

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Forum für den Öffentlichen Gesundheitsdienst 2022

Verdunstungskühlung zur Verbesserung des Innen- und Außenklimas in Städten

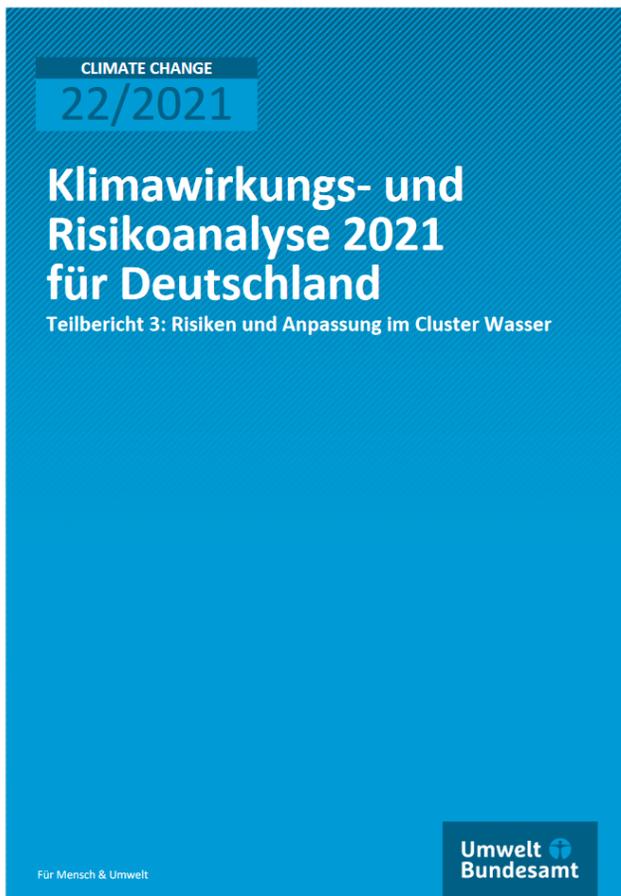
Bernd Kirschbaum

Fachgebiet II 2.1 / Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden

Übersicht

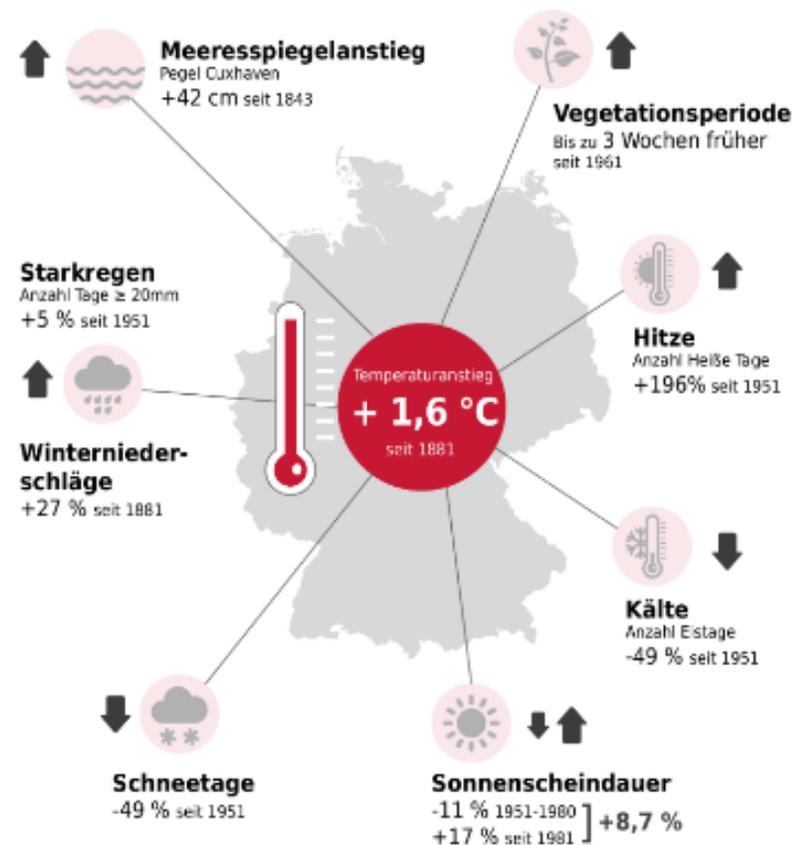
1. Klimawandel: Auswirkungen auf Hitzetage und Wasserhaushalt
2. Welches Potential hat die Verdunstungskühlung auf Gebäude-, Quartiers- und Stadtebene? - 3 Fallstudien
3. Fazit und Empfehlungen

Klimawirkungs- und Risikoanalyse (KWRA 2021)



Quellen: UBA <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-3-Cluster-Wasser> und <https://www.umweltbundesamt.de/galerie/klimawirkungs-risikoanalyse-2021>

Deutschland im Klimawandel



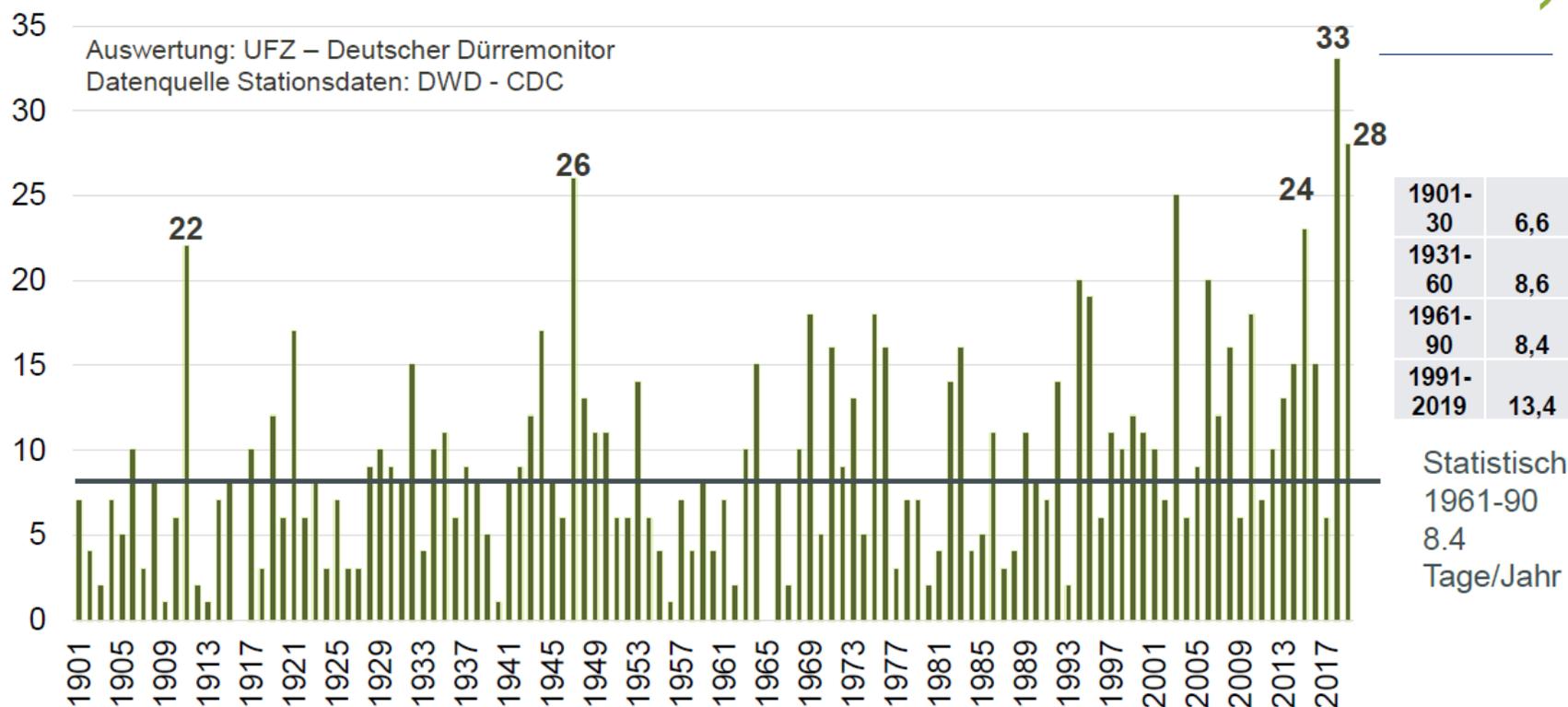
www.dwd.de/klima
Quelle: DWD (2021)

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Heiße Tage

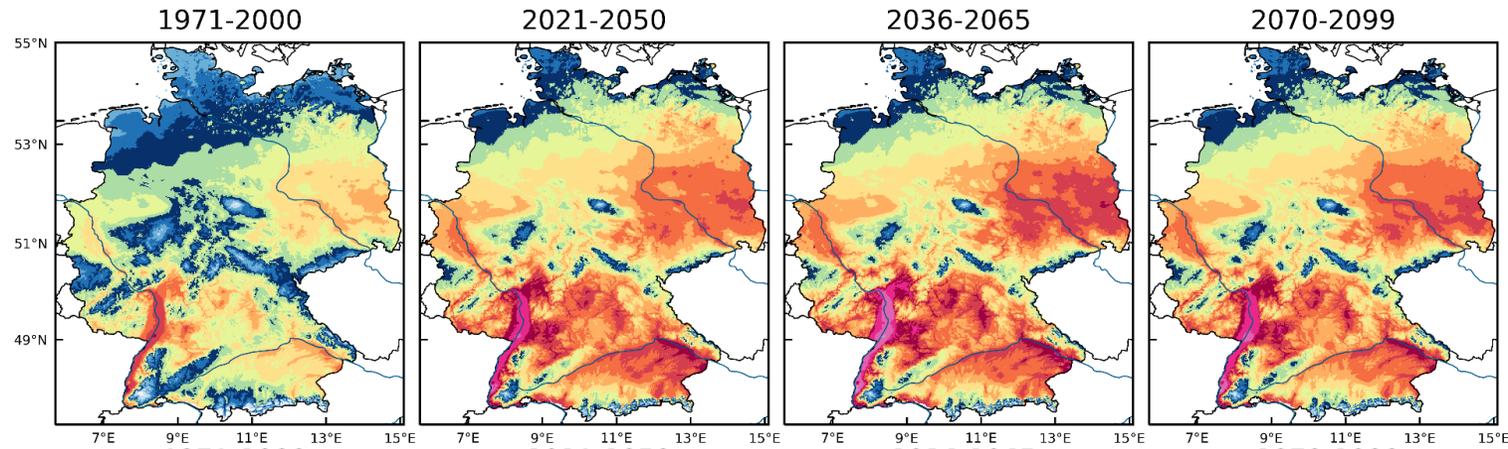
Heiße Tage >30°C/Jahr an der Station Potsdam 1901-2019



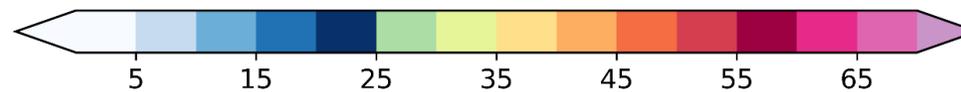
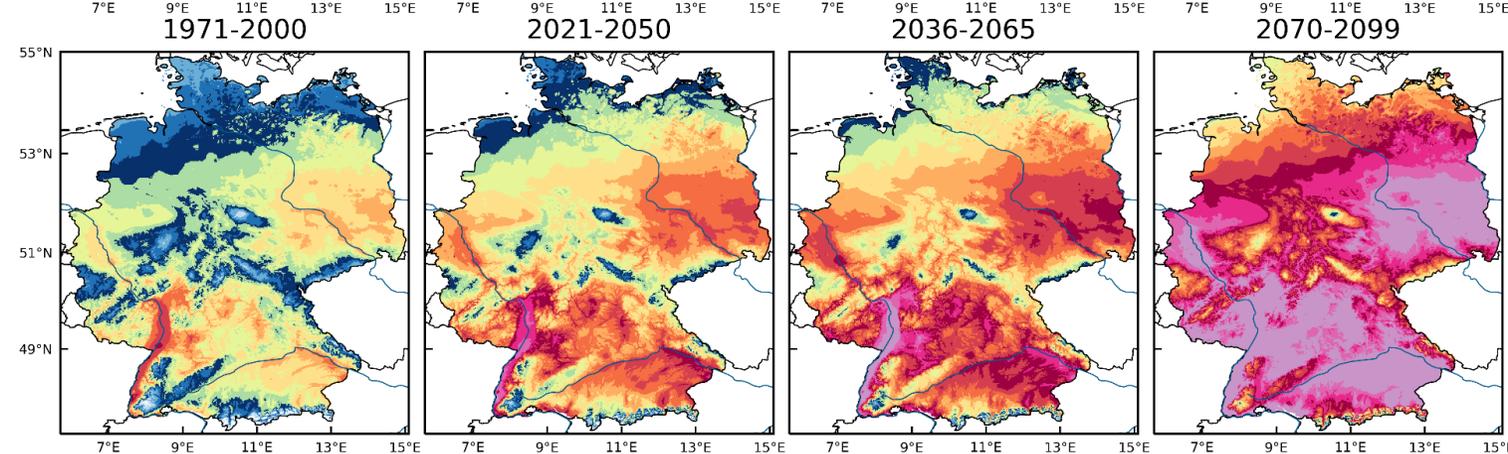
Quelle: A. Marx, UFZ/ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung

Entwicklung der Sommertage > 25 °C

RCP 2.6
(oben)



RCP 8.5
(unten)



mittl. Anzahl Sommertage [tmax >25°C] pro Jahr

Quelle: A. Marx, UFZ/
Helmholtz-Zentrum für
Umweltforschung

Klimawirkungs- und Risikoanalyse (KWRA 2021)

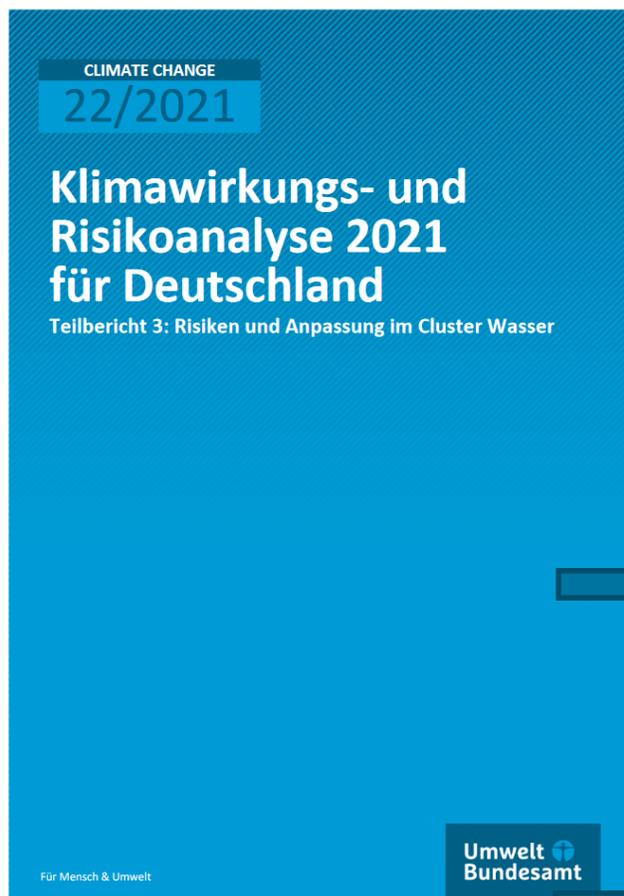


Tabelle 2: Klimarisiken ohne und mit Anpassung der Handlungsfelder

Handlungsfeld	Klimarisiken ohne Anpassung			Klimarisiken mit Anpassung mit weiterreichender Anpassung		
	Gegenwart	Mitte des Jahrhunderts		2020 bis 2030	Mitte des Jahrhunderts	
		Schwächerer Klimawandel	Starker Klimawandel		Schwächerer Klimawandel	Starker Klimawandel
Biologische Vielfalt	gering	mittel	mittel-hoch	gering	gering	mittel
Boden	gering-mittel	gering-mittel	mittel-hoch	gering-mittel	gering	gering-mittel
Landwirtschaft	mittel	mittel	hoch	mittel	gering	mittel
Wald und Forstwirtschaft	mittel	mittel	hoch	mittel	gering	mittel-hoch
Fischerei	gering-mittel	mittel	hoch	gering-mittel	gering	mittel-hoch
Küsten- und Meeresschutz	mittel	mittel	hoch	gering-mittel	gering	mittel
Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft	mittel	mittel	hoch	gering-mittel	gering	mittel
Bauwesen	mittel	mittel	mittel-hoch	gering-mittel	gering	gering-mittel
Energiewirtschaft	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	gering-mittel	gering	mittel	gering	gering	gering
Industrie und Gewerbe	mittel	gering	mittel	gering-mittel	gering	gering
Tourismuswirtschaft	gering	gering	mittel	gering	gering	gering-mittel
Menschliche Gesundheit	mittel	mittel	hoch	gering-mittel	gering	mittel

Quellen: UBA <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-3-Cluster-Wasser> und <https://www.umweltbundesamt.de/galerie/klimawirkungs-risikoanalyse-2021>

Quelle: KWRA 2021. Die Bewertung erfolgte in 5 Stufen (gering, gering-mittel, mittel, mittel-hoch, hoch) durch Expert*inneneinschätzung im Rahmen des Behördennetzwerks basierend auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen.

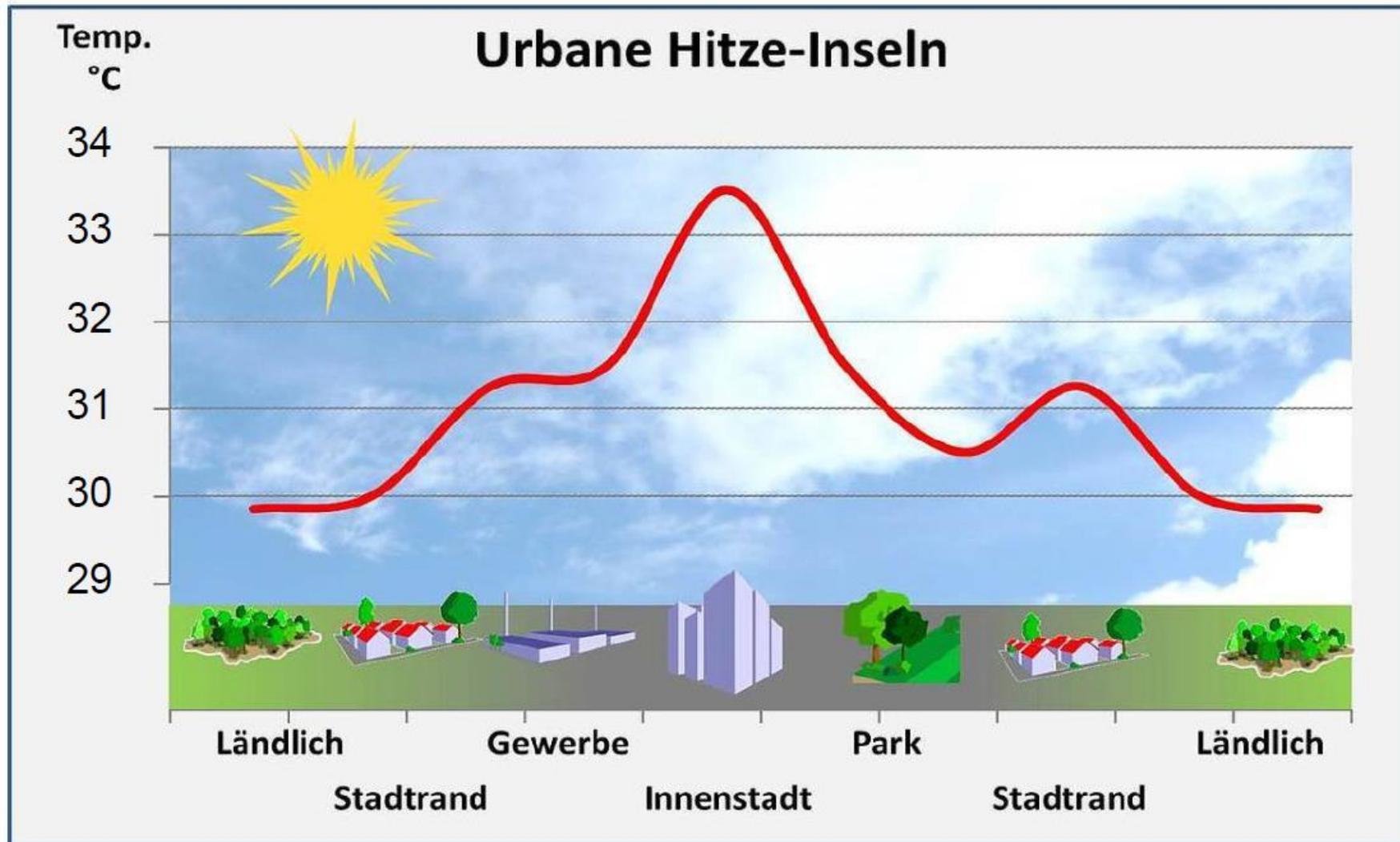
UBA - Forschungsprojekte

- Projekt
 - „Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten“
 - Im Auftrag des Umweltbundesamtes
 - Forschungskennzahl 3717 48 240 0 FB000060
 - Publikation: TEXTE 111/2019
- Projektpartner
 - Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Hoppegarten
Prof. Dr.-Ing. Heiko Sieker, M.Sc. Ruth Steyer
 - GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover
Dr. phil. Björn Büter, B.Sc. Dominika Leßmann, M.Sc. Robert von Tils
 - bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, Berlin
Dr. Carlo Becker, Dipl.-Ing. Sven Hübner



<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/>

Hitzeinseleffekte



Grafik: ©Ingenieurgesellschaft Prof. Sieker mbH

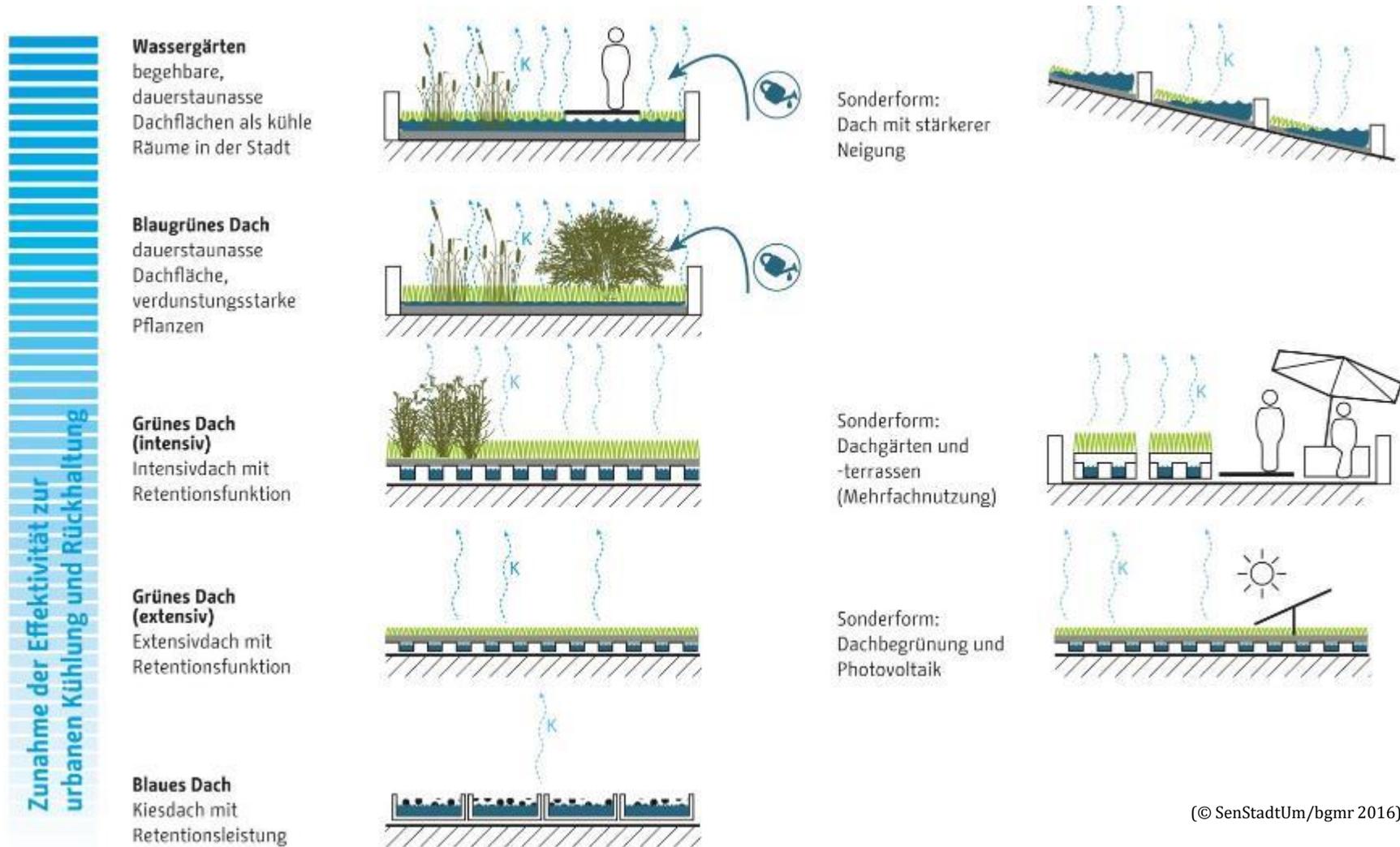
Bausteine einer Schwammstadt (wassersensible Stadt)

- Dachbegrünung
- Fassadenbegrünung
- Wasserversorgte Vegetationsflächen
- Urban Wetlands (urbane Feuchtgebiete)
- Straßenbäume
- Zwischenspeicher für Regenwasser im öffentlichen Raum wie z.B. bepflanzte Mulden und Tiefbeete
- Entsiegelung



Quelle: Ingenieurgesellschaft Prof. Sieker mbH

Kühlpotentiale der Dachgestaltung



(© SenStadtUm/bgmr 2016)

Fallstudien

IDEALISIERTES
STADTHAUS



Fallstudie 1: Gebäudeebene

- Modell: ASMUS_inside, STORM
- Idealtypisches Gebäude
- Innenraumklima
- Langzeitsimulation (3 Sommermonate des Jahres 2003)

KURAS | PANKOW



Fallstudie 2: Quartiersebene

- Modelle: ASMUS_green, STORM
- Reales Quartier
- Außenraumklima
- Langzeitsimulation (40 Jahre)

EMSCHER-REGION



Fallstudie 3: Gesamtstadt

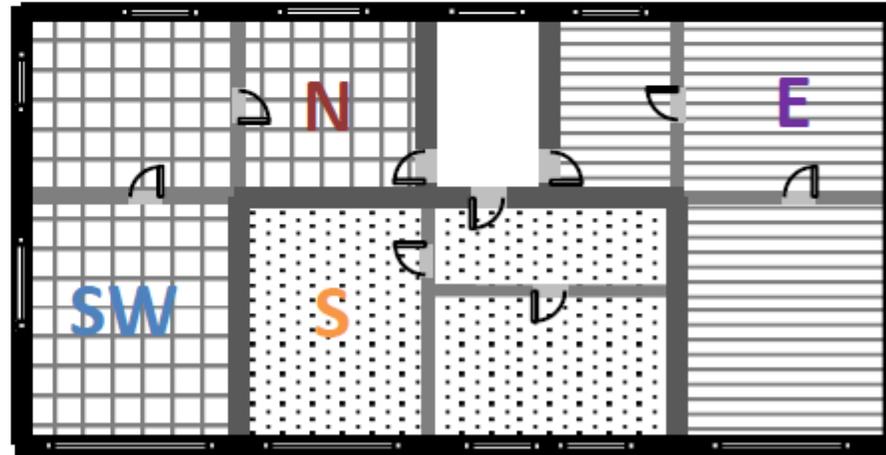
- Modelle: FITNAH-3D
- Reale Stadtregion
- Außenraumklima
- Kurzzeitsimulation (24h, autochthone Wetterlage)

voneinander
unabhängig
(kein Nesting)

Bilder: FS1: Eiband, FS2: berchtoldkrass space&options

Fallstudie 1: Gebäude – Szenarien

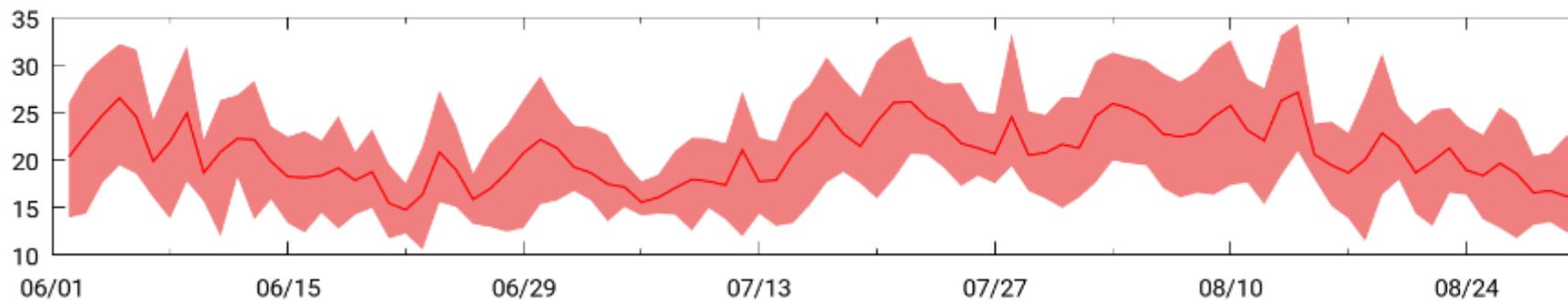
- Frei stehendes Flachdachgebäude mit 3 Etagen
- „Baujahr 1970“
 - U-Wert Außenwände 0,6 W/m²K, Fenster 2,8 W/m²K
- Keine Verschattung der Fenster, feste Ventilationsrate, keine anthropogenen Wärmequellen
- Simulationen:
 - Normales Gebäude
 - Verschattung durch Bäume
 - Intensive Dachbegrünung
 - Extensive DG
 - Extensive DG mit Anstau
 - Fassadenbegrünung
 - Bewässerte Fassadenbegrünung



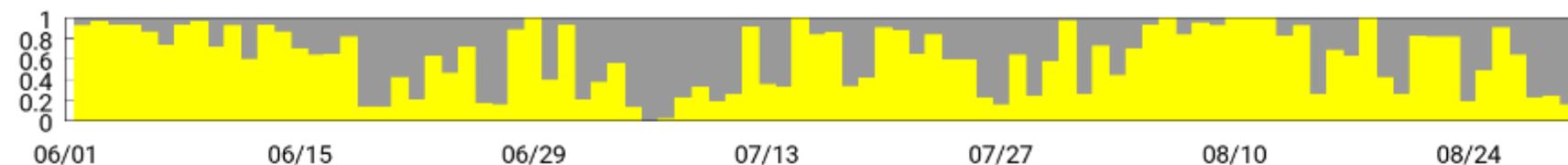
Fallstudie 1: Gebäude – Antrieb Sommer (2003)

Observational data from Berlin-Tempelhof, Germany

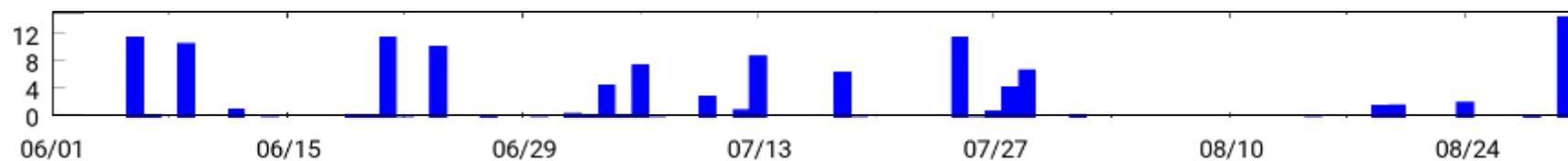
Min., Mean, Max. Air Temperature [°C]



Sunshine Duration [-]

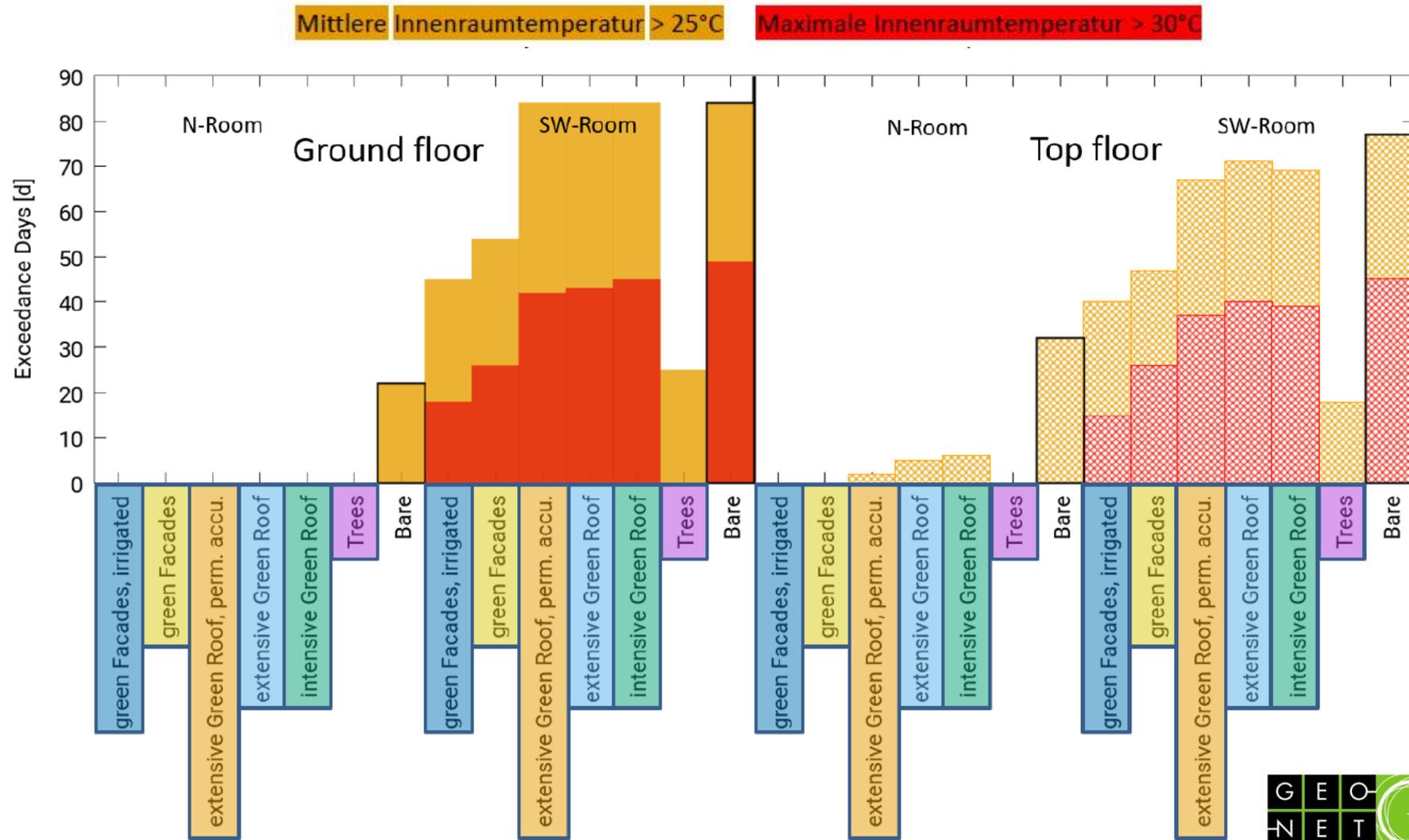


Precipitation [mm]

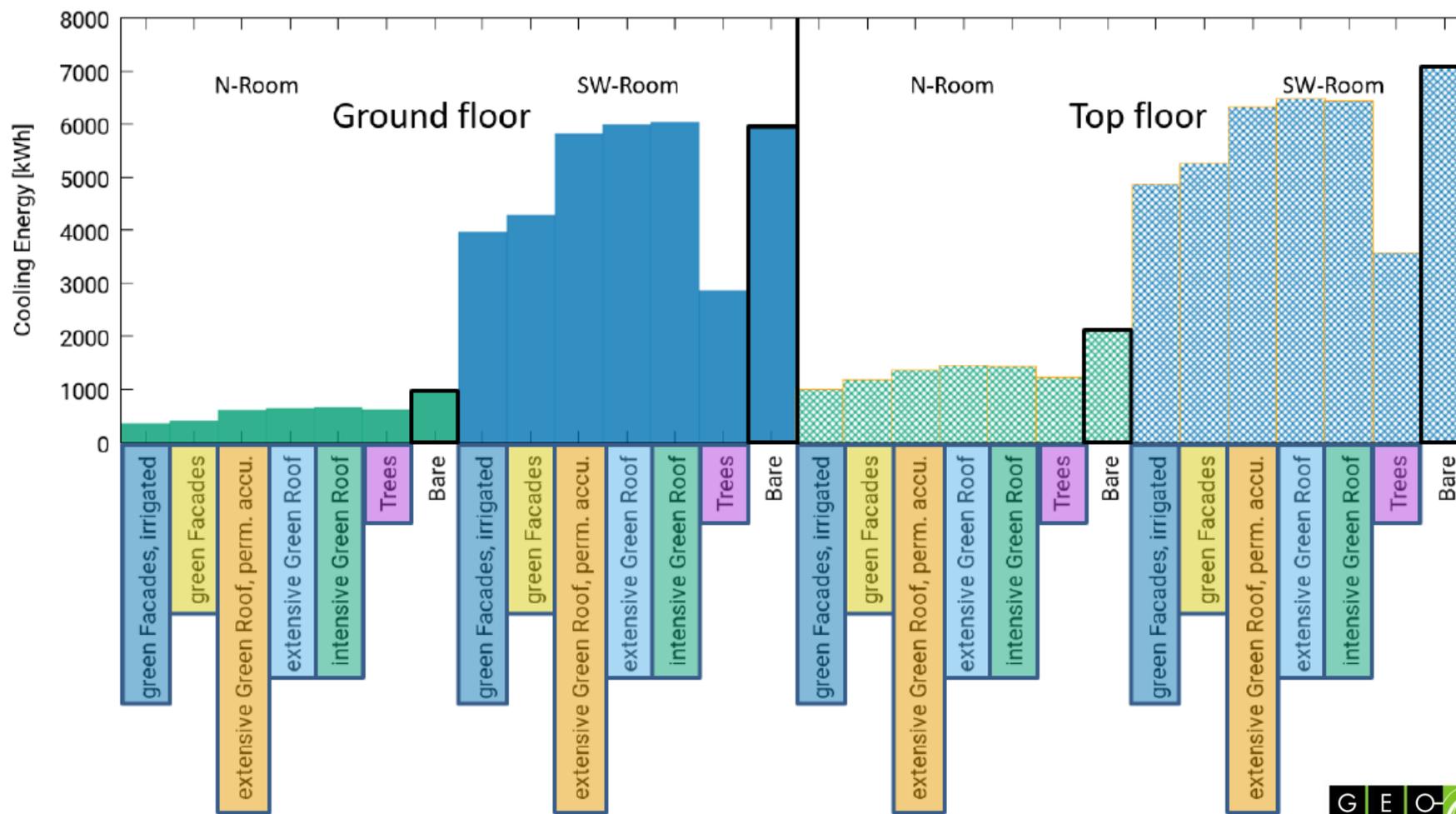


Date

Fallstudie 1: Gebäude – Überschreitungstage



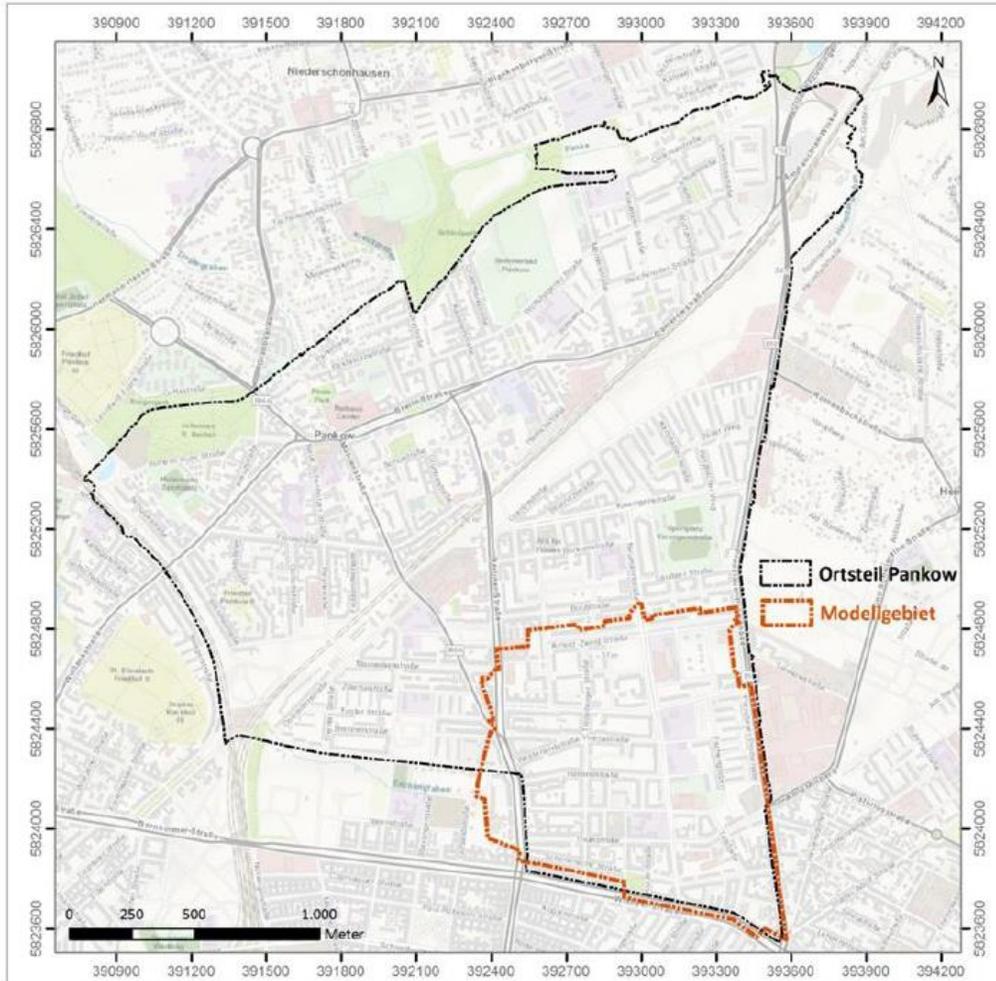
Fallstudie 1: Gebäude – Kühlenergiebedarf



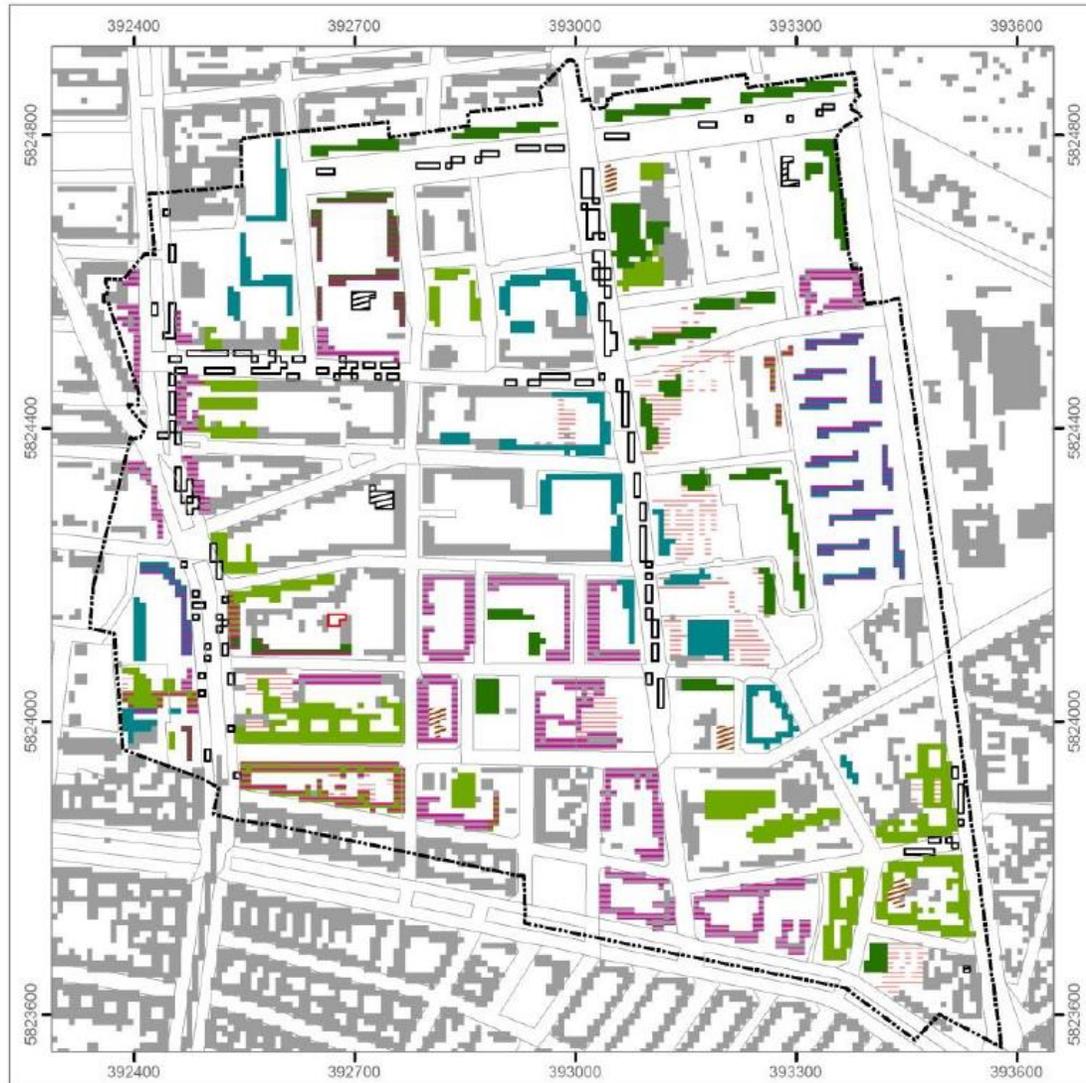
Fallstudie 1: Gebäude - Zusammenfassung

- Der Kühlenergiebedarf des gesamten Gebäudes mit grünen Maßnahmen ist um 10% (Dachbegrünung) – 50% (Bäume) geringer als ohne Maßnahmen
- Bäume zeigen die stärksten Effekte auf Grund der Verschattung
- Fassadenbegrünung kühlt auf Grund der größeren Fläche stärker als Dachbegrünung und wirkt auf allen Etagen
- Optimal bewässerte Fassadenbegrünung zeigt stärkere Effekte als unbewässerte
- Wirkung der grünen Maßnahmen u.a. abhängig von der Gebäudedämmung, Fensterverschattung

Fallstudie 2: Quartier – Pankow, Berlin



Fallstudie 2: Quartier – Pankow, Berlin



Maßnahmenplan

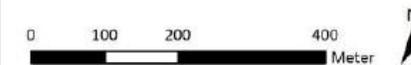
Flächenmaßnahmen

-  Entsiegelung um 30 %
-  Entsiegelung vollständig
-  Versickerungsmulde
-  urban wetlands
-  Baumrigolen

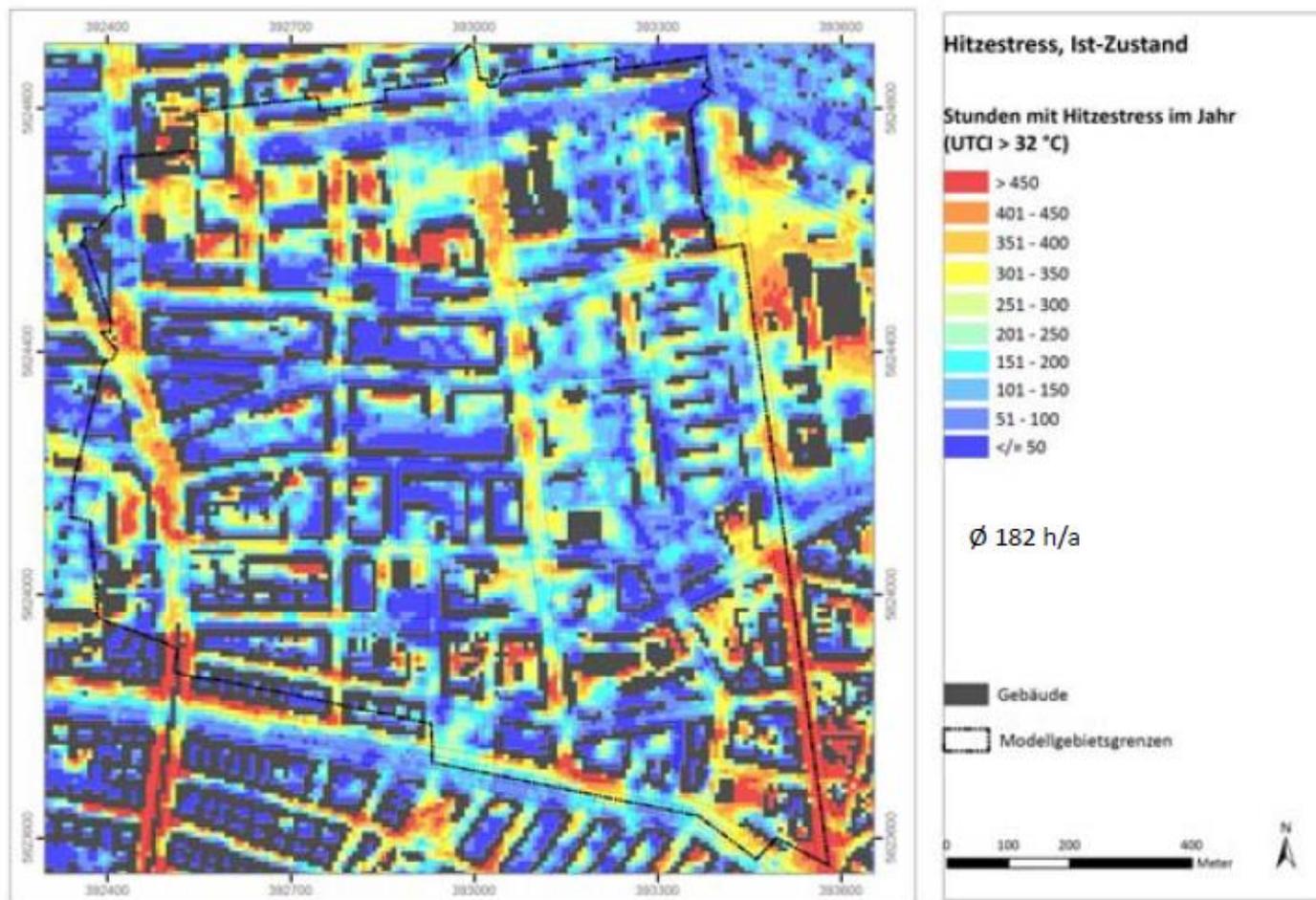
Gebäudebegrünung

-  Dachbegrünung extensiv
-  Dachbegrünung extensiv mit Anstau
-  Dachbegrünung intensiv
-  Fassadenbegrünung erdgebunden

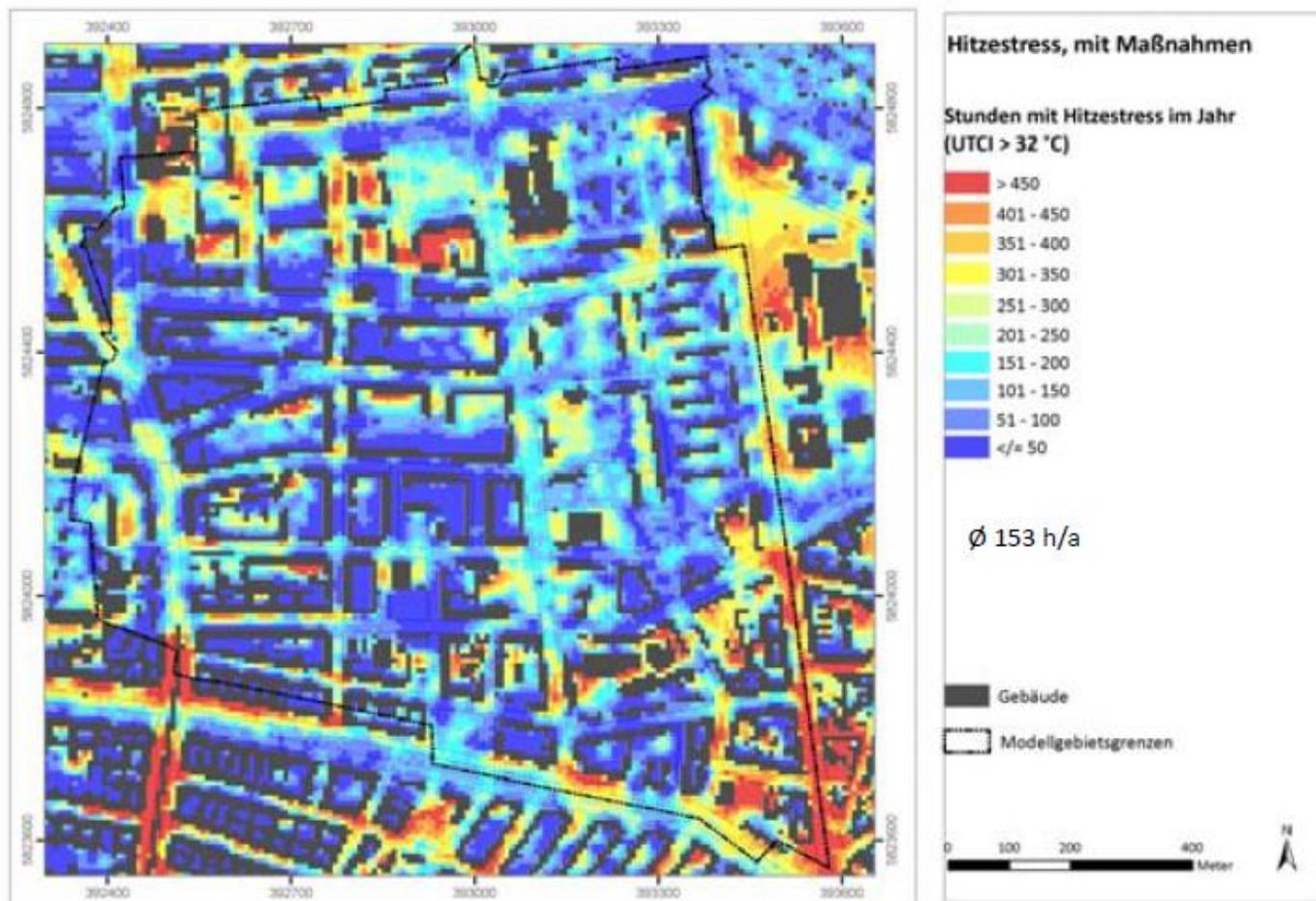
-  Gebäude
-  Modellgebietsgrenzen



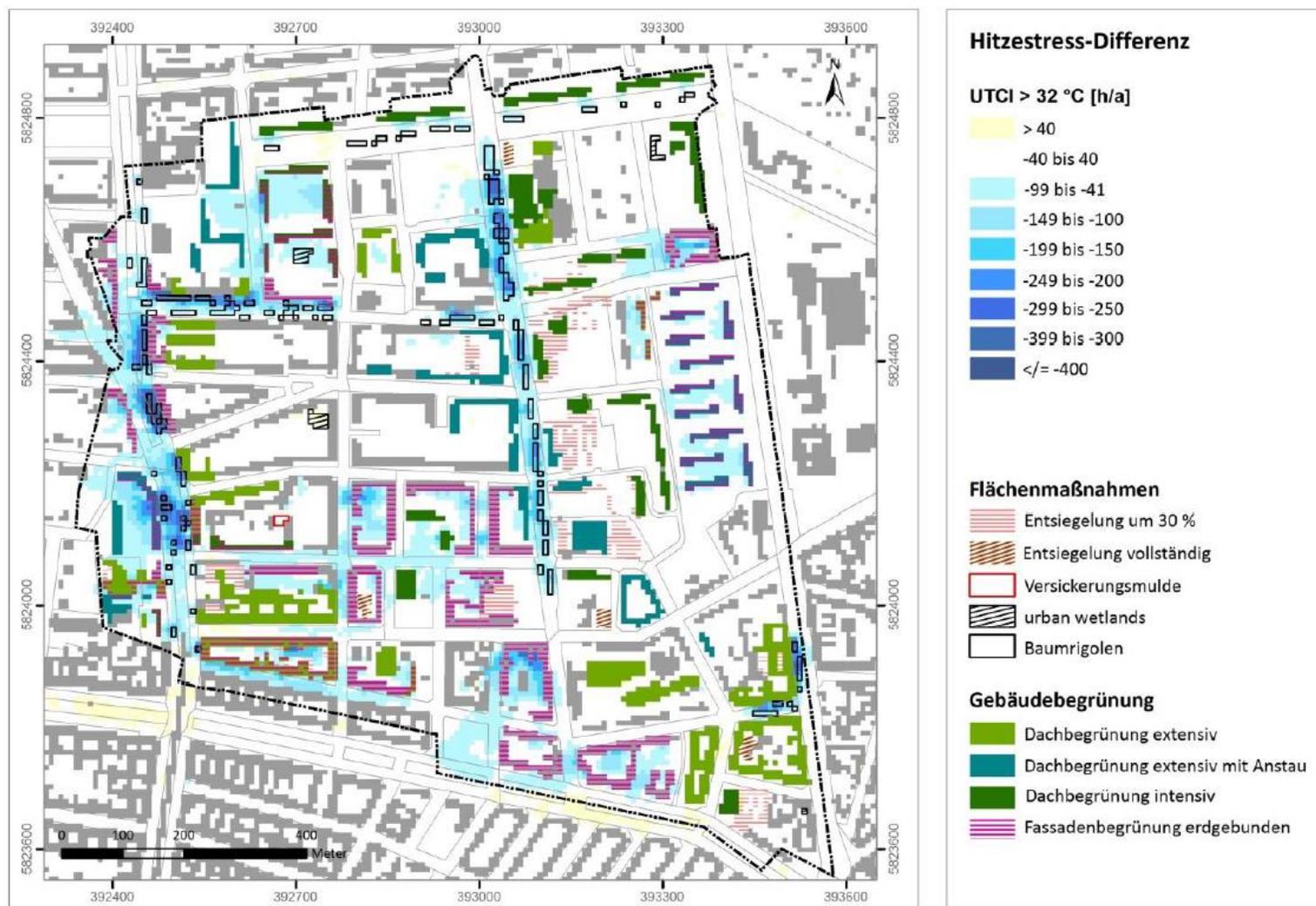
Fallstudie 2: Quartier – Pankow, Berlin



Fallstudie 2: Quartier – Pankow, Berlin



Fallstudie 2: Quartier – Pankow, Berlin



Fallstudie 2: Quartier - Zusammenfassung

- In einem relativ gut durchgrüntem Quartier werden die Jahresstunden mit Hitzestress um 16% und die Auftrittshäufigkeit von Tropennächten um 17% reduziert
- Stärkste Wirkung auf den Hitzestress am Tage zeigen Baumrigolen im Straßenraum und Fassadenbegrünungen
- Stärkste Wirkung auf die Tropennächte zeigen Fassadenbegrünungen
- Dachbegrünungen zeigen (bodennah, Außenraum) nur bei größeren Flachdächern eine Wirkung; Dachgeschosswohnungen profitieren aber (vgl. Fallstudie 1)
- Wirkungsbereich von (halb-)offenen Wasserflächen räumlich sehr begrenzt; urban wetlands sind einfachen Muldensystemen vorzuziehen
- Maßnahmenwirkungen bei anhaltender Trockenheit deutlich herabgesetzt (insbesondere primär niederschlagsabhängige Maßnahmen)

Fallstudie 3: Stadt – Emscherregion

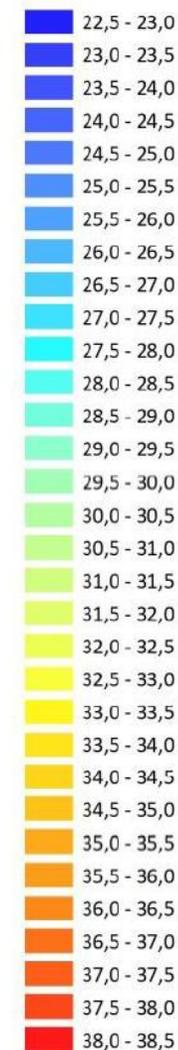
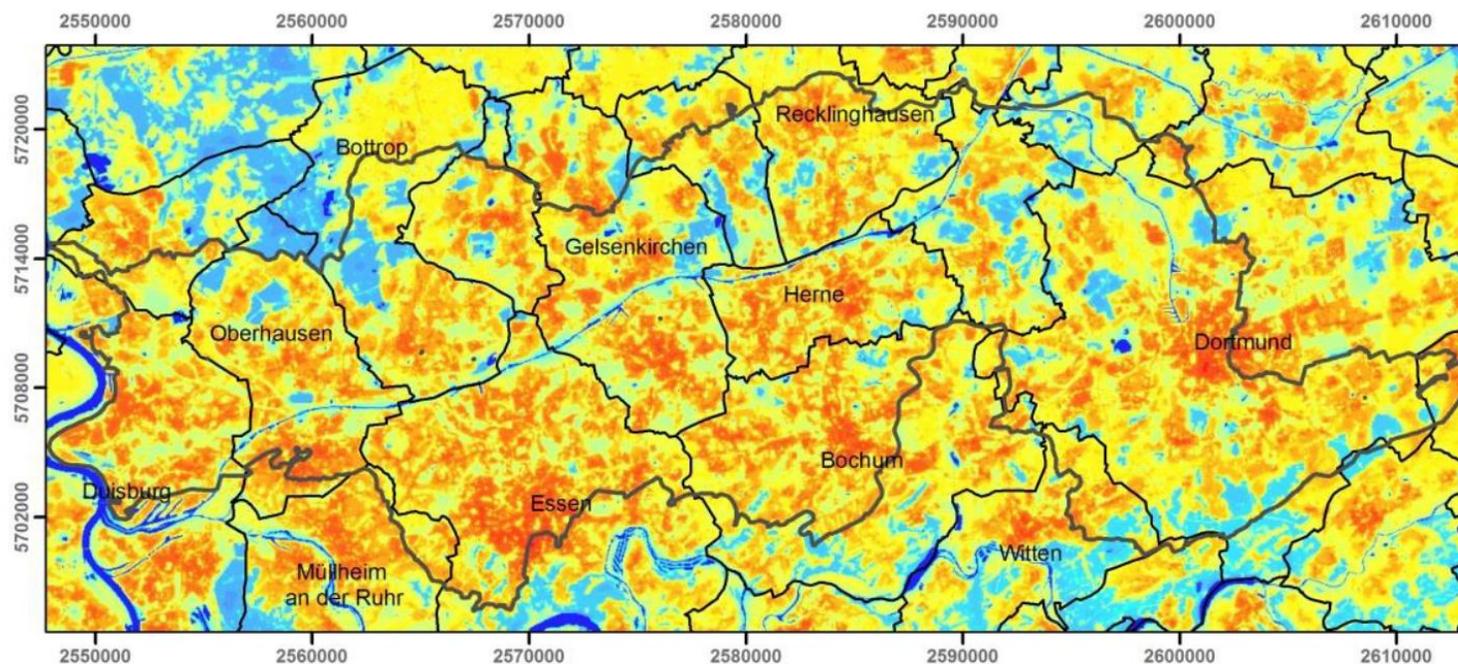


Fallstudie 3: Stadt – Emscherregion

Lufttemperatur 14:00 Uhr [°C]

oben: Ist-Zustand
unten: Maßnahmenplan

Bodennahe Lufttemperatur **vor** Maßnahmen (Ist –Zustand)

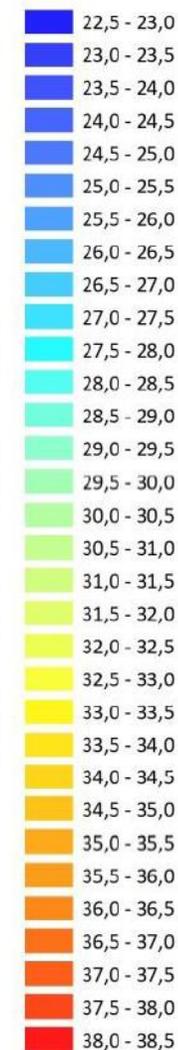
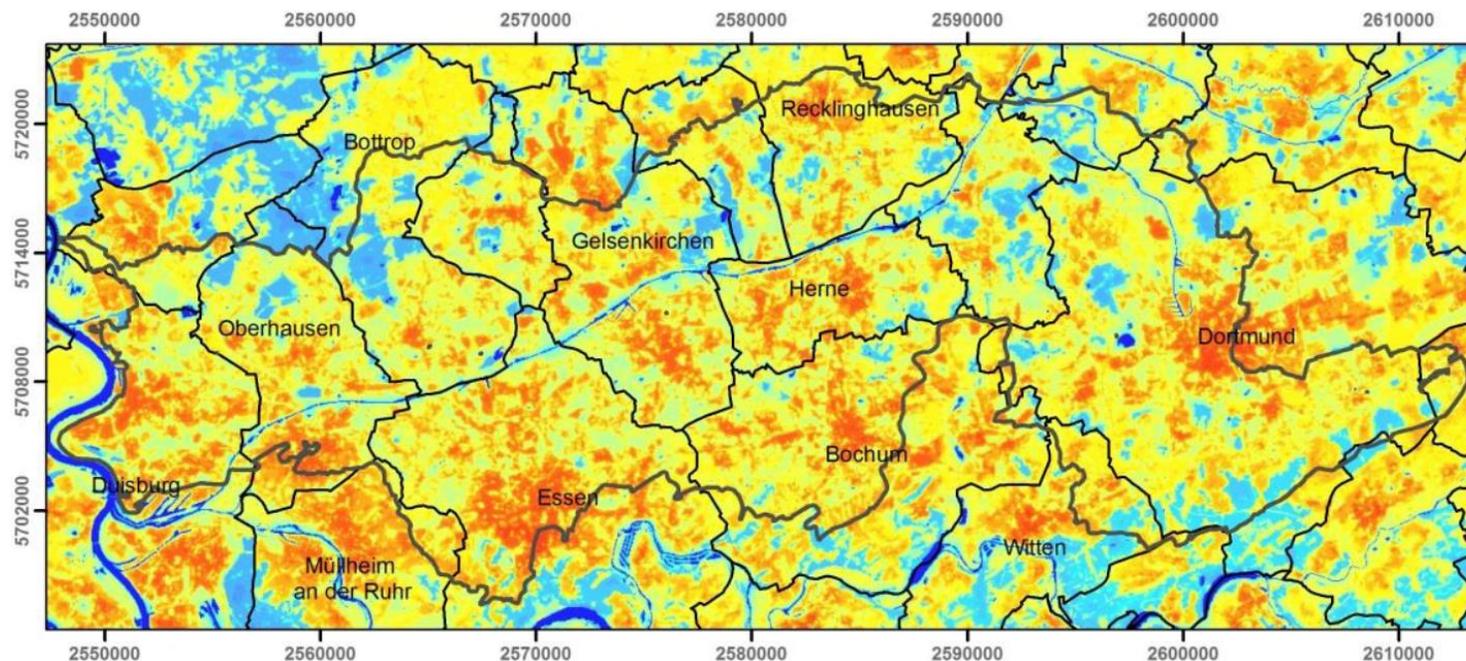


Fallstudie 3: Stadt – Emscherregion

Lufttemperatur 14:00 Uhr [°C]

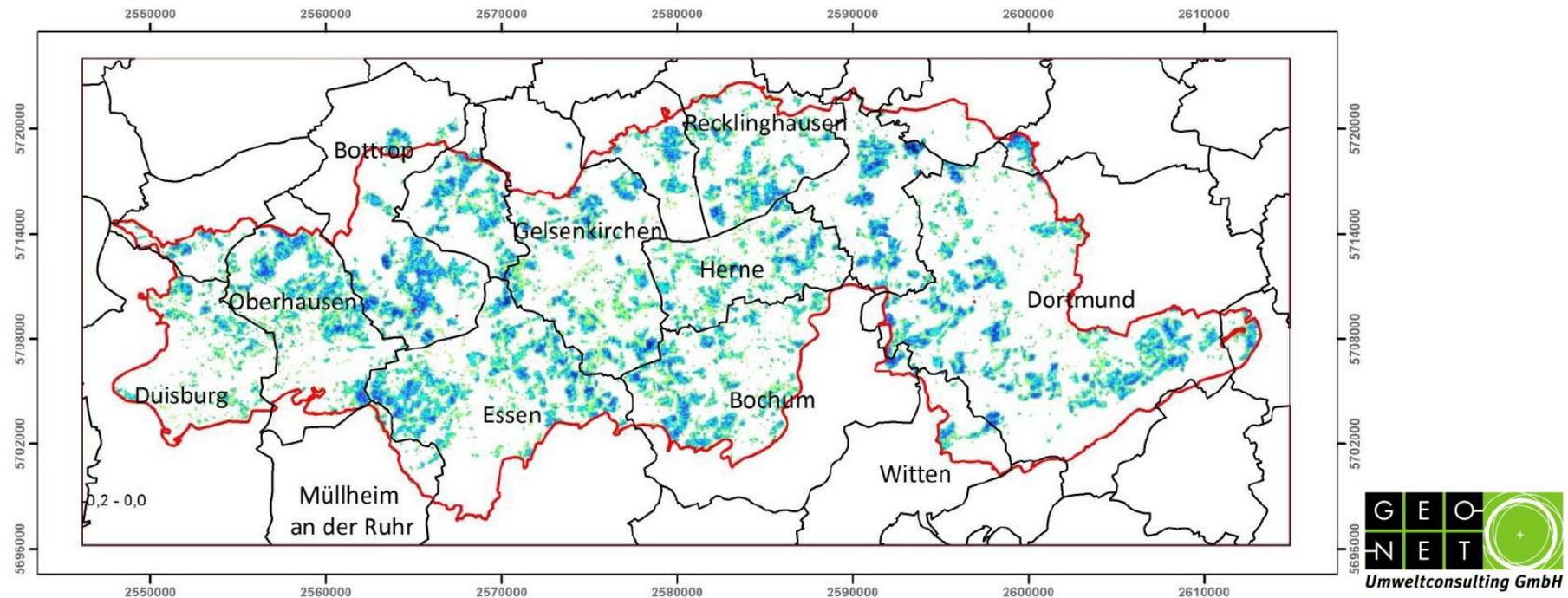
oben: Ist-Zustand
unten: Maßnahmenplan

Bodennahe Lufttemperatur **nach** Maßnahmen



Fallstudie 3: Stadt – Emscherregion Ergebnisse

Temperaturdifferenz 14:00 Uhr (Maßnahmenplan vorher/nacher)

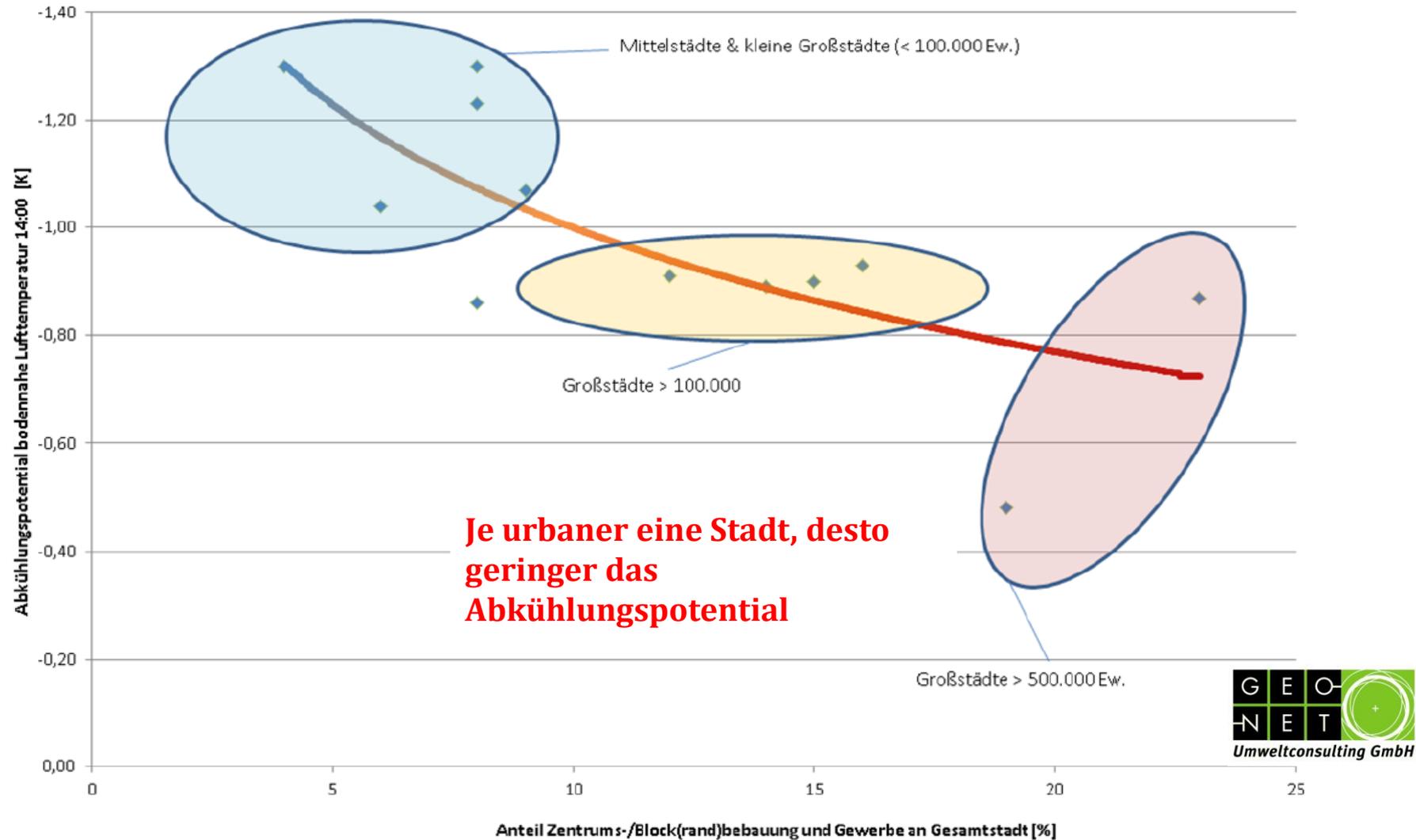


Temperaturdifferenz 14:00 Uhr [K]



- Abkühlung Siedlungsraum um 0,9 K (bisheriger Klimawandel)
- Räumliche Unterschiede innerhalb einer Stadt und zwischen Städten
- Suburbane Gebiete verhalten sich anders als stark verdichtete Teilräume

Fallstudie 3: Stadt – Emscherregion Ergebnisse



Fallstudien - Zusammenfassung

- **Verdunstung wirkt (fast) immer im Komplex (z. B. Verschattung)**
 - Sollte daher (stadtklimatisch) nicht isoliert betrachtet werden
- **Potentiale sind in allen Fallstudien (auf allen Maßstabsebenen) vorhanden**
 - Gebäude: z.B. 10-50 % weniger Kühlbedarf
 - Quartier: z.B. 16 % weniger Jahresstunden mit Hitzestress
 - Gesamtstadt(region): z.B. Abkühlung um 0,5 - 1,3 K
- **Mit Blick auf den Klimawandel reichen Maßnahmen zum Regenwassermanagement alleine zur Abkühlung unserer Städte eher nicht aus**
 - Verdunstungskühlung eher (ein bisher wenig beachteter) Nebeneffekt

Erkenntnisse / Handlungsempfehlungen

- **Schwammstadtkonzepte erhöhen Verdunstung deutlich**
 - Kühlwirkung wird vor allem in Kombination mit Verschattung erreicht → Fassaden-, Dachbegrünung, Baumrigolen
- **Gebäudeenergiebedarf wird durch verbessertes Mikroklima vermindert**
- **Intensive Begrünung und großkronige Bäume wirksamstes Mittel für behagliches Mikroklima**
 - Sicherung des städtischen Baumbestandes hat hohe Priorität

Nationale Wasserstrategie des BMU

Prinzip Schwammstadt

Das Leitbild der „wassersensiblen Stadt“ (Schwammstadt) wird praxisnah und umsetzbar weiterentwickelt, um den nachhaltigen Umgang mit Niederschlagswasser in Städten zu stärken (Versickerung, Verdunstung, Speicherung sowie Umgang mit Starkregen) und Anpassungs-möglichkeiten an Trockenheit und Hitze in Städten zu erschließen.



Quelle UBA:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ausgewahlte-fachinformationen-zur-nationalen>

Quelle BMU: <https://www.bmu.de/download/nationale-wasserstrategie/>

Forschungskonferenz



<https://www.umweltbundesamt.de/forschungskonferenz-klimaresiliente-schwammstadt>

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Bernd Kirschbaum

bernd.kirschbaum@uba.de

Fachgebiet II 2.1 – Übergreifende Angelegenheiten Wasser und
Boden

UBA - Forschungsprojekte



<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/>