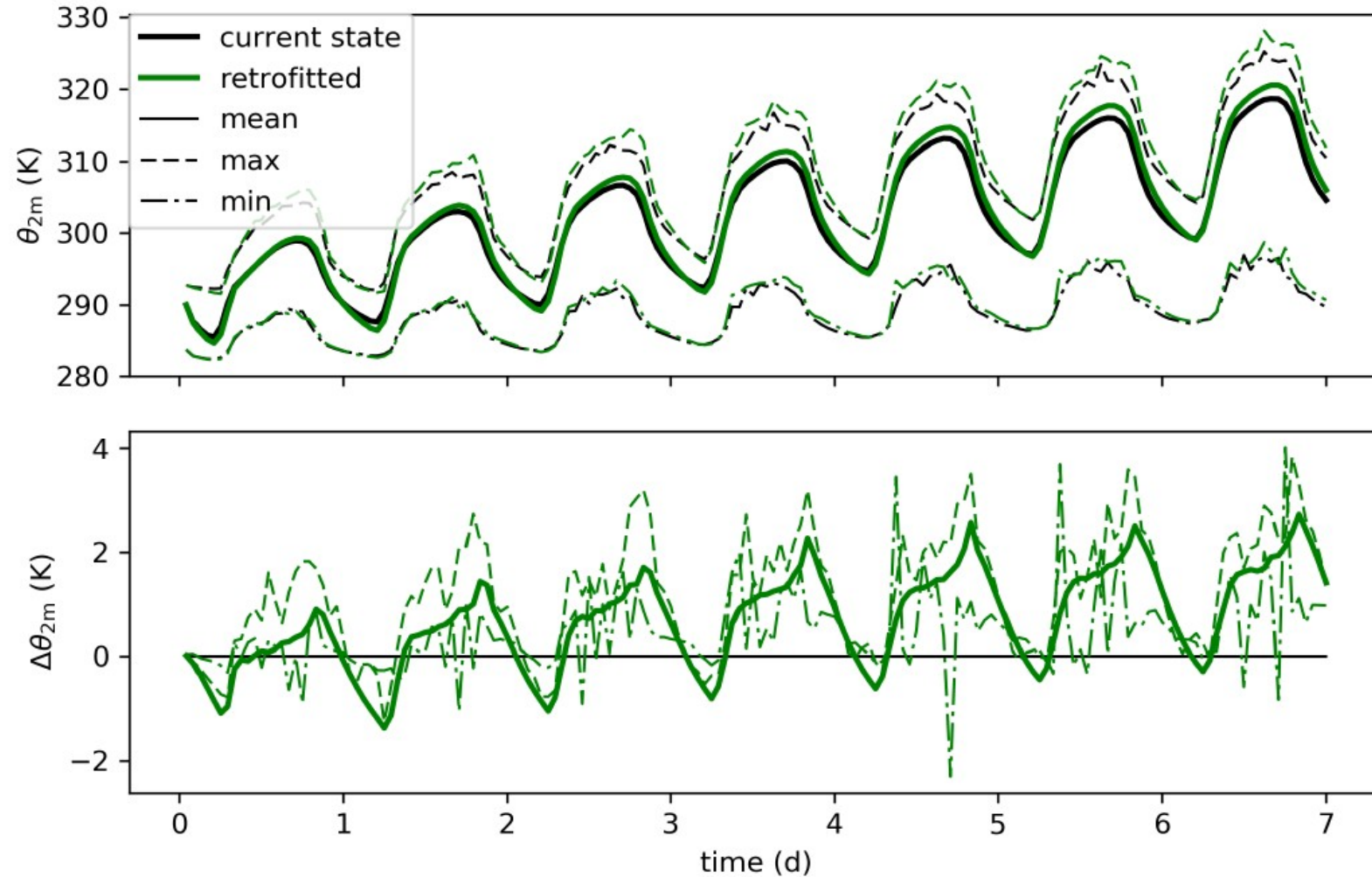
- Bessere Dämmung
 - höhere Trägheit beim Wärmeübertrag
 - niedrigere Temperaturen



Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?

2 m-Temperaturen

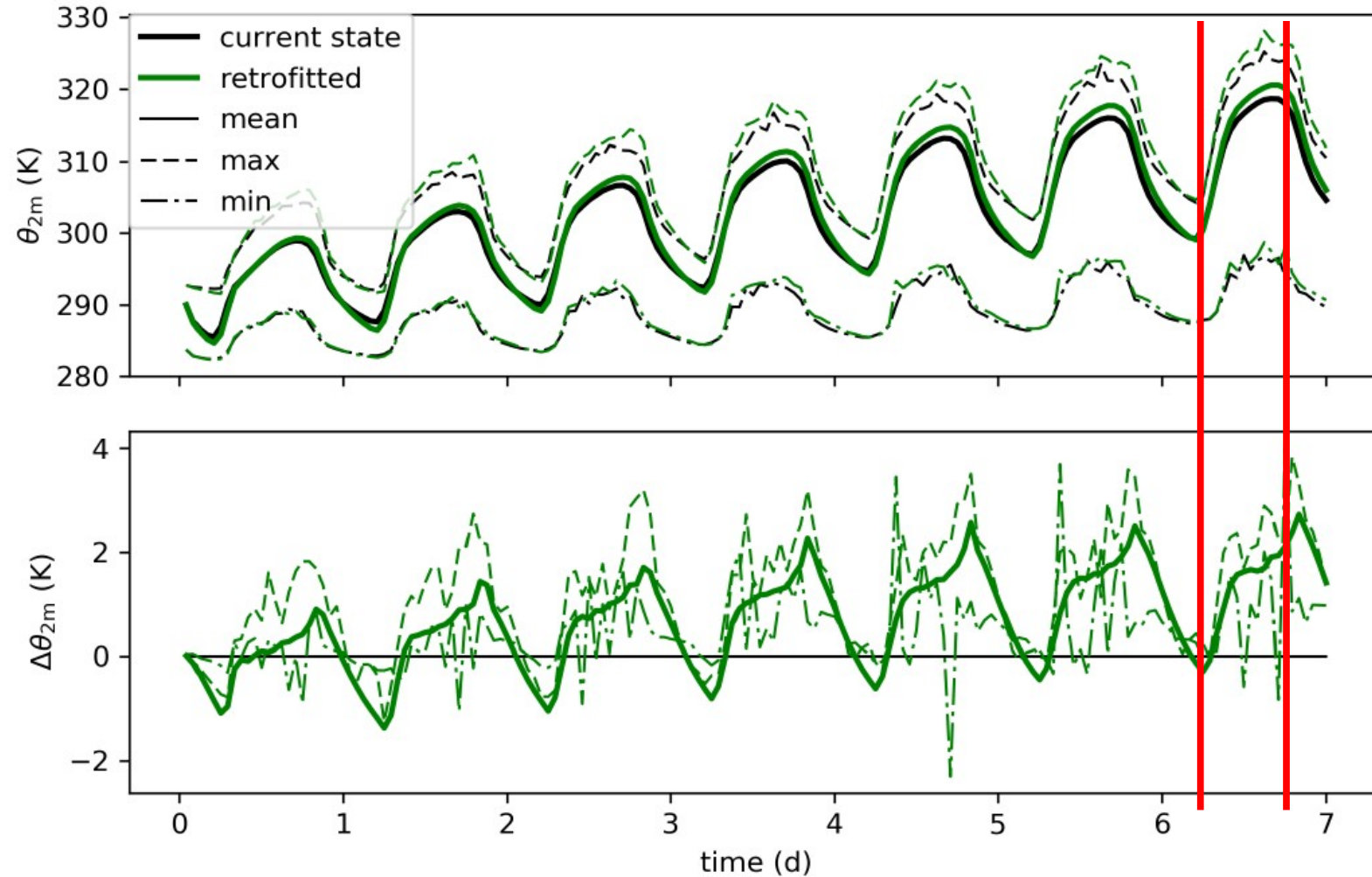
- Kälter in den späten Nachtstunden
- Wärmer in den Abendstunden
- Trend: erhöhte 2 m-Temperatur



Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?

2 m-Temperaturen

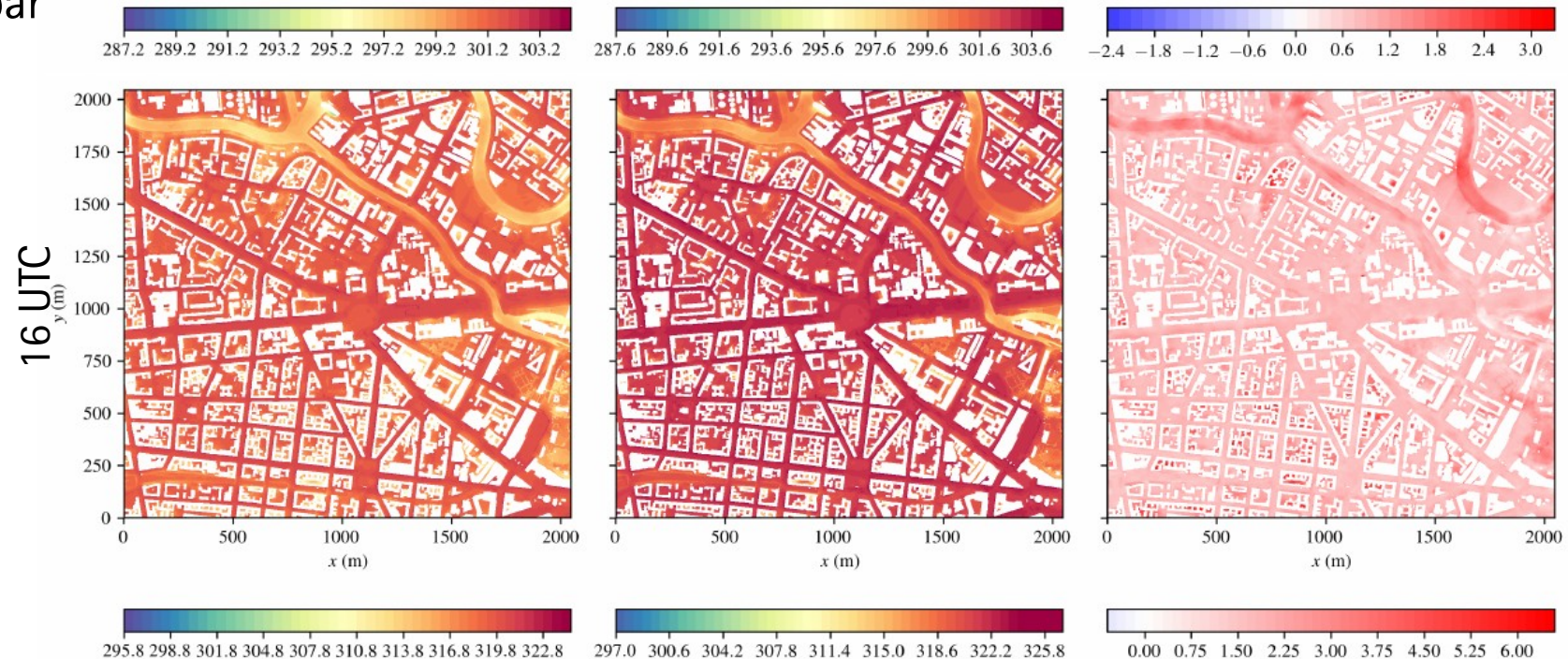
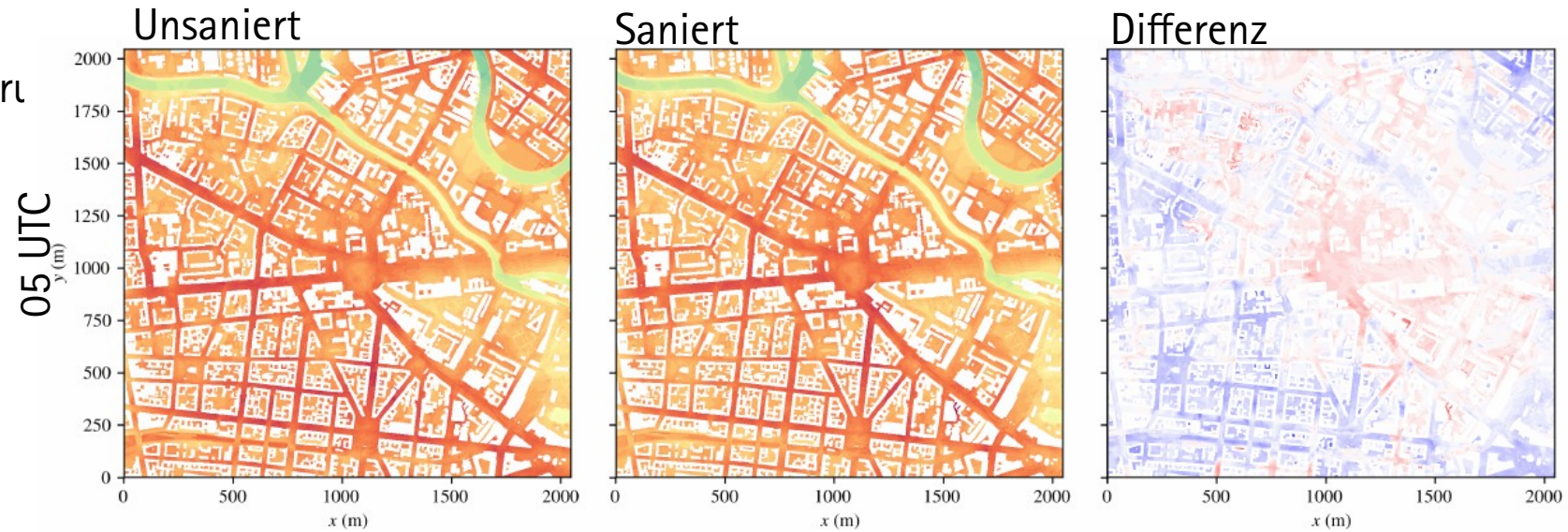
- Kälter in den späten Nachtstunden
- Wärmer in den Abendstunden
- Trend: erhöhte 2 m-Temperatur



Können Gebäudesanieru

05 UTC

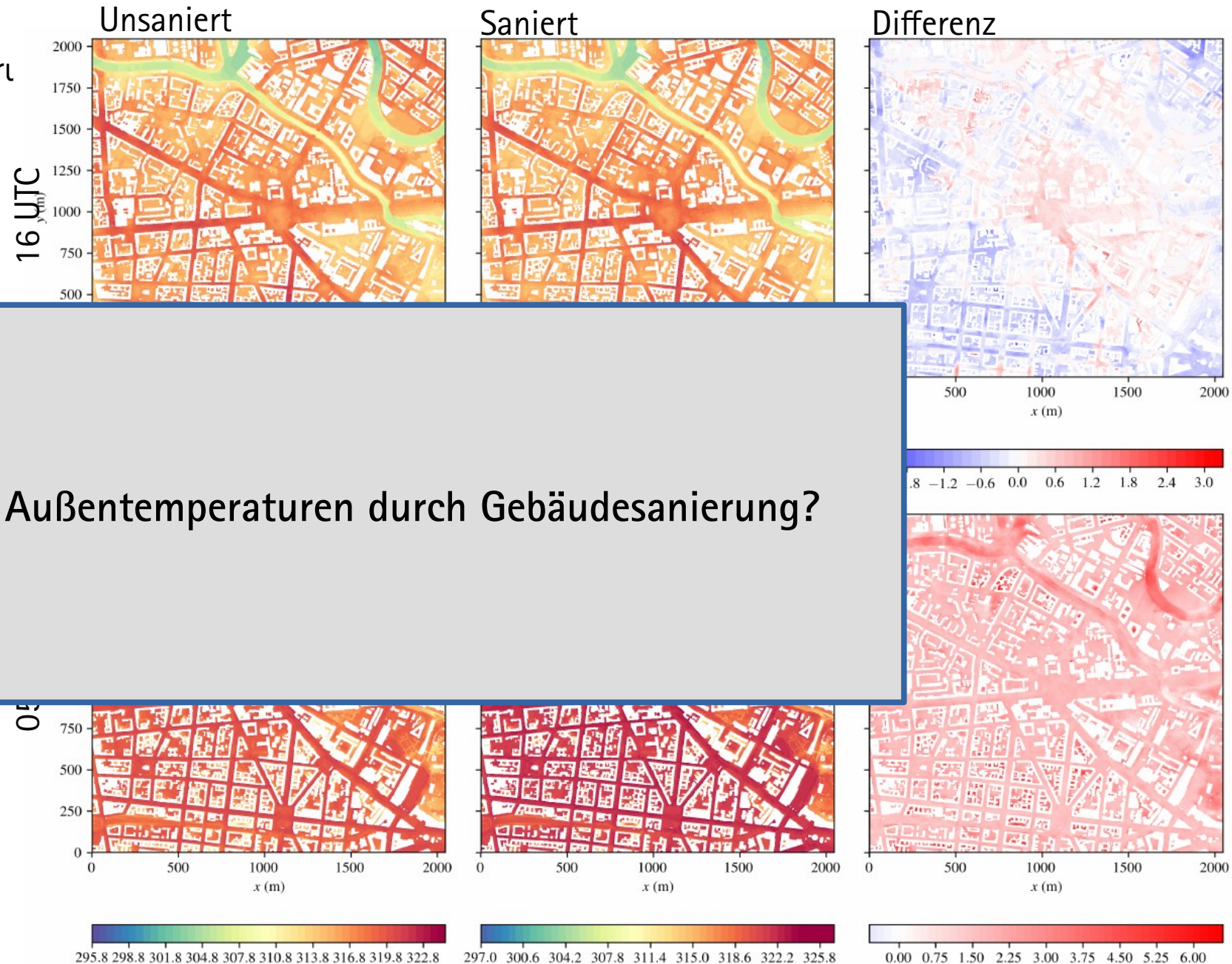
- Heterogene Verteilung
- A/C in Bürogebäuden
- Kühlung in Wohngebieten
- Signale der Oberfläche deutlich sichtbar (wenig turbulente Durchmischung)



17 UTC

- Homogene Verteilung
- Signale der Oberfläche sind durch turbulente Durchmischung nicht sichtbar
- sichtbar

Können Gebäudesanieru



Warum steigen Außentemperaturen durch Gebäudesanierung?

05 UTC

- Heterogene Verteilung
- A/C in Bürogebäude
- Kühlung in Wohnge
- Signale der Oberfläche (wenig turbulente D

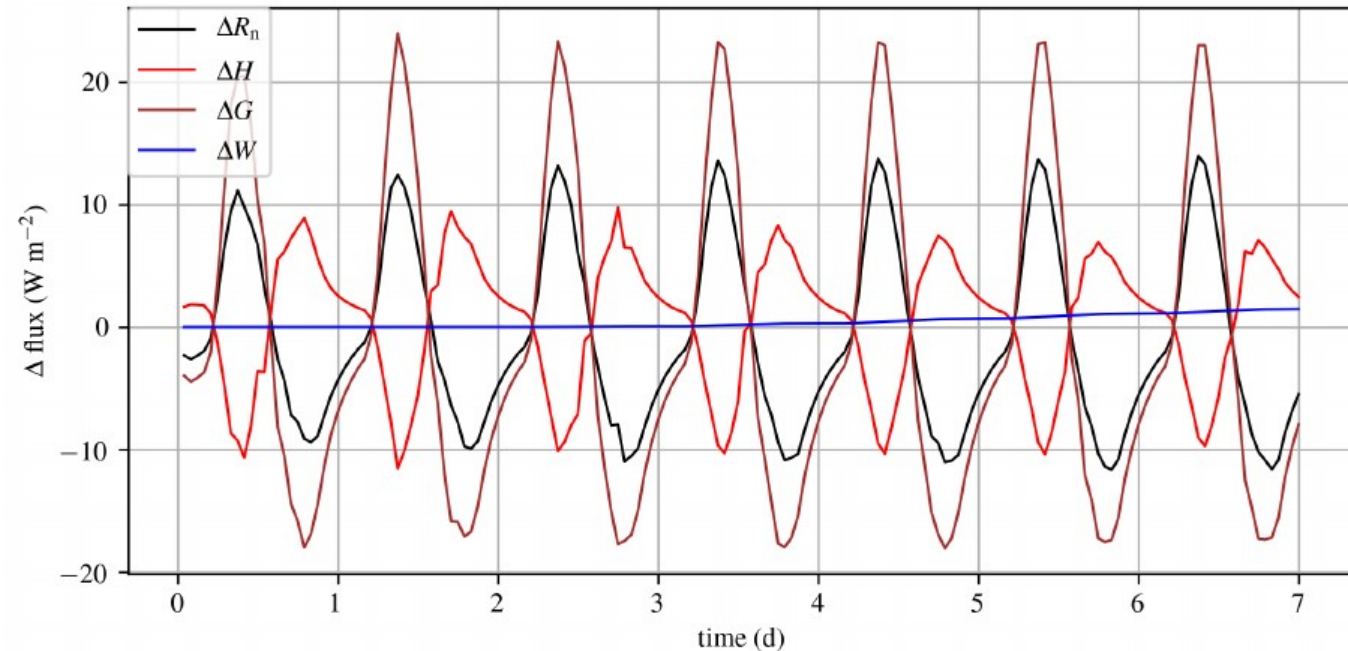
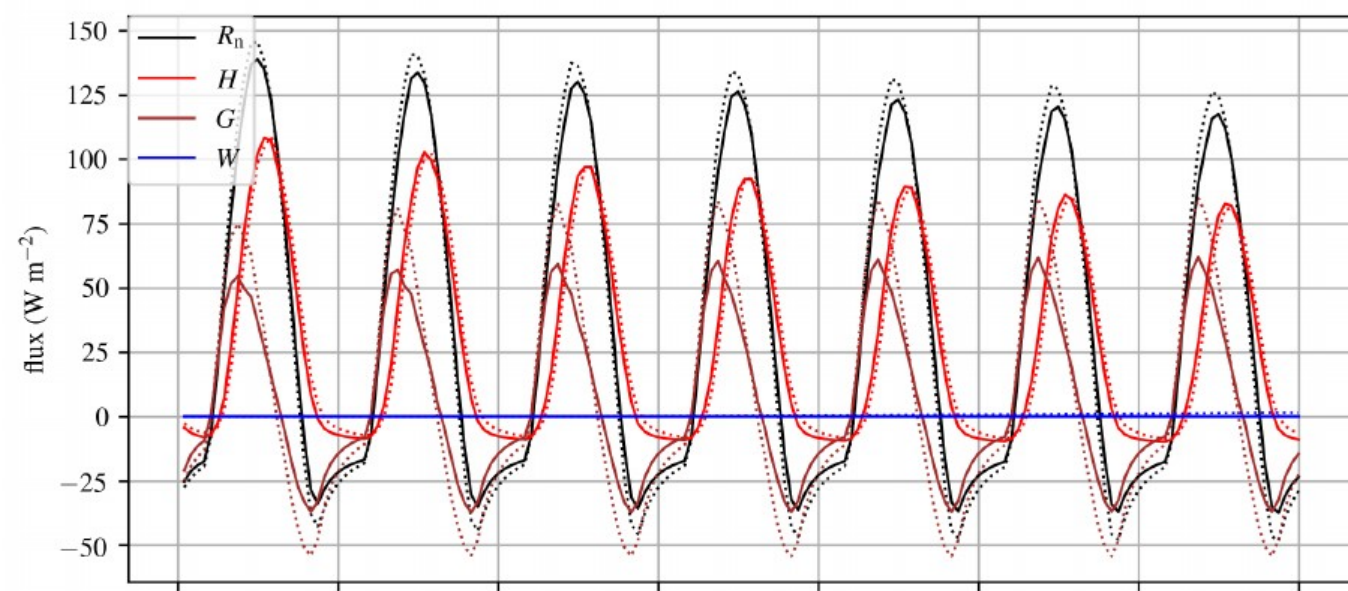
17 UTC

- Homogene Verteilung
- Signale der Oberfläche sind durch turbulente Durchmischung nicht
- sichtbar

Können Gebäudesanierungen das städt

Energiebilanz an der Oberfläche (hier: Dächer)

- Der Betrag des Wärmestroms G deutlich größer
→ Die Oberfläche reagiert deutlich schneller im sanierten Zustand

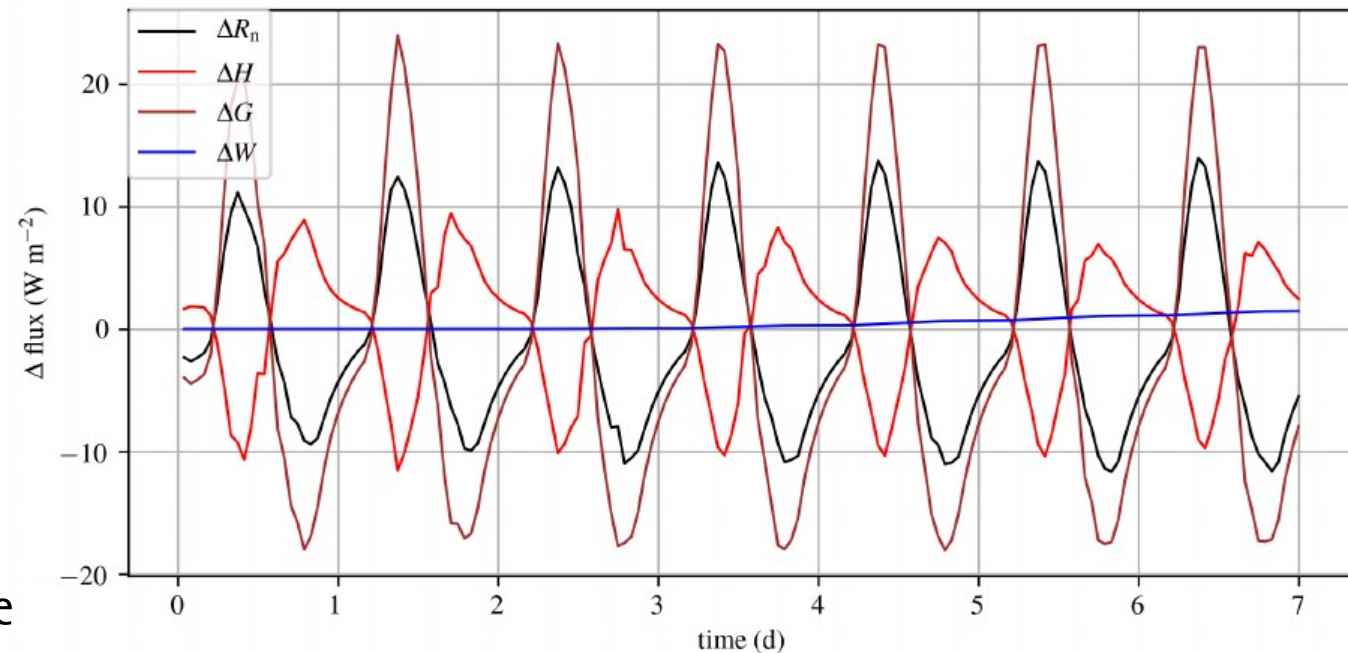
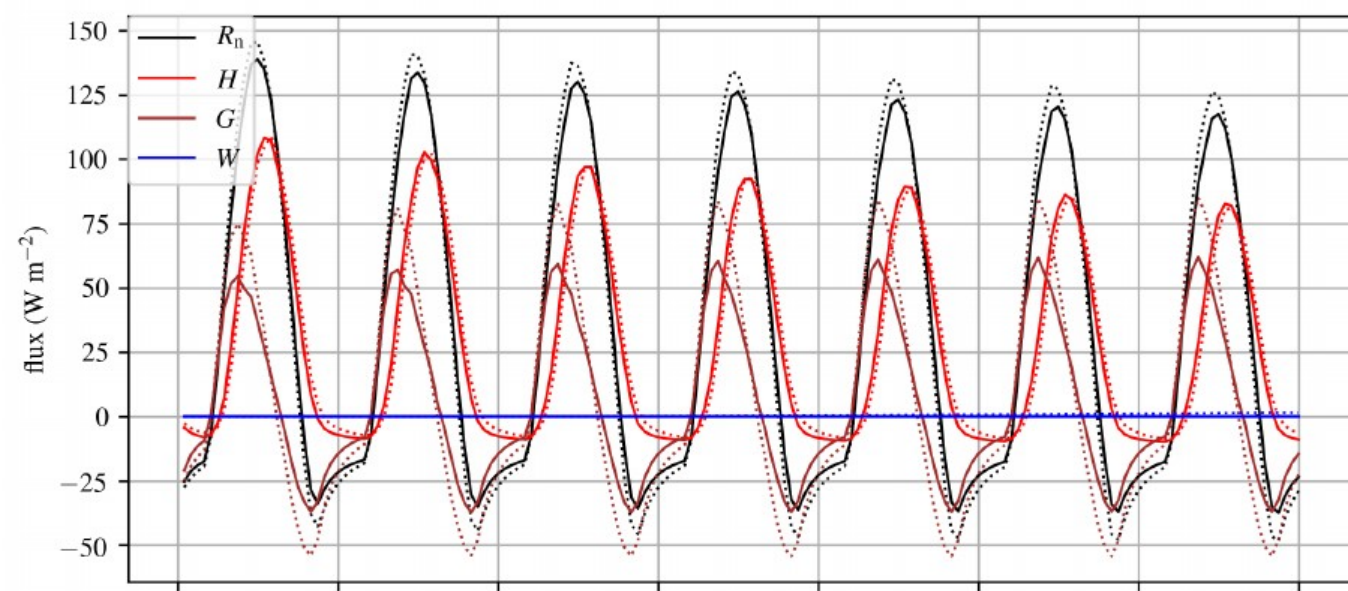


Können Gebäudesanierungen das städt

Energiebilanz an der Oberfläche (hier: Dächer)

- Der Betrag des Wärmestroms G deutlich größer
→ Die Oberfläche reagiert deutlich schneller im sanierten Zustand
- 05 – 14 UTC:
- Mehr Wärme wird im Gebäude gespeichert
→ H ist kleiner
- 14 – 05 UTC:
- Mehr Wärme wird vom Gebäude freigesetzt
→ H ist größer
- Nettoeffekt: Es wird mehr Energie an die Atmosphäre abgegeben als im Gebäude gespeichert wird

2.-3.3.2023, Berlin



Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima beeinflussen?

Fazit

- Gebäudesanierungen (hier: Dämmung) beeinflussen das Mikroklima bei Hitzewellen signifikant:
 - Innenraumtemperaturen sinken
 - Energiebedarf für Gebäudekühlung sinkt
 - Außentemperaturen können lokal sinken
 - Hitzestress am Tag wird verstärkt
- Wärmedämmung sollte mit Maßnahmen kombiniert werden um den negativen Auswirkungen entgegen zu wirken!



Können Gebäudesanierungen das städtische Mikroklima

Fazit

- Gebäudesanierungen (hier: Dämmung) beeinflussen das Mikroklima bei Hitzewellen signifikant:
 - Innenraumtemperaturen sinken
 - Energiebedarf für Gebäudekühlung sinkt
 - Außentemperaturen können lokal sinken
 - Hitzestress am Tag wird verstärkt
- → Wärmedämmung sollte mit Maßnahmen kombiniert werden um den negativen Auswirkungen entgegen zu wirken!



Can Areawide Building Retrofitting Affect the Urban Microclimate? An LES Study for Berlin, Germany

BJÖRN MARONGA,^{a,b} MATTHIAS WINKLER,^c AND DAN LI^d

^a Institute of Meteorology and Climatology, Leibniz University Hannover, Hannover, Germany

^b Geophysical Institute, University of Bergen, Bergen, Norway

^c Fraunhofer Institute for Building Physics, Holzkirchen, Germany

^d Department of Earth and Environment, Boston University, Boston, Massachusetts

(Manuscript received 21 October 2021, in final form 1 February 2022)

ABSTRACT: In this work, we investigate the effect of areawide building retrofitting on summertime, street-level outdoor temperatures in an urban district in Berlin, Germany. We perform two building-resolving, weeklong large-eddy simulations: one with nonretrofitted buildings and the other with retrofitted buildings in the entire domain to meet today's energy efficiency standards. The comparison of the two simulations reveals that the mean outdoor temperatures are higher with retrofitted buildings during daytime conditions. This behavior is caused by the much smaller inertia of the outermost roof/wall layer in the retrofitting case, which is thermally decoupled from the inner roof/wall layers by an insulation layer. As a result, the outermost layer heats up more rigorously during the daytime, leading to increased sensible heat fluxes into the atmosphere. During the nighttime, the outermost layer's temperature drops down faster, resulting in cooling of the atmosphere. However, as the simulation progresses, the cooling effect becomes smaller and the warming effect becomes larger. After 1 week, we find the mean temperatures to be 4 K higher during the daytime while the cooling effects become negligible.

SIGNIFICANCE STATEMENT: Building retrofitting is taking place in Europe and other continents as a measure to reduce energy consumption. The change in the building envelope directly influences the urban atmosphere. Our study reveals that areawide retrofitting in a German city district can have negative effects on the outdoor microclimate in summer by causing higher air temperatures.

KEYWORDS: Boundary layer; Large-eddy simulations; Adaptation; Atmosphere–land interaction; Heat islands; Urban meteorology

1. Introduction

The world's urban population has been increasing for decades. In 2016, more than 54% of the global population lived in cities and their surroundings (United Nations 2016). The most well-known consequence of urbanization is the air urban heat island (UHI), that is, street-level air temperatures are generally found to be higher relative to rural environments. The UHI is most pronounced during nighttime and can be as high as 12 K (Oke et al. 2017), mainly because the absorbed solar radiation is stored inside building materials and pavements during the daytime and is released during the nighttime. Moreover, the longwave radiative cooling is limited due to the multiple reflection of radiation beams among buildings (i.e., radiation trapping), while the warming effect of anthropogenic heat flux is stronger at night. The daytime UHI is found to be much less pronounced because the rural areas are mostly open to solar irradiation and thus can heat up quickly in the morning hours. The urban environments are slower in heating up, sometimes resulting in morning urban cool islands

(Theeuwes et al. 2015), but the stronger sensible heating in urban areas leads to similar air temperatures to those in rural areas in the late afternoon hours. In addition, the development of a convective boundary layer during the daytime allows the heat released from the surface to be rigorously mixed, both vertically and horizontally, and therewith diluting local surface differences.

In the context of climate change and UHI, urban heat mitigation has received growing attention (Krayenhoff et al. 2021). Different measures have been proposed to reduce temperatures in cities, such as green roofs and facades, reflective materials, implementation of blue infrastructures (lakes, flood detention basins), unsealing and renaturation of surfaces, and the optimization of newly built-up areas with regard to cold air paths. A large number of previous studies have focused on quantifying the impacts of these measures in reducing urban temperatures and UHI intensities using numerical models (e.g., Li et al. 2014; Wang et al. 2020, 2021; among many others). Recently, Krayenhoff et al. (2021) gave a comprehensive review on modeling studies that focused on mitigation measures to avoid extreme heat in cities. Unfortunately, these measures are often not the priorities of cities' climate action plans, whose main aim is to reduce cities' energy consumptions and carbon emissions (Rosenzweig et al. 2010). Instead, building retrofitting is usually a high priority, especially for cities with many old buildings that have winter heating needs.

[Ⓢ] Denotes content that is immediately available upon publication as open access.

Corresponding author: Björn Maronga, maronga@muk.uni-hannover.de

DOI: 10.1175/JAMC-D-21-0216.1

© 2022 American Meteorological Society. For information regarding reuse of this content and general copyright information, consult the AMS Copyright Policy (www.ametsoc.org/PUBSReuseLicense).

Unauthenticated | Downloaded 02/27/23 11:29 AM UTC