

Für Mensch & Umwelt



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

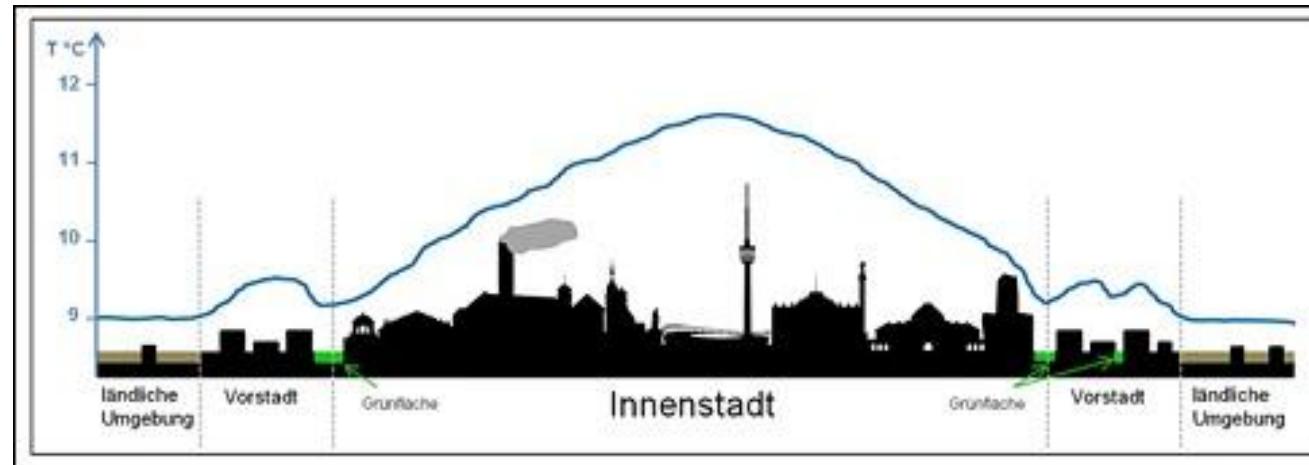
2.2 Verbesserung des Mikroklimas *in silico* im Quartier Campo Bornheim (Frankfurt am Main)

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, Klimaanlagen, 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



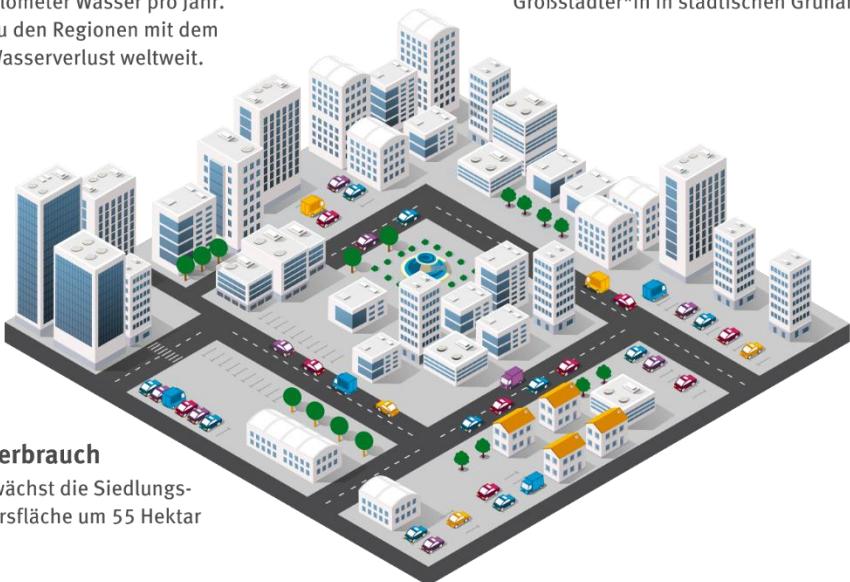
Steigende Temperaturen

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.



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.



Gründächer

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



Erholungsflächen

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



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

26.09.2025 Der Klimawandel kommt auch in die Innenstädte - was tun?

Praxisbeispiel: Siegplatte in Siegen (Nordrhein-Westfalen)



Quelle: Stadt Siegen

- Siegplatte (260 m Länge, 3.000 m²), 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

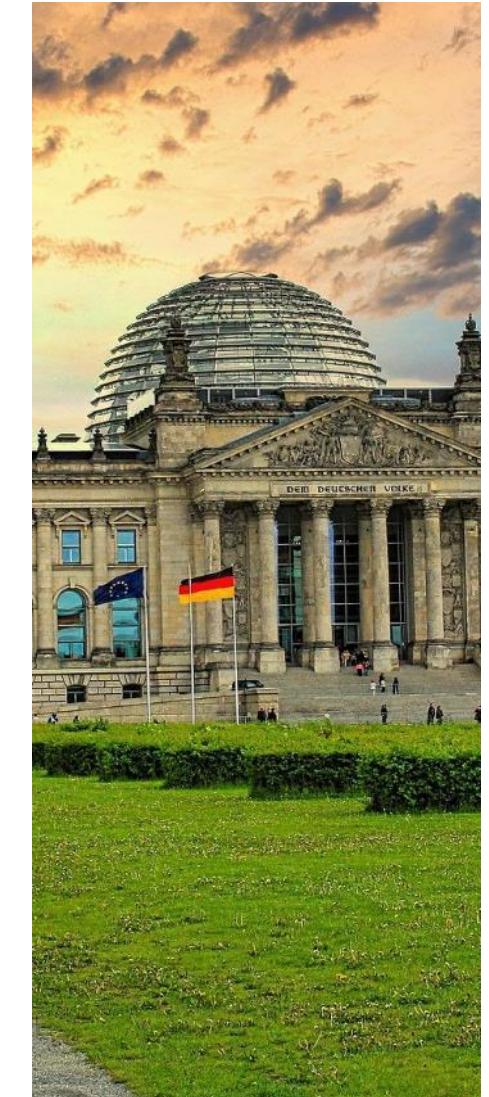
- „Es gilt daher, das grundsätzliche Potential für Verbesserungen im Sinne wassersensibler Städte und von Wasserangeboten, die dem **Hitzeschutz der Bevölkerung und Kühlung der Umgebung** dienen (z.B. Trinkwasserbrunnen, Baumrigolen oder Gründächer), vor allem auch in bestehenden Siedlungsbereichen verstärkt 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 Gestaltungsastzungen

Verbesserung der Informationsgrundlage

- Nutzung digitaler Zwillinge
- Aufstellung von Starkregengefahren- und Hitze-Hotspot-Karten
- Bewusstseinsschaffung 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-Fachbroschüre 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:



Guidehouse

ENVI
_MET



Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

The image shows the cover of a report titled 'Nachhaltige Gebäudeklimatisierung in Europa'. The cover is blue with white text. At the top left, it says 'CLIMATE CHANGE' and '30/2022'. In the center, it says 'Abschlussbericht' and the title 'Nachhaltige Gebäudeklimatisierung in Europa'. Below the title, it says 'Konzepte zur Vermeidung von Hitzeinseln und für ein behagliches Raumklima'. Underneath that, it lists the 'von:' section with names of the partners: Markus Offermann, Sigrid Lindner, Marco Reiser (Guidehouse Germany GmbH, Köln); Sibylle Braungardt, Veit Bürger, Daniel Kocher (Öko-Institut e.V., Freiburg); Michael Bruse, Laura Cramer (ENVI-MET, Essen). At the bottom left, it says 'Herausgeber: Umweltbundesamt'. At the bottom right, there is a small logo for 'Umwelt Bundesamt'.

<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
- Gebäudenaher erneuerbare Energien (PV, Solarthermie, Wärmepumpe)

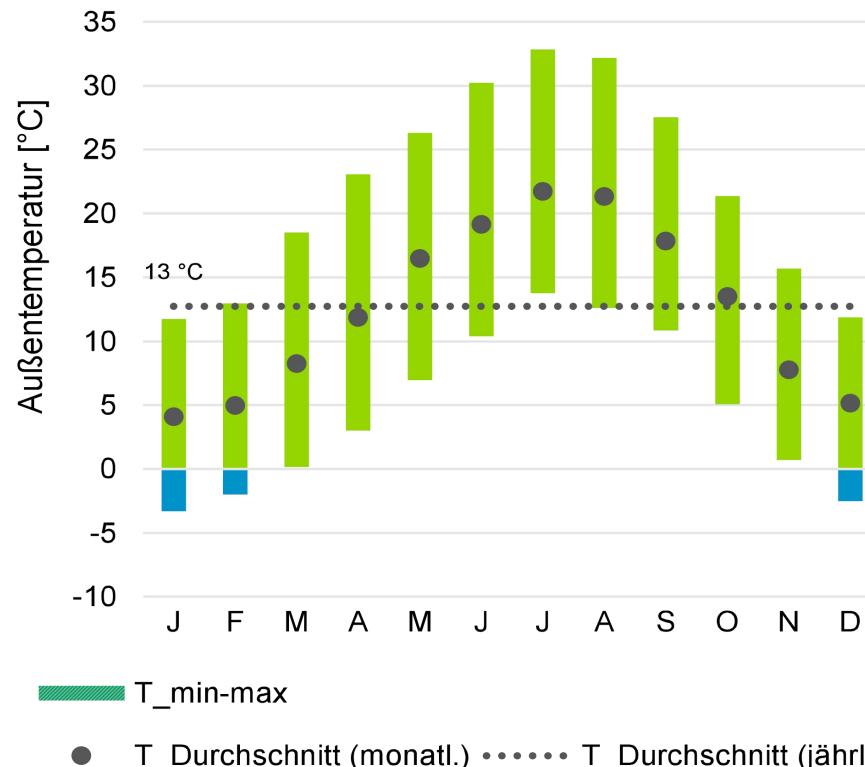
Ausgewählte Quartiere

- 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)

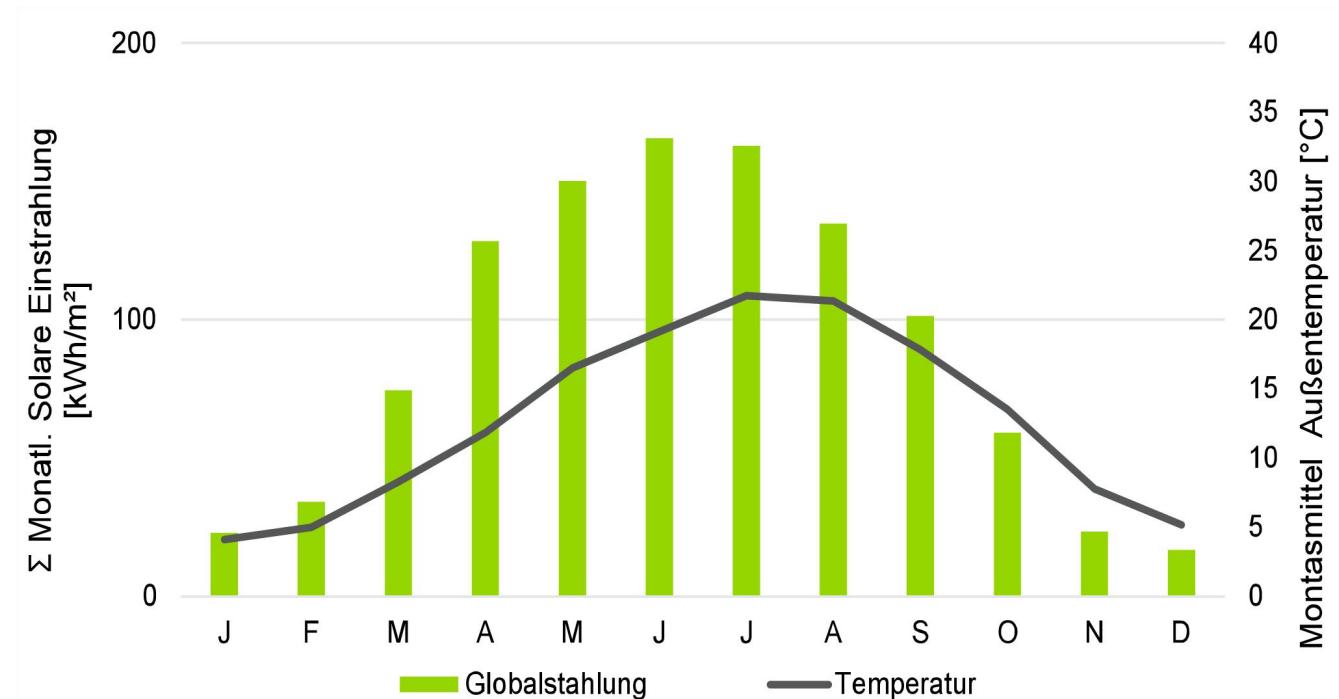
Durchführung ganzjähriger Mikroklima- und Gebäudesimulationen anhand verschiedener Maßnahmenvarianten mittels der Simulationsprogramme ENVI-MET bzw. TRNSYS

Wetterdaten Frankfurt (Main)

Jahresdurchschnittstemperatur: 13 °C



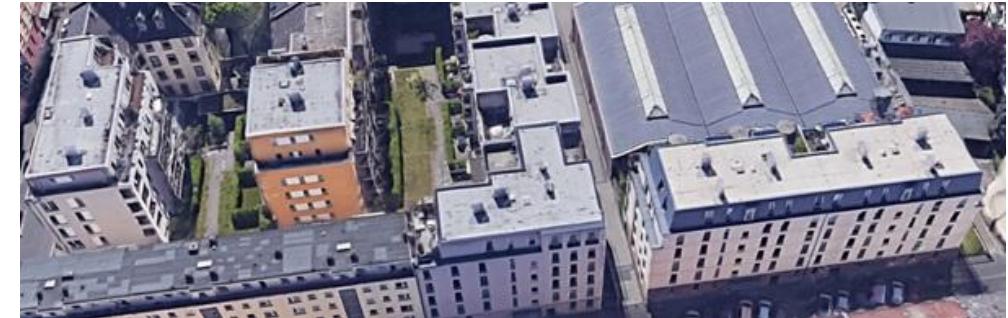
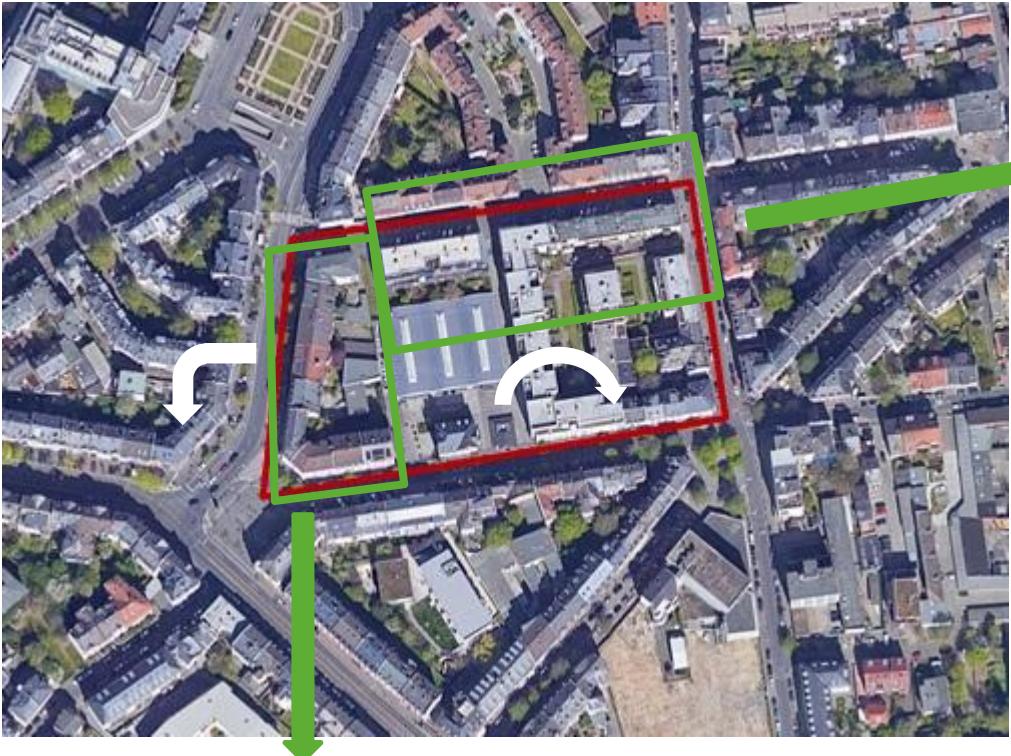
Jährliche Globalstrahlungssumme: 1.074 kWh/m²a



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)

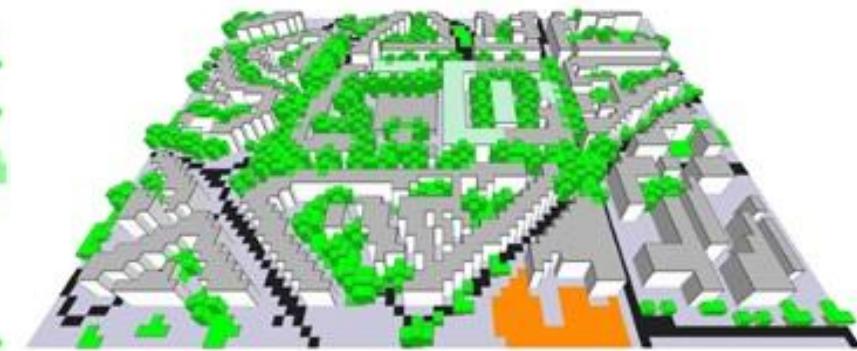
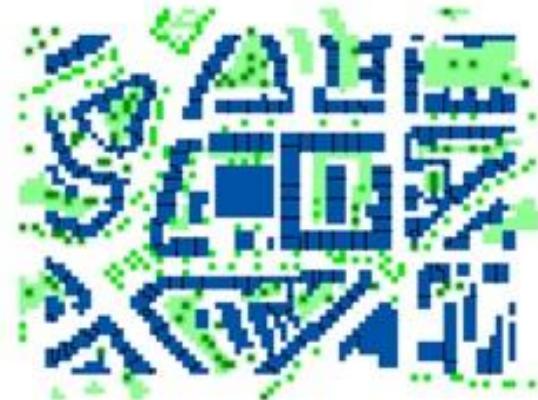


Nördlicher Blockrand (überwiegend Neubauten)



Westlicher Blockrand (Bestandsbauten)

I. Mikroklimasimulation: Ausgangszustand vs. optimiertes Quartier

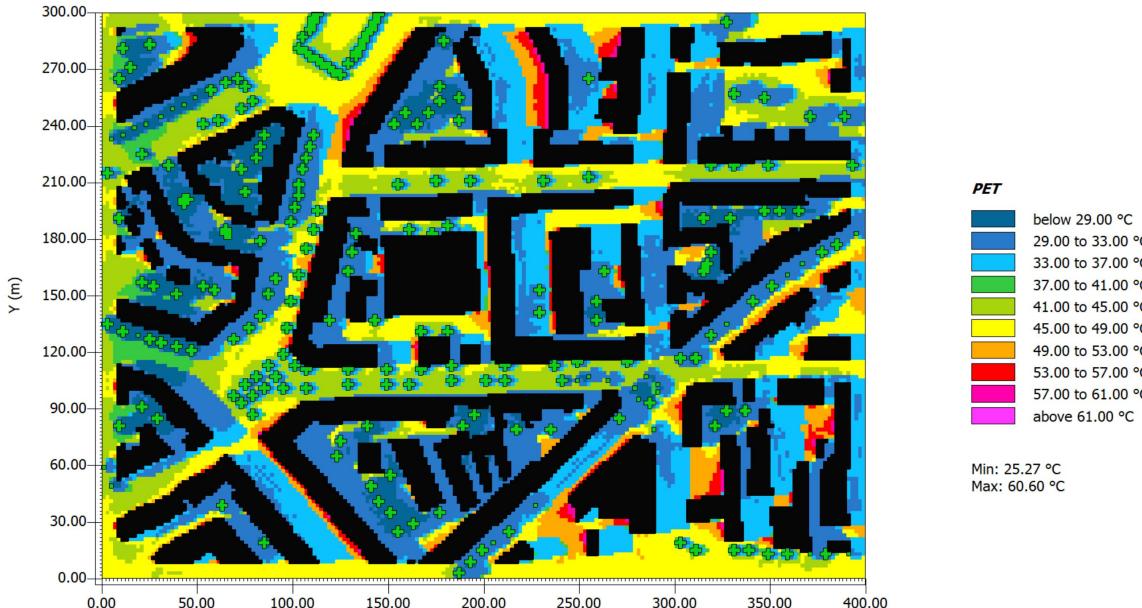


Quartiermaßnahmen:

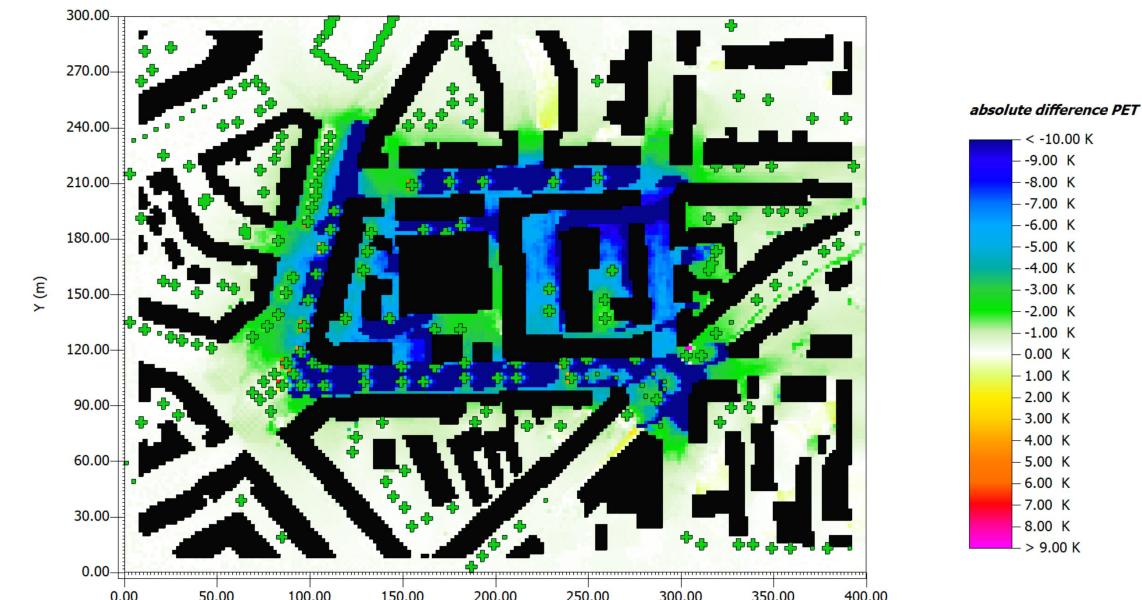
- Großkronige Bäume
- Straßenbegleitgrün
- Dachbegrünung

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)

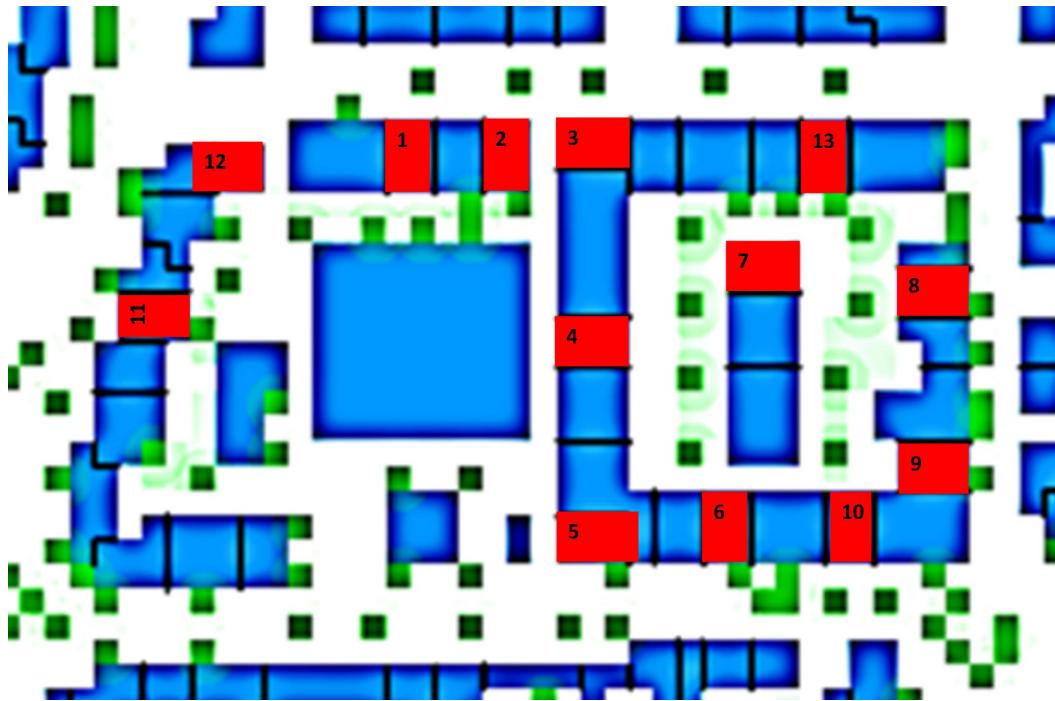
Gebäudetechnikvarianten der TRNSYS-Simulation (Klimaneutralität)

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

¹ Insgesamt 210 kWp, 50 % Dachflächenbelegung mit Photovoltaik

SQ1, Opt1 und Opt3: keine aktive Kühlung

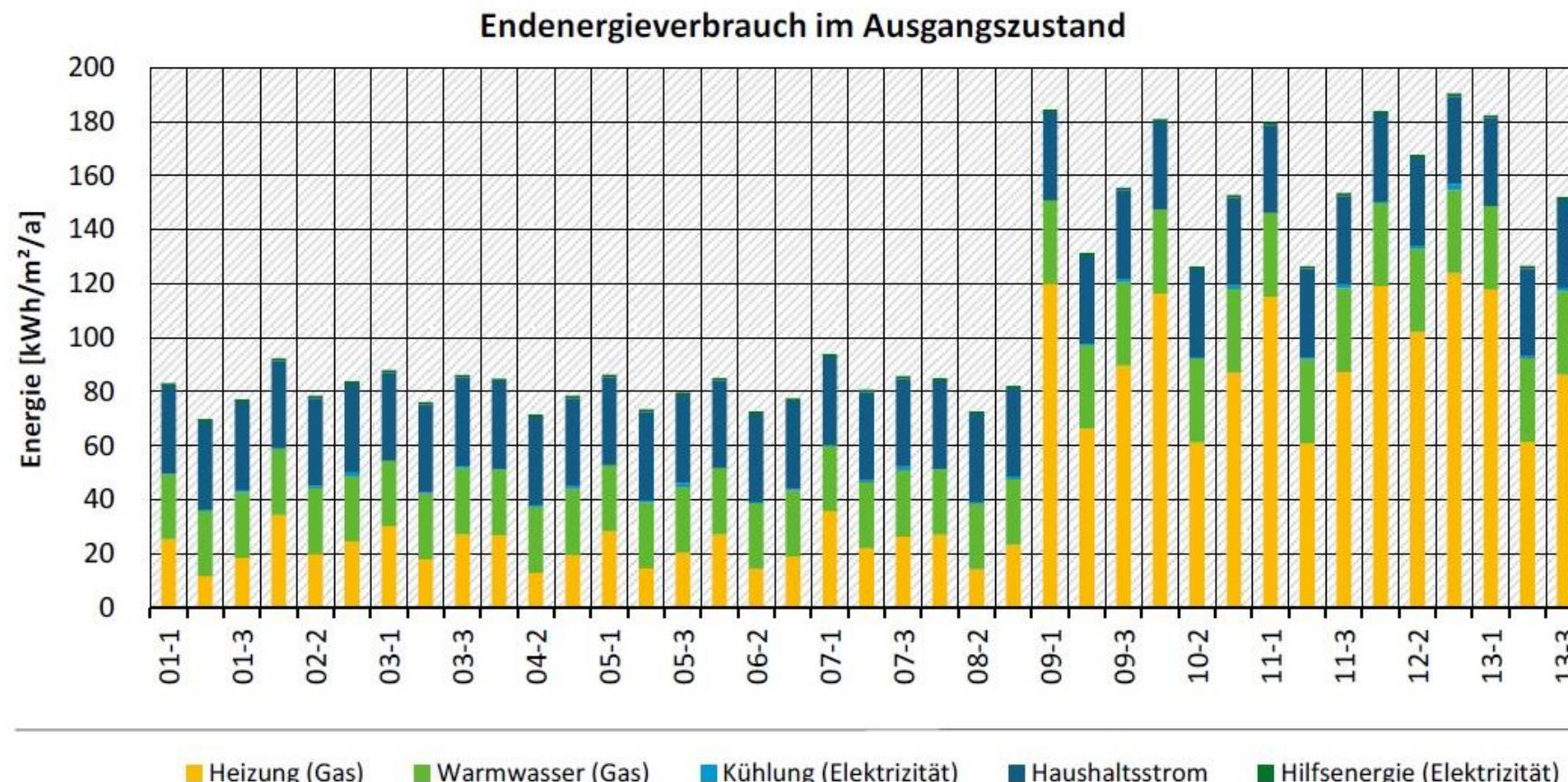
Ausgangszustand vs. optimiertes Quartier: Lage der Gebäude für TRNSYS-Simulation



Häuser 1-13: Gebäudesimulation mit Wohnung im

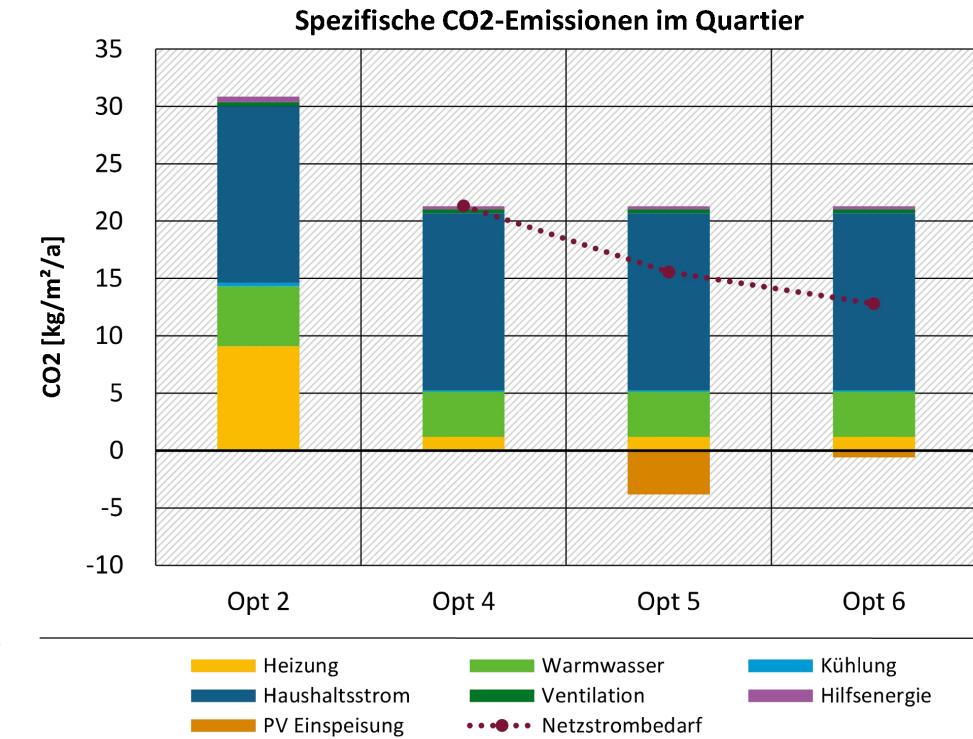
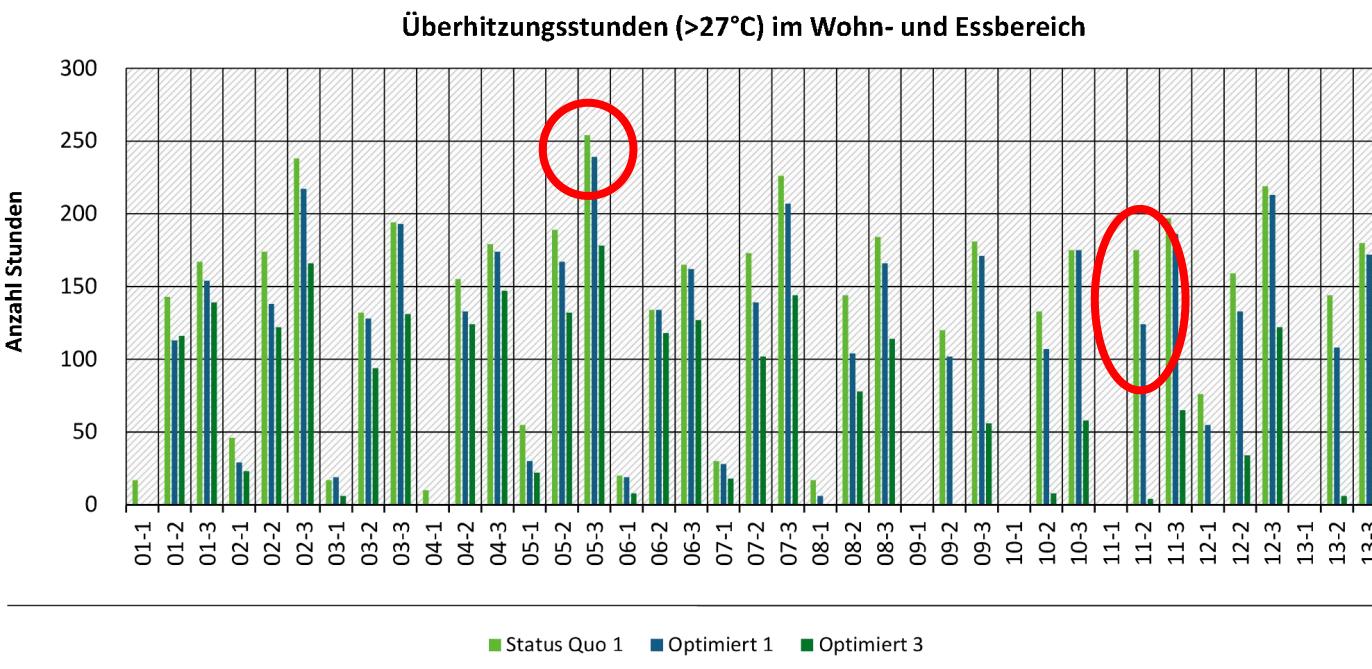
- Erdgeschoss (-1)
- Mittelgeschoss (-2)
- Dachgeschoss (-3)

Ausgangszustand: Gebäudesimulation (TRNSYS)



Häuser 1-8: Neubau
Häuser 9-13: Altbau

Ausgangszustand vs. optimiertes Quartier: Überhitzungsstunden und CO₂-Emissionen



- Quartiersmaßnahmen senken die Anzahl der Überhitzungsstunden
- CO₂-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?

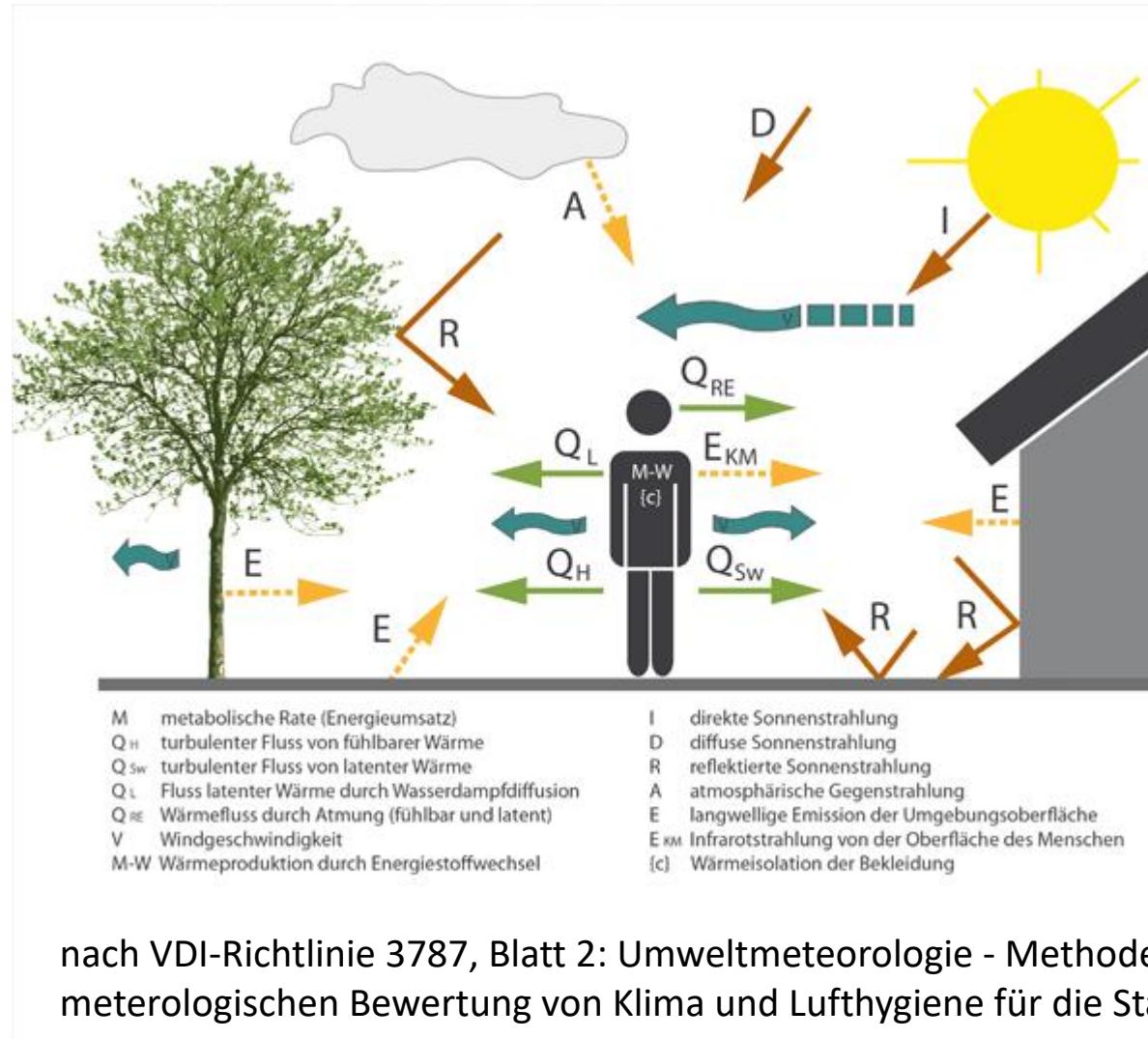
Dr. Daniel de Graaf

daniel.degraaf@uba.de

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



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

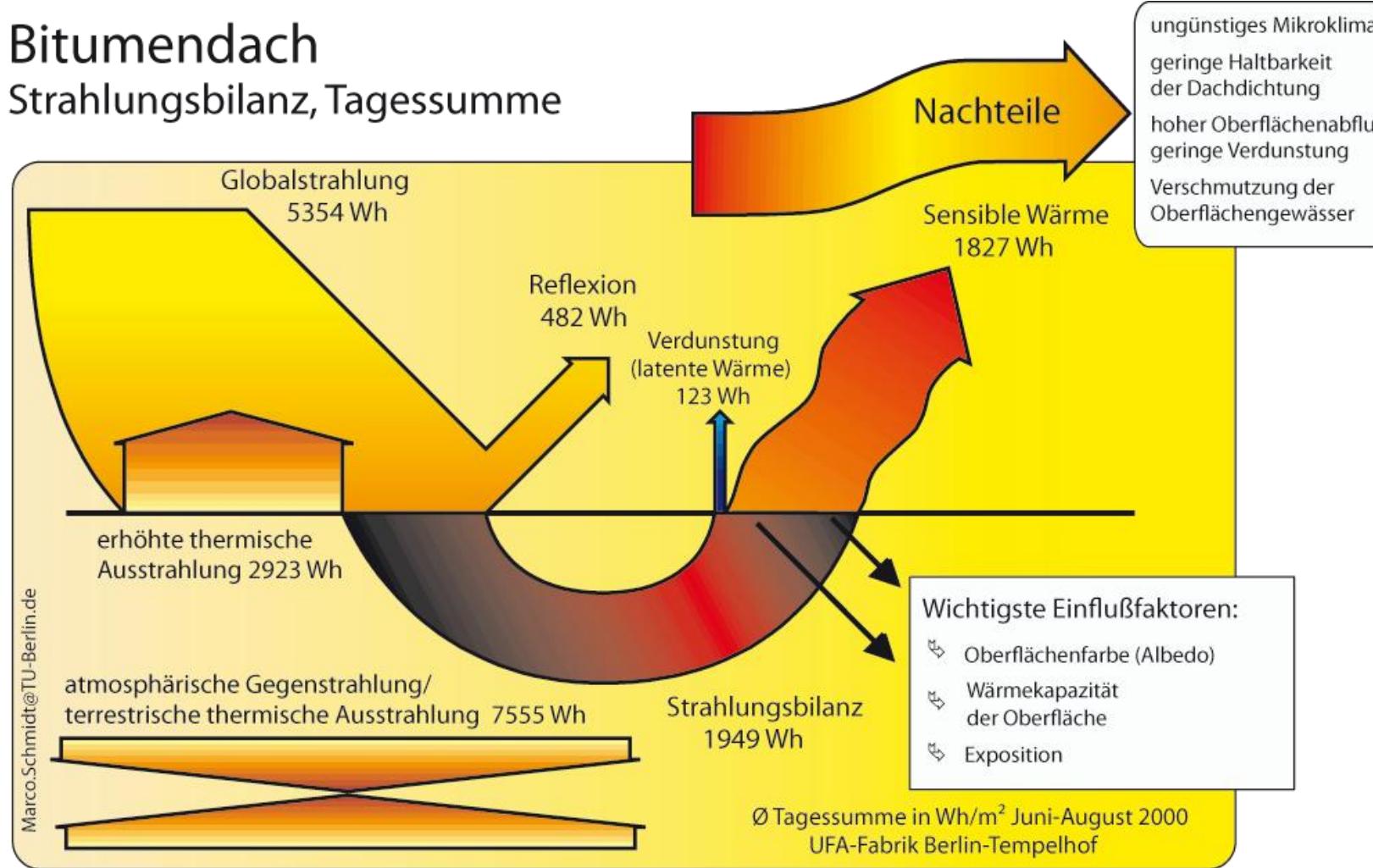


PET: Versuch, komplexe mikroklimatologische Außenraumbedingung in eine einfache, intuitiv verständliche Innenraumsituation zu transferieren
-> **Bewertung der thermischen Behaglichkeit**

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

