

Herbsttagung des Citymanagement Verband Ost e.V.

# Der Klimawandel kommt auch in die Innenstädte – was tun?

Dr. Daniel de Graaf  
FG III 1.4 Stoffbezogene Produktfragen

Gotha, 26. September 2025

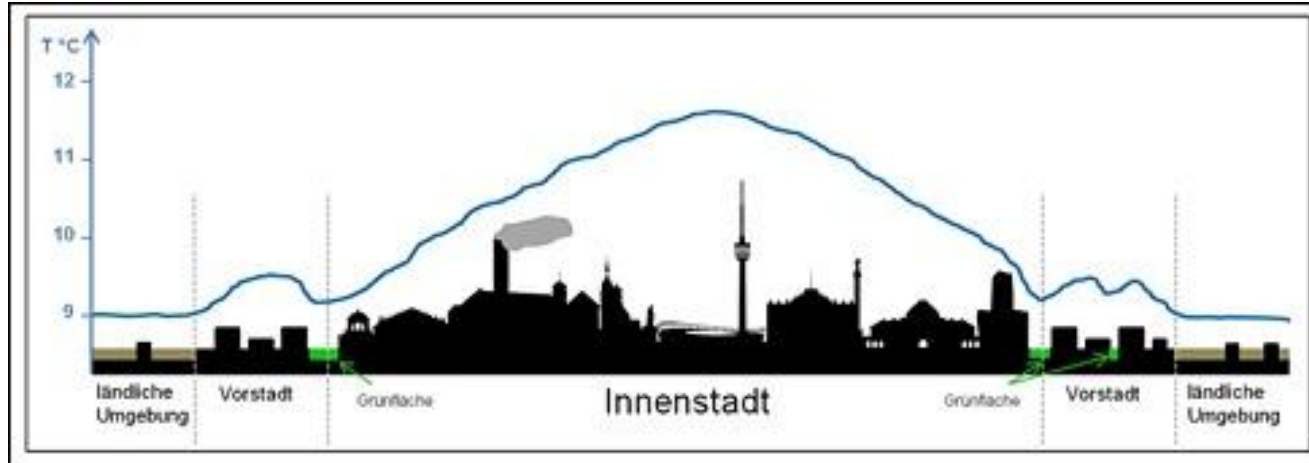
# Gliederung

- 1 WAS SIND URBANE HITZEINSELN?
- 2 DAS SCHWAMMSTADTKONZEPT
- 3 ERGEBNISSE DES UBA-FORSCHUNGSPROJEKTES „NACHHALTIGE GEBÄUDEKLIMATISIERUNG IN EUROPA“
  - 2.1 Gebäude- und Quartiersmaßnahmen, Auswahl der Quartiere
  - 2.2 Verbesserung des Mikroklimas *in silico* im Quartier Campo Bornheim (Frankfurt am Main)
- 1 FAZIT

## Was sind urbane Hitzeinseln (*Urban Heat Islands, UHI*) und wie entstehen sie?

**Unterschied der Lufttemperatur in der Stadt vs. ländlichem Raum, verursacht durch**

- Hohen Versiegelungsgrad,
- Wenig Vegetation („Grün“ -> fehlende Evapotranspiration),
- Dunkle Oberflächen (z.B. Asphalt),
- Schlechteren Luftaustausch und
- Anthropogene Wärmequellen (Motoren, Klimaanlage, etc.).



**Hitzeinseln treten ganzjährig auf. Der Effekt ist in Sommernächten besonders deutlich ausgeprägt.**

Jahresmitteltemperatur in Stuttgart  
(Quelle: Stadtklima Stuttgart)

Die Ausprägung der Hitzeinseln hängt von den jeweiligen Bedingungen vor Ort (Klima, Bebauung, Frischluftschneisen, etc.) ab

# Die klimagerechte Schwammstadt

Warum aus stark versiegelten Großstädten Schwammstädte werden sollten



## Steigende Temperaturen

Zwischen 1881 und 2022 Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 1.7°C.



## Wasserverlust

Seit 2002 verliert Deutschland 2,5 Kubikkilometer Wasser pro Jahr. Es gehört zu den Regionen mit dem höchsten Wasserverlust weltweit.



## Gründächer

2020 existierten 0,8 m² Gründachfläche pro Bewohner\*in einer Großstadt.



## Erholungsflächen

2021 existierten 40 m² Erholungsfläche pro Großstädter\*in in städtischen Grünanlagen.



## Flächenverbrauch

Seit 2017 wächst die Siedlungs- und Verkehrsfläche um 55 Hektar pro Tag.



## Starkregen

Hitze befördert Starkregen: 2021 betrafen Starkregen-Warnungen 30% der Siedlungen.



## Trockenheit

Zunehmende und längere Trockenperioden gefährden die Vitalität des Stadtgrüns und lassen Grundwasserspiegel sinken.



## Sachschäden

Starkregenereignisse führten 2021 zu versicherten Schäden in Höhe von 8,1 Mrd. Euro.



## Hitzebelastung

Im Rekordjahr 2018 wurden im Bundesdurchschnitt rund 20 heiße Tage ermittelt, in Frankfurt am Main sogar 42.



Kühlungseffekt durch lokale Verdunstung



Ausweitung der Dach- und Fassadenbegrünung



Renaturierung urbaner Gewässer



Ausweitung von Grün- und Erholungsflächen



Steigerung der Versickerungsflächen zur Speicherung von Wasser



Abmilderung von Starkregeneffekten

Quelle: Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel



## Praxisbeispiel: Siegplatte in Siegen (Nordrhein-Westfalen)



Quelle: Stadt Siegen

- Siegplatte (260 m Länge, 3.000 m<sup>2</sup>), Anfang der 1960er Jahre erbaut
- Abriss, Renaturierung und Neugestaltung des Ufers (2012-2016)
- Verbesserung des Mikroklimas, der Lebensqualität und Attraktivität



Quelle: Atelier Loidl

# Programmatische Verankerung der Schwammstadt auf Bundesebene

## Nationale Wasserstrategie

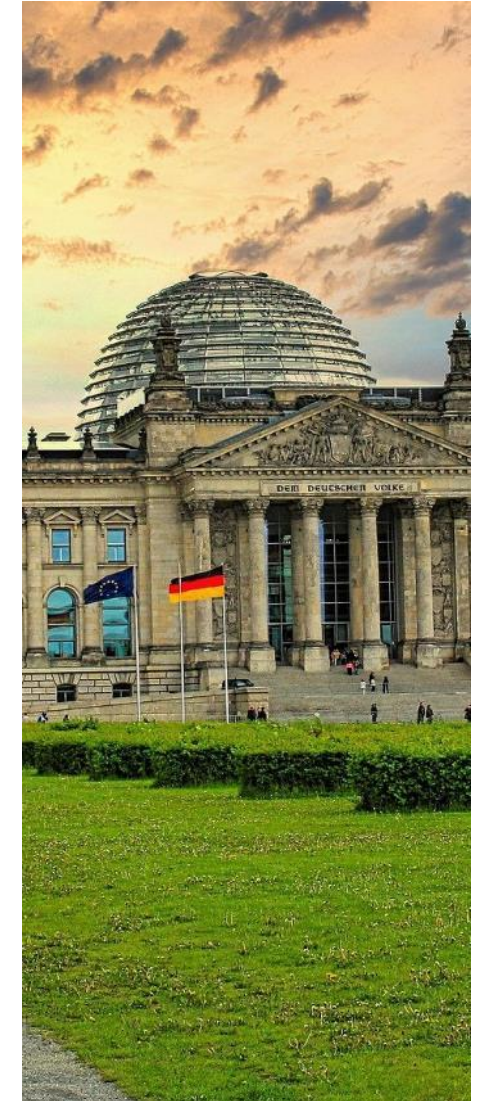
- „Es gilt daher, das grundsätzliche Potential für Verbesserungen im Sinne wassersensibler Städte und von Wasserangeboten, die dem **Hitzeschutz der Bevölkerung und Kühlung der Umgebung** dienen (z.B. Trinkwasserbrunnen, Baumrigolen oder Gründächer), vor allem auch in bestehenden Siedlungsbereichen verstärkt zu nutzen.“
  - ➔ Aktion 13: Naturnahe Niederschlagsbewirtschaftung
  - ➔ Aktion 19: Leitbild der „wassersensiblen Stadt“ weiterentwickeln und in Umsetzung bringen

## Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz

- Handlungsfeld 7: Natürlicher Klimaschutz auf Siedlungs- und Verkehrsflächen
  - Erhöhung des Wasseranteils (Kühlung durch Verdunstung)
  - Dach- und Fassadenbegrünung

## Neue vorsorgende Klimaanpassungsstrategie

- Veröffentlichung Ende 2024
- Festlegung von Zielen, Maßnahmen und Indikatoren des Bundes
- Stärkung der Schwammstadtumsetzung durch Ziele im Handlungsfeld Stadt- und Siedlungsentwicklung
  - Ziel 1: Aktivierung von Stadtgrün zur Reduktion von Hitzebelastung
  - Ziel 2: Stärkere Annäherung an einen naturnahen Wasserhaushalt in Städten





# Wie können Kommunen die Umsetzung der Schwammstadt voranbringen?

## Kommunale politische Beschlüsse, Strategien und Klimaanpassungskonzepte

- Übergeordnete Strategiedokumente stärken die ämterübergreifende Zusammenarbeit, mehr Verbindlichkeit durch Berücksichtigungsgebot (§8 KAnG)

## Kommunale Satzungen

- Zisternen-, Niederschlagswasser-, Baumschutz-, Freiraum- und Gestaltungsatzungen

## Verbesserung der Informationsgrundlage

- Nutzung digitaler Zwillinge
- Aufstellung von Starkregengefahren- und Hitze-Hotspot-Karten
- Bewusstseins-schaffung und Sensibilisierung für Nutzung von Regen- und Betriebswasser

## Zentralisierung von Verantwortung für die Schwammstadt

- Etablierung unabhängiger Beratungsorganisationen, z.B. Berliner Regenwasseragentur
- Zentralisierung des Betriebes der blau-grünen Infrastruktur: z.B. Ansiedlung von Entwässerungsbetrieben durch neue Aufgabenzuschnitte

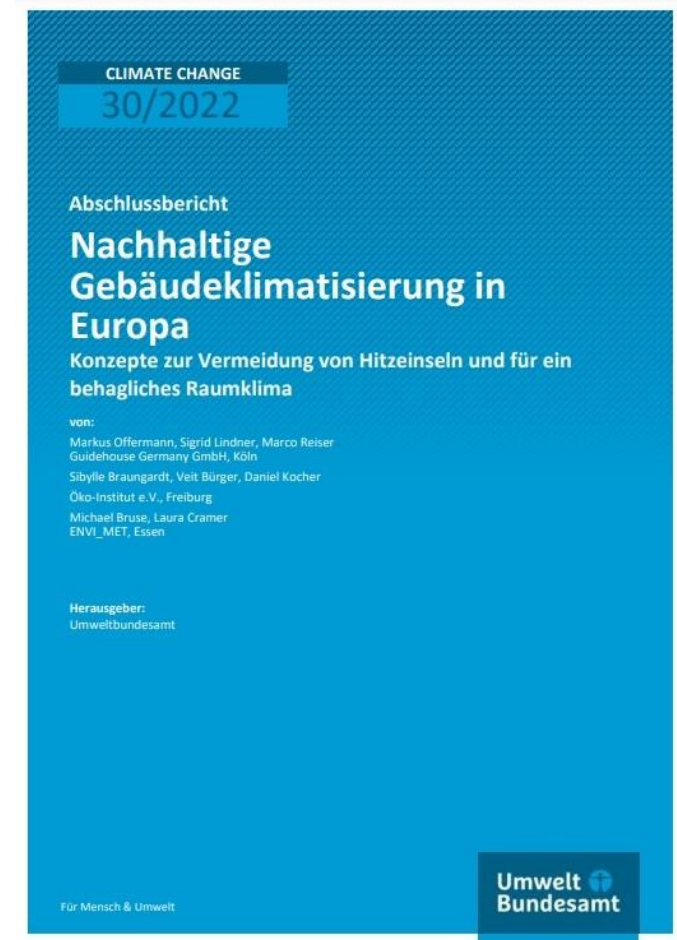


UBA-Fachbrochüre zur Schwammstadt unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ziele-politikinstrumente-fuer-klimaresiliente>

# ReFoPlan-Vorhaben "Nachhaltige Gebäudeklimatisierung in Europa: Konzepte zur Vermeidung von Hitzeinseln und ein behagliches Raumklima"

## Ziele und Fragestellung des Projektes/ Motivation

- Verminderung der UHI -> reduziert Klimatisierungsbedarf
  - Minderung des Energiebedarfs, im besten Fall Verzicht auf maschinelle Klimatisierung -> keine Kältemittelproblematik
- Konzentration auf passive Gebäude- (Verschattung, Dämmung) und Quartiersmaßnahmen (Begrünung, Albedo)
- Quantifizierung von Maßnahmen an Gebäuden und im Quartier
  - Welche Maßnahme entfaltet welche Wirkung?
  - Quartiersoptimierung anhand von Mikroklima- und Gebäudesimulationen
- Zentrale Frage des Projektes: wie können innerstädtische Quartiere klimaresilient und klimaneutral gestaltet werden?
- Internationale Perspektive im Hinblick auf Montrealer Protokoll (FCKW-Verbot bzw. HFKW *phase-down*)
- Auftragnehmer:



<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/nachhaltige-gebaeudeklimatisierung-in-europa>



# Geeignete Maßnahmen für klimaresiliente und klimaneutrale Quartiere und Gebäude (Auswahl)

## Quartier

- Sicherung und Erweiterung des Baumbestandes
- Verschattung von Freiflächen und Wegen (z.B. in Kombination mit Photovoltaik (PV))
- Verwendung heller Materialien für Dächer, Fassaden, Straßen
- Entsiegelung, Vermeidung von Versiegelung
- Erhalt der städtischen Luftzirkulation (Frischluftschneisen)
- Speziell für gemäßigte Klimaregion:
  - Erhöhung des Wasseranteils (Kühlung durch Verdunstung)
  - Dach- und Fassadenbegrünung

## Gebäude

- Sonnenschutz/Verschattung von Fenstern und Türen
- Dämmung, Wärmeschutzverglasung
- Luftdichte Gebäudehülle
- Lüftung, Nachtlüftung
- Hohe thermische Speichermassen
- Gebäudenahe erneuerbare Energien (PV, Solarthermie, Wärmepumpe)

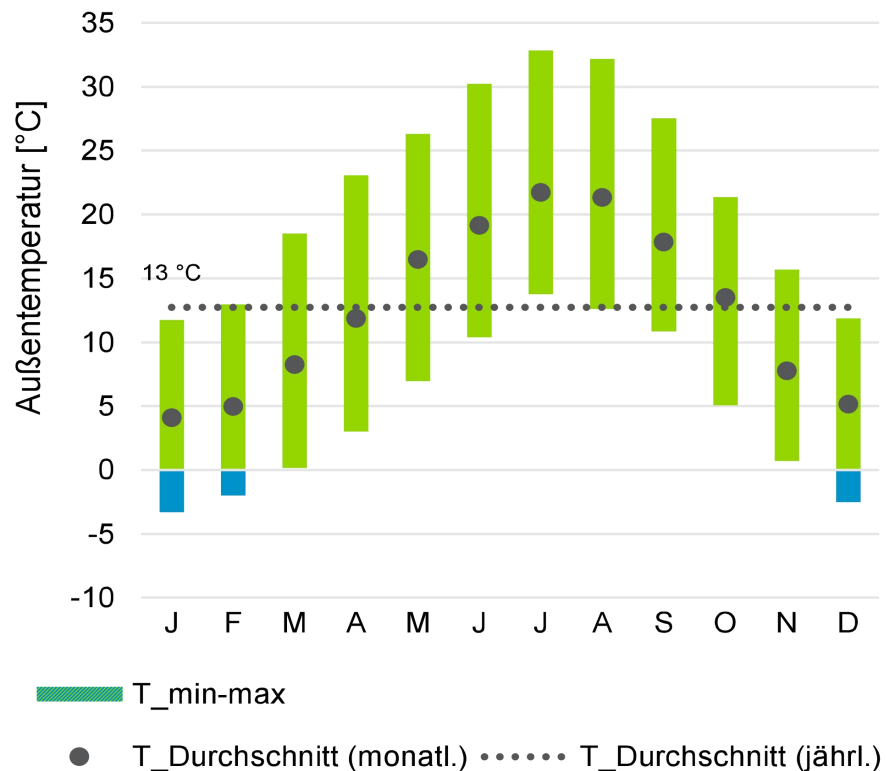
## Ausgewählte Quartiere

- El Aouina, Tunis, Tunesien (Bestand)
- Ecobarrio San Francisco Javier y Nuestra Sra. de los Ángeles, Madrid, Spanien (Neubau)
- Clouth-Quartier, Köln (Neubau)
- Campo Bornheim, Frankfurt am Main (Neubau)
- Hamburg-Eimsbüttel (Bestand, Gründerzeitbauten)

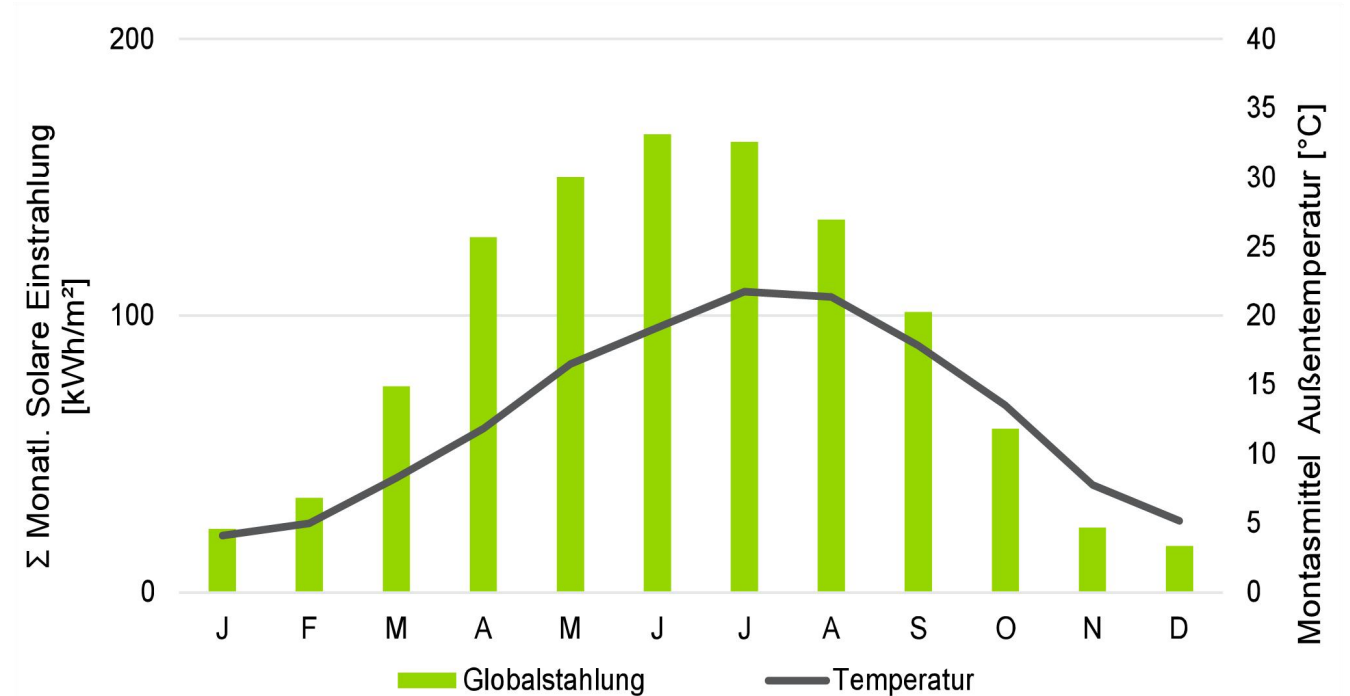
Durchführung ganzjähriger Mikroklima- und Gebäudesimulationen anhand verschiedener Maßnahmenvarianten mittels der Simulationsprogramme ENVI-MET bzw. TRNSYS

## Wetterdaten Frankfurt (Main)

Jahresdurchschnittstemperatur: 13 °C



Jährliche Globalstrahlungssumme: 1.074 kWh/m<sup>2</sup>a

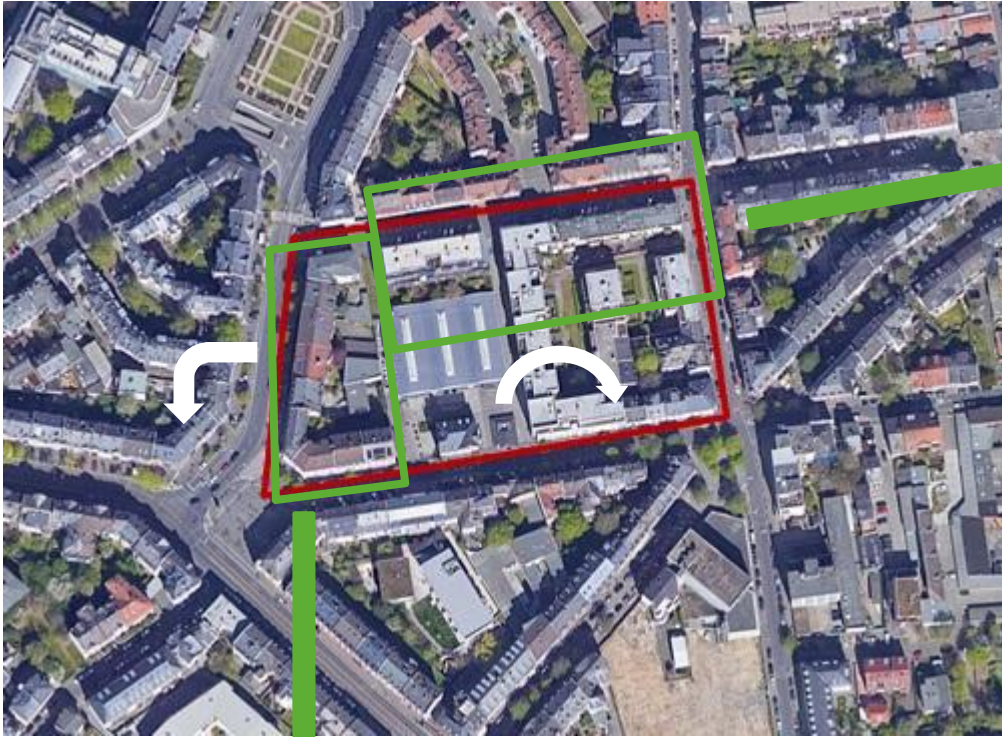


keine historischen Wetterdaten, sondern **Klimaprojektion**  
für das Jahr 2050 (+2,8 °C, IPCC-Szenario B1) verwendet

Quelle: Meteonorm Software  
Wetterdaten 2000-2010



## Campo Bornheim, Frankfurt (Main)

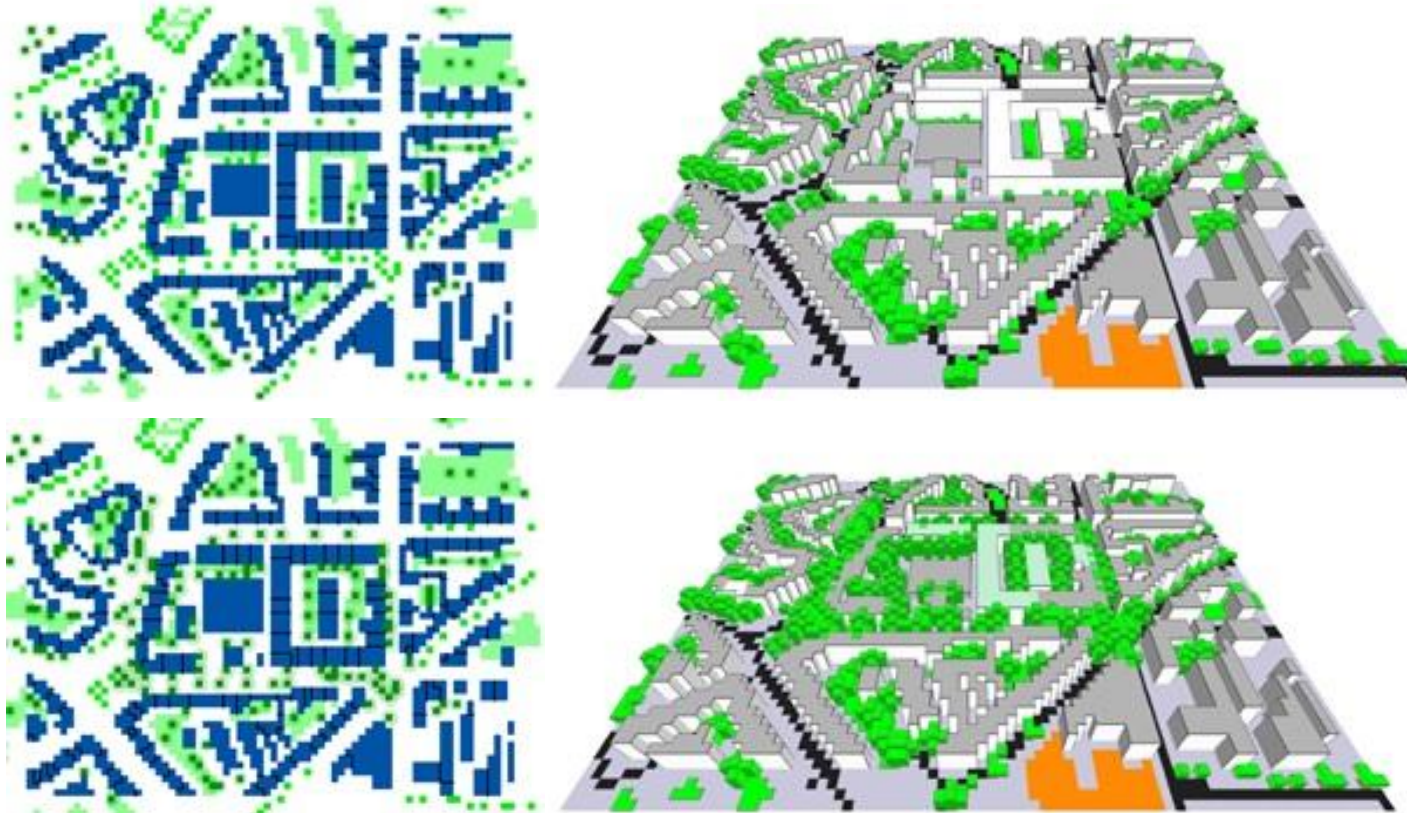


Nördlicher Blockrand (überwiegend Neubauten)



Westlicher Blockrand (Bestandsbauten)

## I. Mikroklimasimulation: Ausgangszustand vs. optimiertes Quartier



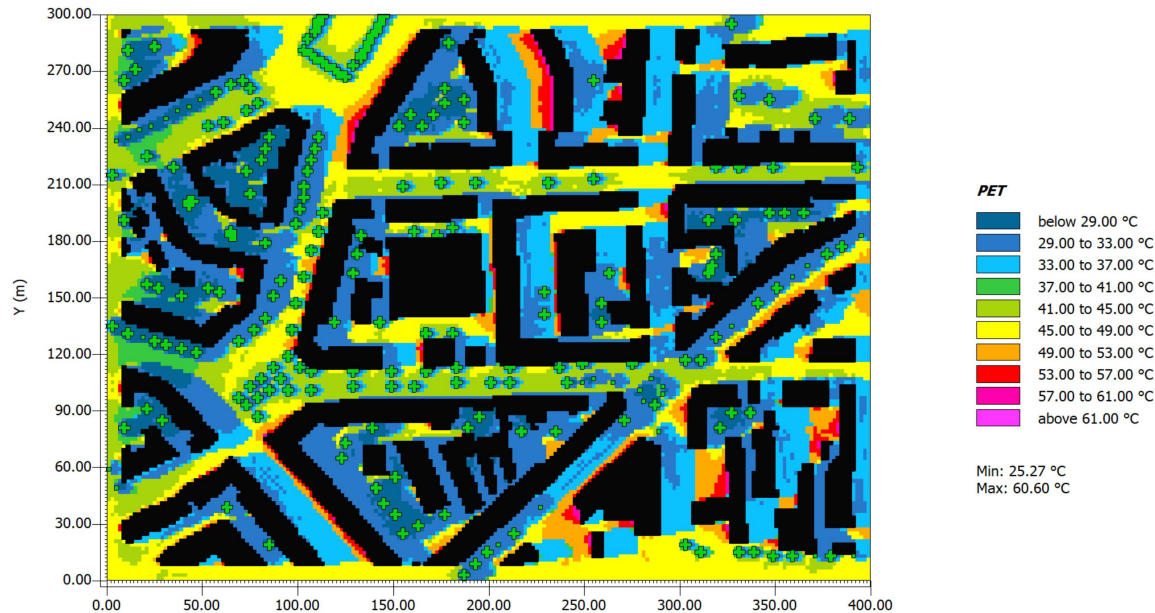
### Quartiermaßnahmen:

- Großkronige Bäume
- Straßenbegleitgrün
- Dachbegrünung

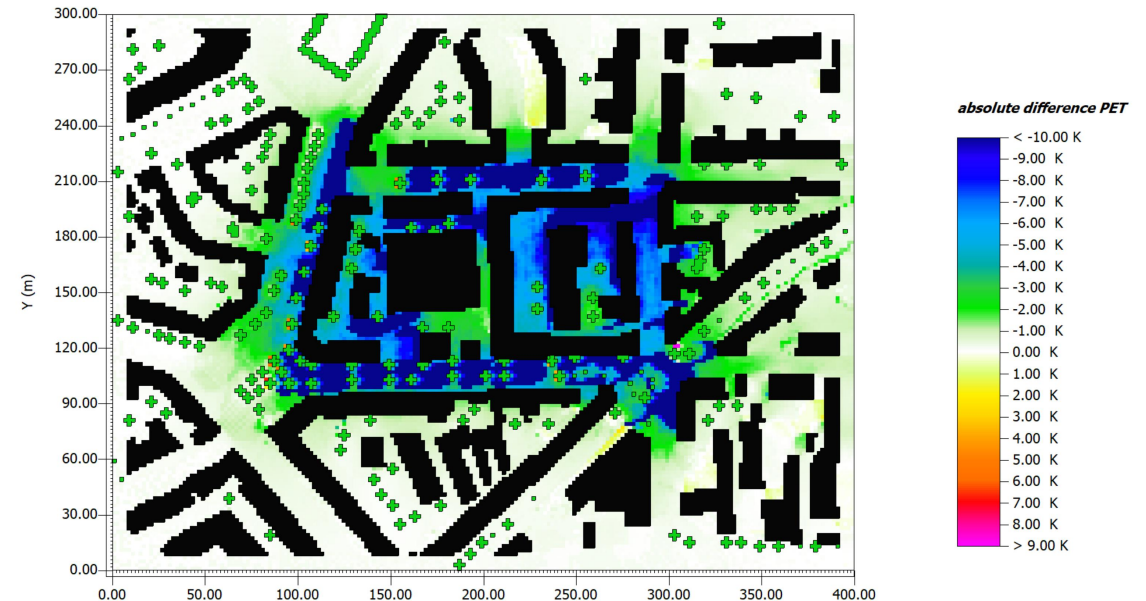


# Ausgangszustand vs. optimiertes Quartier: thermische Behaglichkeit im Freien

PET 1. Juli, 16:00 Uhr (Ausgangszustand)



PET-Differenzbild



## Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET):

Versuch, komplexe mikroklimatologische Außenraumbedingung in eine einfachere, intuitiv verständliche Innenraumsituation zu transferieren  
-> Bewertung der thermischen Behaglichkeit

- Deutliche Minderung der PET durch verstärkte Begrünung (bis 10 K und mehr, blaue Bereiche)
- Wirkt über den direkt beschatteten Bereich hinaus (grüne Bereiche)



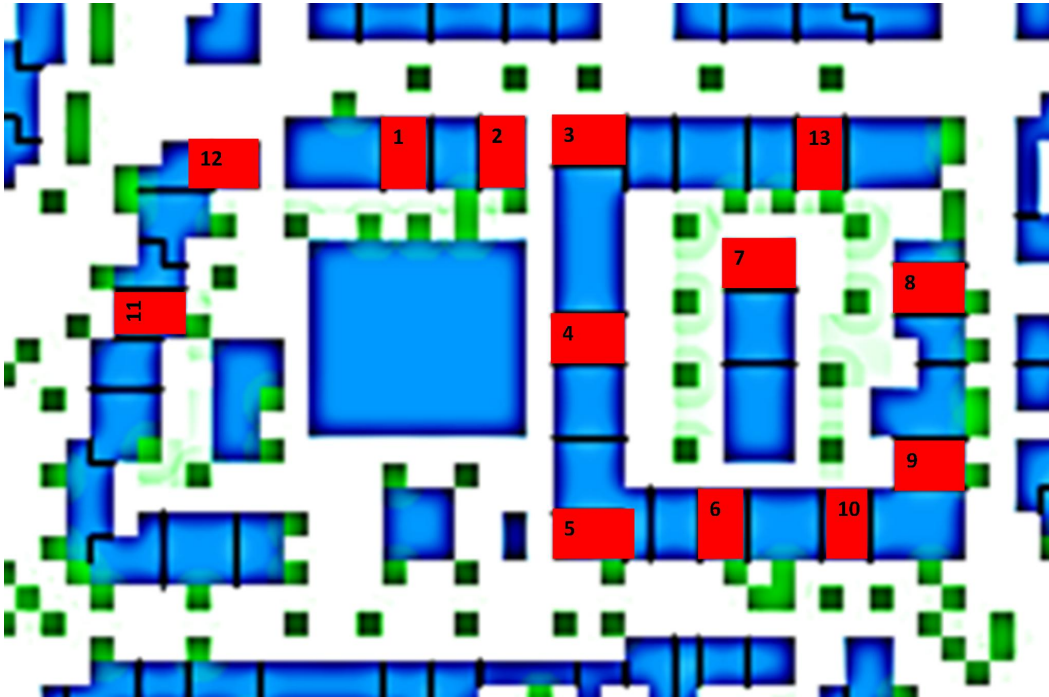
## Gebäudetechnikvarianten der TRNSYS-Simulation (Klimaneutralität)

Variante	SQ1	Opt2	Opt3	Opt4	Opt5	Opt6
<b>Mikroklima</b>	Ist-Zustand	Optimiert	Optimiert	Optimiert	Optimiert	optimiert
<b>Wärmeschutz</b>	Neubau: EH 55 Bestand: teilsan.	Wie SQ1	Neubau: EH 40 Bestand: saniert	Wie Opt3	Wie Opt3	Wie Opt3
<b>Heizsystem</b>	Gaskessel: Fußboden- heizung/Heiz-körper	Wie SQ1	Klimaneutrale Fernwärme Neubau: FH Bestand: Heizkörper	Zentral mit Monoblock- Luft/Wasser-WP	Wie Opt4	Wie Opt4
<b>Warmwasser- bereitung</b>	Zentral, Zirkulationssystem	Wie SQ1	Wie SQ1	Wie SQ1	Wie SQ1	Wie SQ1
<b>Kühlung</b>	-	Split-Klima, $T_{\text{set}} = 26 \text{ °C}$	-	Neubau: Fußbodenkühlung, Bestand: Gebläsekonvektoren	Wie Opt4	Wie Opt4
<b>Lüftung</b>	Luftwechsel 0,4/h Neubau: Abluftanlage Bestand: Fensterlüftung	Wie SQ1	Wie SQ1	Neubau: Zu/Abluftanlage mit WRG (80%)	Wie Opt4	Wie Opt4
<b>Sonnenschutz</b>	Manuell ( $F_c=0,5$ )	Wie SQ1	Automatisch ( $F_c=0,2$ )	Wie Opt3	Wie Opt3	Wie Opt3
<b>Erneuerbare Energien</b>	-	-	-	-	PV: 1,5 kWp/ Wohnung <sup>1</sup>	PV: 1,5 kWp; 2 kW Batterie (jeweils pro Wohnung)

<sup>1</sup> Insgesamt 210 kWp, 50 % Dachflächenbelegung mit Photovoltaik

SQ1, Opt1 und Opt3: keine aktive Kühlung

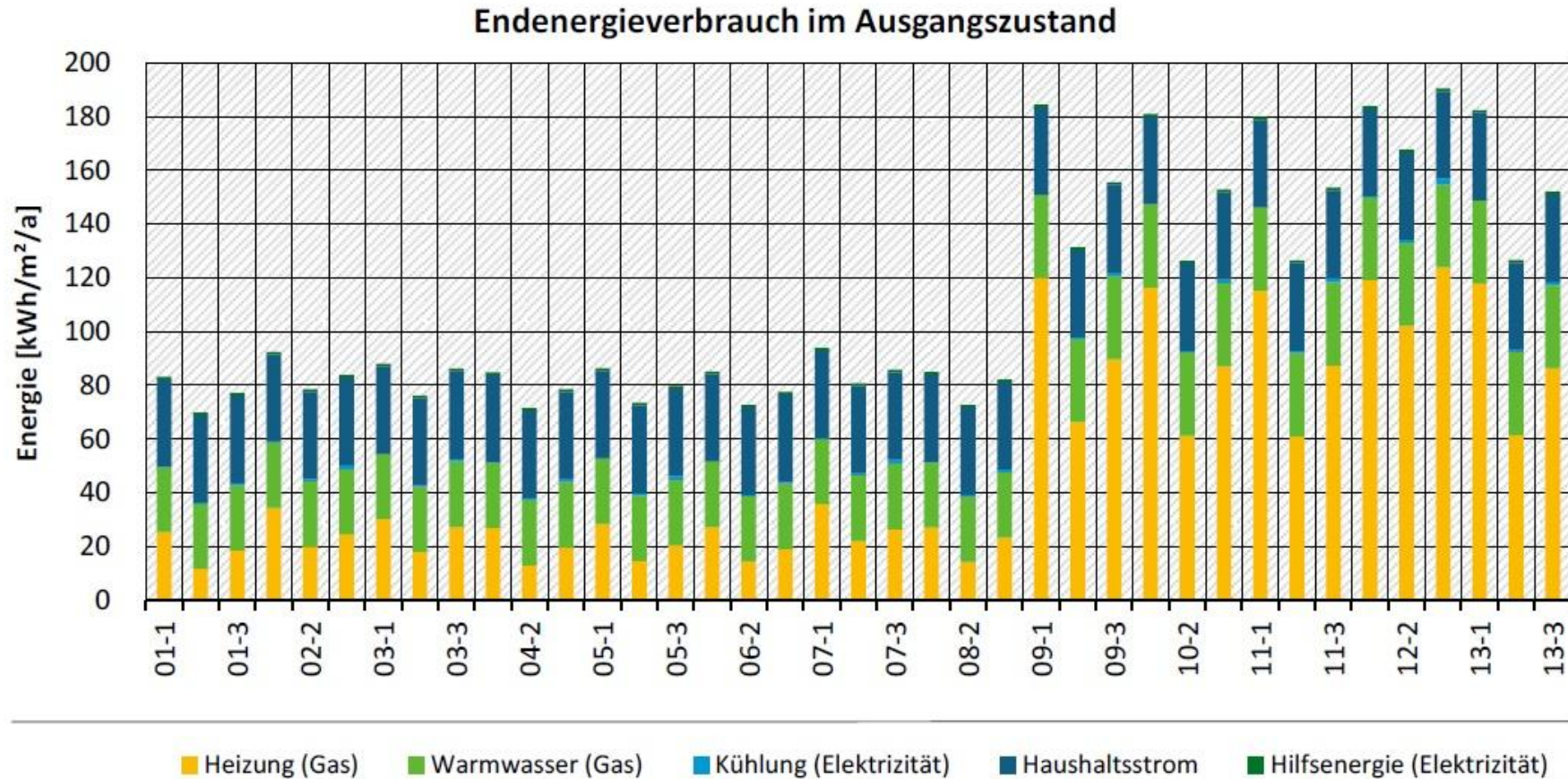
## Ausgangszustand vs. optimiertes Quartier: Lage der Gebäude für TRNSYS-Simulation



**Häuser 1-13:** Gebäudesimulation mit Wohnung im

- Erdgeschoss (-1)
- Mittelgeschoss (-2)
- Dachgeschoss (-3)

## Ausgangszustand: Gebäudesimulation (TRNSYS)

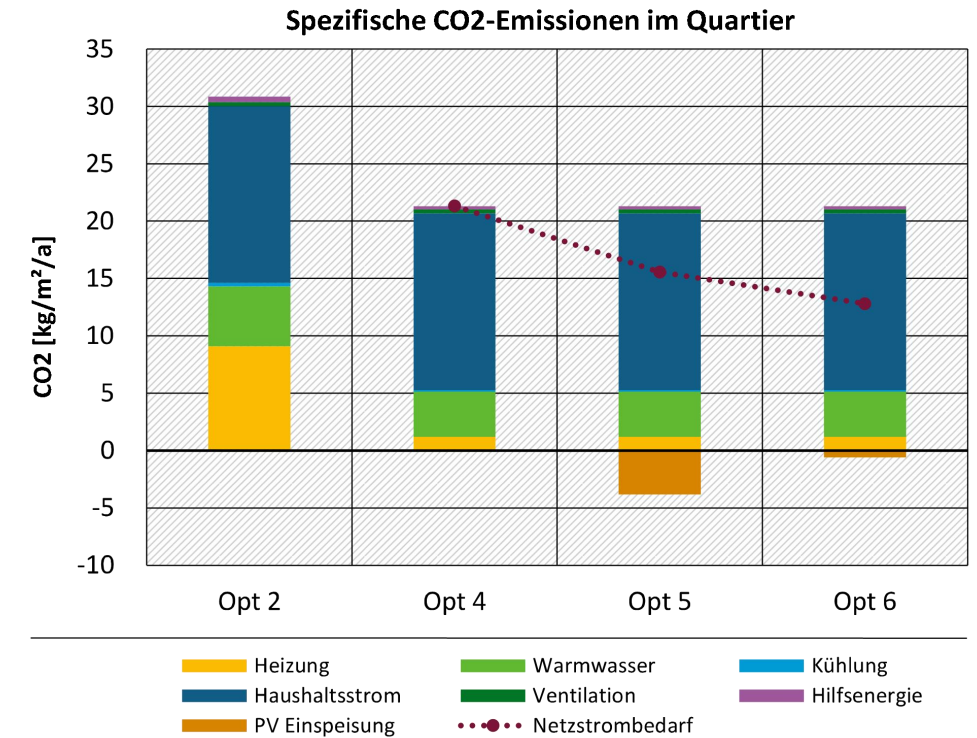
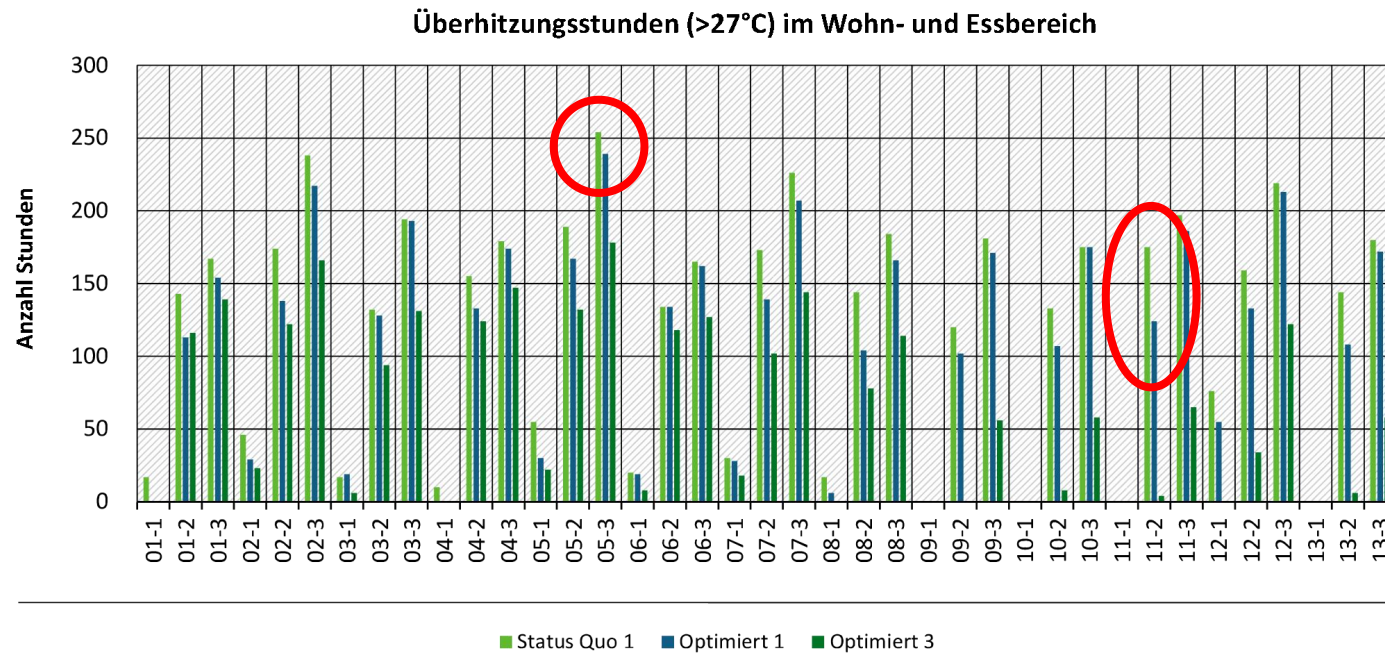


Häuser 1-8: Neubau

Häuser 9-13: Altbau



# Ausgangszustand vs. optimiertes Quartier: Überhitzungsstunden und CO<sub>2</sub>-Emissionen



- Quartiersmaßnahmen senken die Anzahl der Überhitzungsstunden
- CO<sub>2</sub>-Emissionen werden deutlich gesenkt, Klimaneutralität wird jedoch nicht erreicht

## Fazit

- Mikroklima in Quartieren kann durch Maßnahmen deutlich verbessert werden (PET), Einfluss auf absolute Temperatur jedoch gering (max. 2,5 K)
- Der Gebäudeenergiebedarf wird teilweise durch verbessertes Mikroklima vermindert (quartiers- und maßnahmenabhängig)
- Intensive Begrünung und **großkronige Bäume** wirksamste Mittel für behagliches Mikroklima  
-> **Erhaltung und Ausweitung des städtischen Baumbestandes hat hohe Priorität!**
- In Hamburg behagliches Raumklima ohne maschinelle Klimatisierung erreichbar
- Klimaneutralität der Quartiere nur im Beispiel Tunis erreicht
  - wesentliche Faktoren: Haushaltsstrombedarf und Dachfläche für PV (Verhältnis Wohn-/Dachfläche)



## Fazit

- Mikroklima in Quartieren kann durch Maßnahmen deutlich verbessert werden (PET), Einfluss auf absolute Temperatur jedoch gering (max. 2,5 K)
- Der Gebäudeenergiebedarf wird teilweise durch verbessertes Mikroklima vermindert (quartiers- und maßnahmenabhängig)
- Intensive Begrünung und **großkronige Bäume** wirksamste Mittel für behagliches Mikroklima  
-> **Erhaltung und Ausweitung des städtischen Baumbestandes hat hohe Priorität!**
- In Hamburg behagliches Raumklima ohne maschinelle Klimatisierung erreichbar
- Klimaneutralität der Quartiere nur im Beispiel Tunis erreicht
  - wesentliche Faktoren: Haushaltsstrombedarf und Dachfläche für PV (Verhältnis Wohn-/Dachfläche)





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

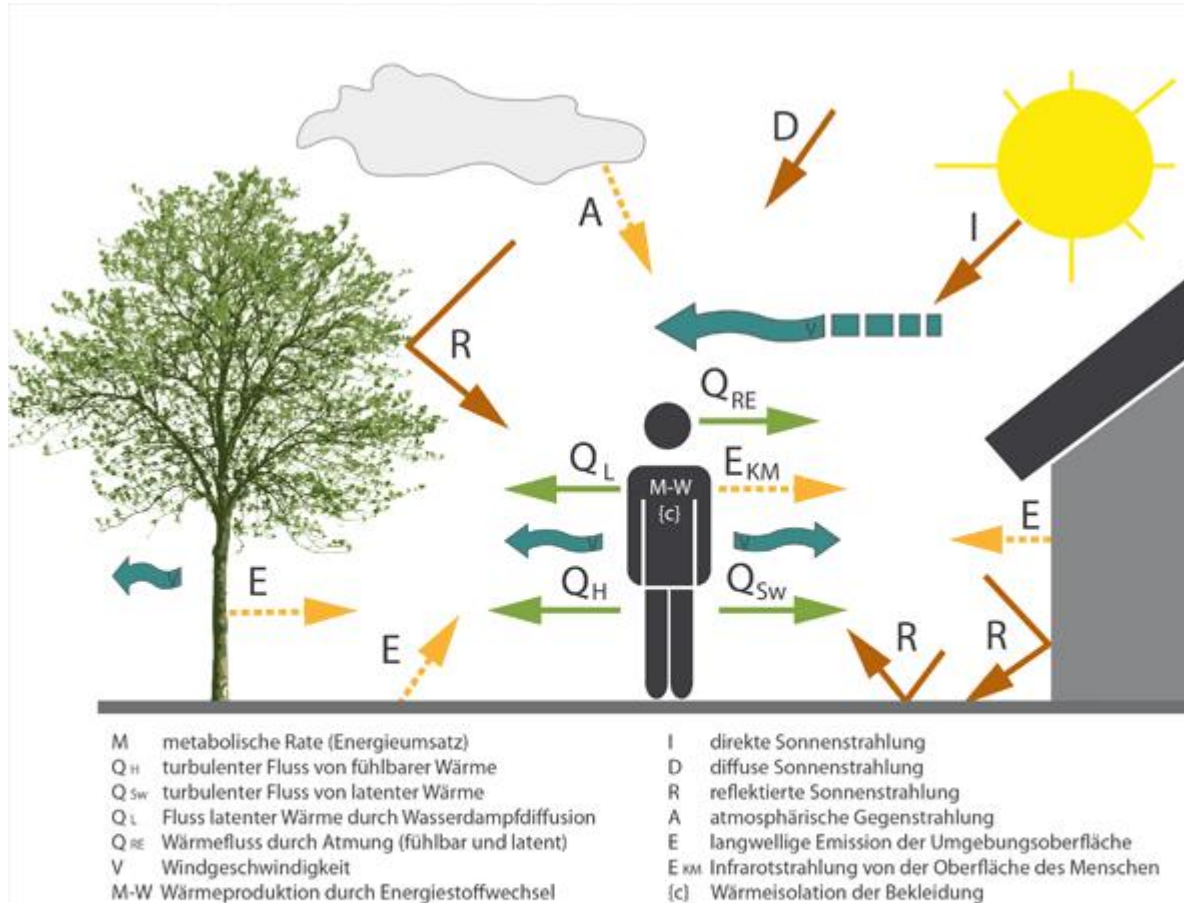
**Fragen?**

**Dr. Daniel de Graaf**

daniel.degraaf@uba.de

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wie-werden-staedtische-quartiere-klimaresilient>

## Exkurs: Thermischer Wirkungskomplex und *physiologic equivalent temperature* (PET)

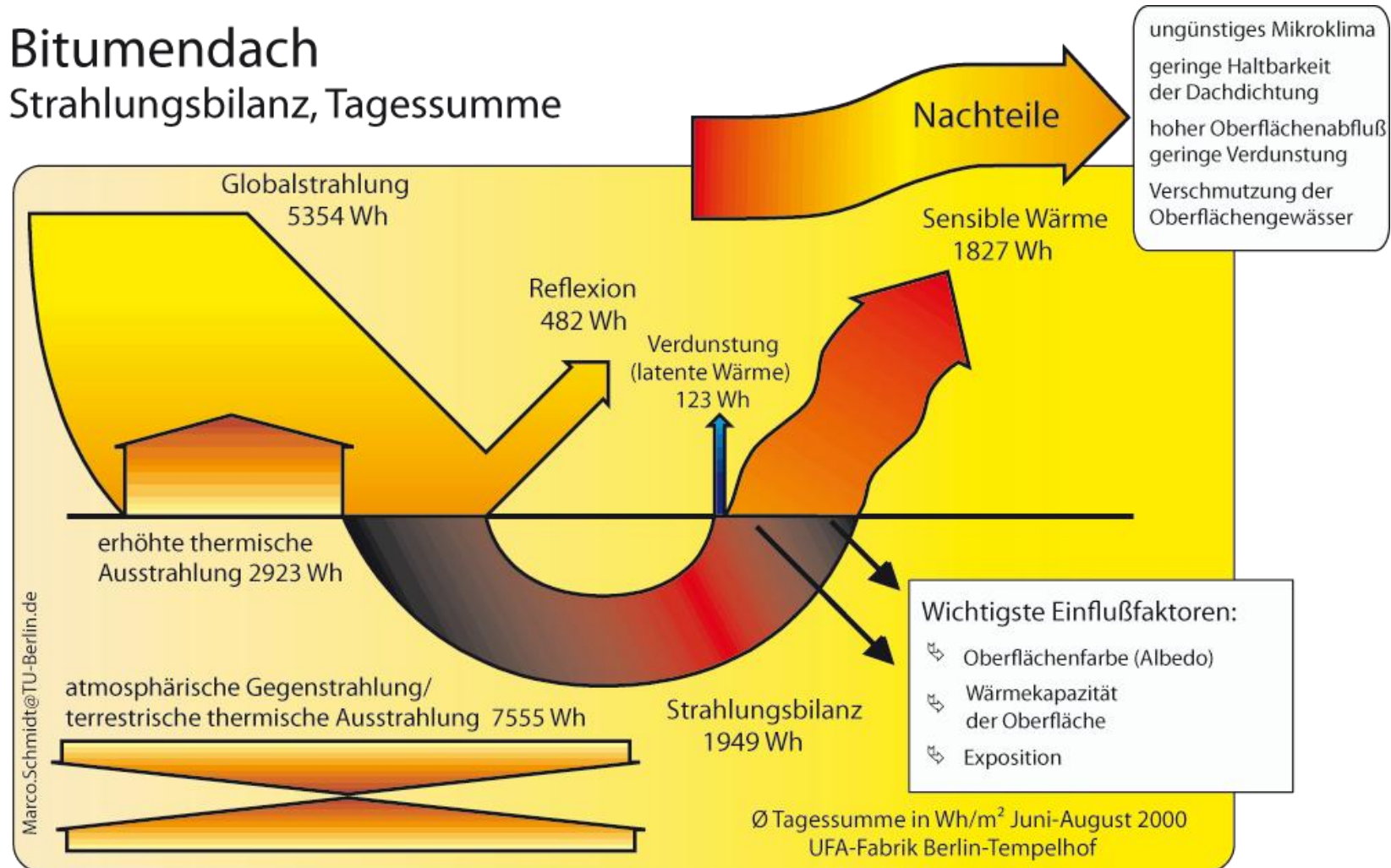


PET: Versuch, komplexe mikroklimatologische Außenraumbedingung in eine einfachere, intuitiv verständliche Innenraumsituation zu transferieren  
-> **Bewertung der thermischen Behaglichkeit**

nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2: Umweltmeteorologie - Methoden zur humanbiometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung

# Einfluss der Dachgestaltung auf das Mikroklima

## Bitumendach Strahlungsbilanz, Tagessumme





# Einfluss der Dachgestaltung auf das Mikroklima

## extensiv begrüntes Dach Strahlungsbilanz, Tagessumme

