

Imp_DroP

**Impact of longer Drought Periods on Climate in Greater Vienna:
appropriate Mitigation measures**

ACRP 13th call, KR20AC0K18165

Applicant: BOKU_Met (Working Groups: Radiation, Climate, Agroclimatology, Applied)

Partners: BOKU_IVET, BOKU_IBLB, MA22, Subcontractors: IIASA, Météo-France,
Gartenbauschule Schönbrunn

Agenda 2024 - 11 - 18

9:00 - 9:15 Ankommen, Café

9:15 - 9:20 Begrüßung – Jürgen Preiss

9:20 - 9:30 Kurzvorstellung des Projekts “Imp_DroP”

9:30 - 9:40 Gründachmessungen – Ergebnisvorstellung

9:40 - 9:50 Mikroklimasimulationen

9:50 - 10:10 Diskussion Begrünung und Bewässerung in der Stadt

10:10- 10:20 Anthropogene Wärmeemissionen

10:20- 10:30 Klimasimulationen Großraum Wien

10:30- 10:45 Diskussion: Marchfeld-Bewässerung und anthropogene Wärmeemission

10:45- 11:00 Pause

11:00- 11:45 World Café - Machbarkeit und Empfehlung (20 Minuten pro Tisch)

- Begrünung und Bewässerung in der Stadt
 - Bewässerung in der Landwirtschaft
- Gründach Aufbau
 - Anthropogene Wärme

11:45- 12:00 Synthese des Workshops

Overview



Grühdachmessungen – Ergebnisvorstellung

17

Mikroklimasimulationen

18

Anthropogene Wärmeemissionen

19

Klimasimulationen Großraum Wien

20

World Café – Machbarkeit und Empfehlungen

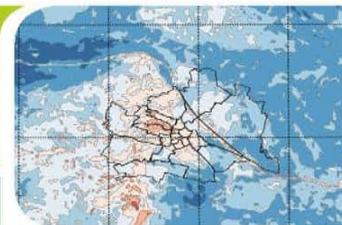
“das klimafreundlichste Stadtentwicklungsszenario”

- II **Grühdach Aufbau + Anthropogene Wärme**
 - Welche Parameter spielen bei der Ausweitung von Dachbegrünungen eine Rolle?
 - Wie können Dachbegrünungen hinsichtlich der Wasserrücklage bewirkt? (Welche Aufbauten sind praktikabel?)
 - Sind Klimaeffekte messbar?
 - Sollte der anthropogene Wärmeausstoß durch den Verkehr in Wien in zukünftigen Planungen speziell berücksichtigt werden?
 - Kann man davon ausgehen, dass der Wärmeausstoß durch den Verkehr in Wien in Zukunft umreduziert werden kann?
 - Welche spezifischen Strategien könnten implementiert werden, um den Wärmeausstoß durch den Verkehr in Wien zu reduzieren?
- II **Beschattung, Begrünung und Bewässerung in der Stadt**
 - Was sind Hindernisse für die Umsetzung?
 - Alternativen, wenn Barrieren nicht zu überwinden sind?
- II **Bewässerung in der Landwirtschaft, Klima Großraum Wien**
 - Kann sich das Wiener Umland die Stadt Wien kühlen?

21

Klimawandel

Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft



Auswirkung von Klimawandel und Stadtentwicklung auf thermische Belastung während Hitzewellen in Wien

Autor*innen: Heideilinde Trimmel¹, Philipp Weihs², Jürgen Preis³, Michael Revesz³, Imran Nadeem³, Kristofer Hasel³, Herbert Formayer²
¹ Institut für Meteorologie und Klimatologie, Universität für Bodenkultur Wien | ² MA 22 – Umweltschutz – Stadt Wien
 begutachtet von: Simon Tschannett (Weatherpark), Maja Zuvela-Aloise (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)

Die Hitzebelastung nimmt zu – Menschen werden im Sommerhalbjahr und speziell während Hitzewellen immer öfter hohen Lufttemperaturen ausgesetzt, welche gemeinsam mit erhöhter Sonneneinstrahlung und -reflexion, besonders nachts geringeren Windgeschwindigkeiten und Wärmeabstrahlung der Materialien den menschlichen Organismus belasten. Die beobachtete Hitzezunahme ist zum einen ein Effekt des vom Menschen verursachten Klimawandels. Zum anderen sind die Städte doppelt betroffen, da durch die „städtische Wärmeinsel“ die nächtliche Abkühlung reduziert und eine Erholung für ihre Bewohner*innen in den Nachtstunden erschwert wird.

Projektfachbox

Im Rahmen des Projekts URBANIA wurde der Einfluss einer Stadterweiterung in Kombination mit Klimawandel auf den Wärmeinseleffekt der Stadt Wien untersucht. Ziel war es, geeignete Planungsmaßnahmen zu evaluieren, welche die gesundheitlichen Folgen für die Stadtbewohner*innen abschwächen. Dazu wurde im Projekt das atmosphärische WRF Modell mit dem Energieaustauschmodell für städtische Gebiete (TEB) gekoppelt (WRF-TEB). Basierend auf im Projekt aufbereiteten Stadtentwicklungs- und Klimaszenarien wurde damit der Einfluss auf die bodennahe thermische Belastung simuliert und die Auswirkung von Maßnahmen untersucht.

Projekt-Laufzeit: Juni 2016 bis November 2018

Was ist eine „städtische Wärmeinsel“ oder „Urban Heat Island (UHI)“?

Die UHI bezeichnet den Lufttemperaturunterschied zwischen der wärmeren Stadt und ihrem kühleren Umland (3), besonders nachts, bei wolkenfreien und windschwachen Wetterbedingungen zeigt sie sich in Wien. Unterschiede der Tageshöchsttemperatur sind vergleichsweise unwesentlich. Die Intensität dieser Differenz sinkt zwar mit verringertem Niederschlag und höheren Lufttemperaturen, kann aber mit Bevölkerungswachstum steigen (3). Da immer mehr Menschen in Städten wohnen und auch Wien ein Bevölkerungswachstum von bis zu 400.000 bis 2030 erwartet (4) (ausgehend von Prognosestand 2011) kann sich durch Stadtwachstum und -verdichtung die Intensität der städtischen Wärmeinsel erhöhen.

Abbildung 1: von links nach rechts: Die mit WRF-TEB gerechneten Stadtszenarien: Aktueller Zustand (REF), sparsamer Flächenverbrauch und Veränderung der Materialeigenschaften (OPT), höherintensivere Stadtentwicklung (SPR) (aus (7)). Bekannte Stadterweiterungsgebiete: orange, zusätzliche Expansionsflächen im SPR Szenario: magenta. Aktuelle Siedlungsgebiete: hell, mittel und dunkelgrau, unterschiedliche Vegetationszonen: gelb und grün (sh. Trimmel et al. 2019). Das Referenzgebiet für die Bebauungsänderungen ist die „stadregion+“ (4), deren Grenzen mit dicker schwarzer Linie in die Abbildung rechts eingezeichnet ist.

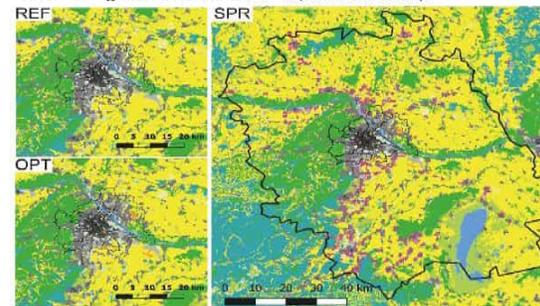
³ Die Albedo gibt das Rückstrahlungsvermögen von Oberflächen der Sommerstrahlung an. Dabei wird das Verhältnis von Einstrahlung und Rückstrahlung angegeben. Die Werte liegen also zwischen 0 und 1. Je höher die Albedo umso mehr Sonnenstrahlung wird zurückgestrahlt.

Zunahme der Intensität der Hitzewellen

Die jährlichen Temperaturmaxima ändern sich rascher als die Temperaturmittel und zeigen bereits innerhalb der Periode 1988-2017 einen Anstieg von 2 °C. Für URBANIA wurde jeweils eine statistisch repräsentative Hitzewelle (5) (ein 15-jähriges Extremereignis) für aktuelle (1988-2017) und zukünftige (2036-2065) Klimabedingungen ausgewählt.

Welche Stadtszenarien wurden untersucht?

Es wurden drei unterschiedliche Stadtszenarien betrachtet (Abb. 1), welche mit WRF-TEB gerechnet wurden (Abb. 2). Der aktuelle Zustand („REF“) wurde dabei mit zwei zukünftigen Szenarien verglichen, welche jeweils die gleiche Fläche an zusätzlichen Wohn- und Arbeitsflächen für den prognostizierten Bevölkerungsanstieg innerhalb der „stadregion+“ (4, sh. Abb.3) unterbringen (7). Im „SPR“ (sprawl) Szenario wird keine Rücksicht auf Materialenauswahl oder Flächenverbrauch genommen. Das „OPT“ (optimized) Szenario geht von einer sehr sparsamen Verwendung der Flächenressourcen sowie einer optimalen Reduktion der UHI durch veränderte Materialeigenschaften (Albedo³, thermische Leitfähigkeit) der gesamten Bausubstanz aus. Während bei Verwendung des „OPT“ Szenario im Vergleich zum „REF“ eine Abkühlung von bis zu einem Grad erzielt wird (Abb. 2 links) kommt es beim „SPR“ Szenario zu einer Erwärmung von bis zu über 1 °C (Abb. 2 rechts).



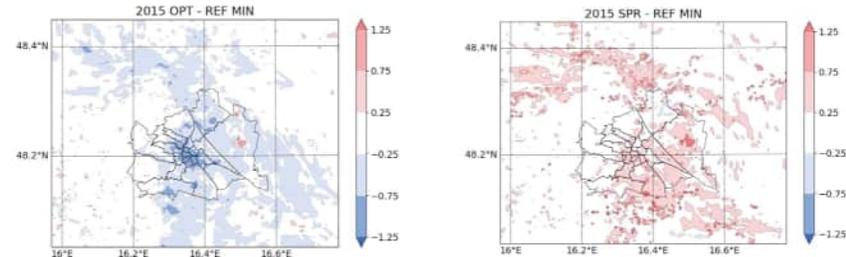


Abbildung 2: Einfluss der Stadtszenarien auf die Minimaltemperatur [°C] für ein aktuelles extremes Hitzeereignis. links: Abkühlung durch OPT, rechts: Erwärmung durch SPR

Einfluss lokaler Maßnahmen auf die Erwärmung
 Mit mikroskaligen TEB Simulationen wurde der Einfluss einzelner Maßnahmen (z.B. Begrünung von Dächern, Materialenauswahl zur Erhöhung der Albedo etc.) auf die Temperatur im Stadtgebiet untersucht (Tabelle 1). Es zeigte sich, dass Albedo und Wärmeleitfähigkeit die stärksten Faktoren sind.

	Ta Max	Ta Min	MRT Max	MRT Min
ALB	- 0.2	- 0.1	2.3	- 0.3
ISO	0.1	- 0.8	5.0	- 3.1
GRR	- 0.1	- 0.2	- 0.1	- 0.2
PVR	- 0.2	- 0.2	- 0.2	- 0.2
DEN	0.1	0.1	0.1	0.5

Tabelle 1: Auswirkung unterschiedlicher lokaler Maßnahmen auf die Luft (Ta-) und mittlere Strahlungstemperatur² (MRT), Maxima (°C) und Minima (Mittelwerte über die wolkenfreien Tage der Hitzeperiode) im Straßenraum (Schatten) für jeweils ein 9 km² Gebiet innerhalb des Gürtels; bei DEN für ein Stadterweiterungsgebiet im Süden.

ALB = Erhöhung der Dachalbedo von 0.15 auf 0.68, Wand- und Straßenalbedo 0.2 / 0.14 auf 0.3; **ISO** = Wärmeleitfähigkeit von Dach, Wand und Straßen von 1.7, 1.4 und 0.9 auf 0.1, 0.1 und 0.4 W/mK; **GRR** = alle Dächer mit extensivem Sedumgrünisch; **PVR** = alle Dächer mit PV Wirkungsgrad 20%; **DEN** = Erhöhung der Bebauungsdichte von 16 bzw. 22% auf 24.2% ohne Änderung der Behauungshöhe.

Referenzen

- (1) Skamarock, W.C. et al. 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. – NCAR. Tech. Note NCAR/TN-475+STR, 113 pp.
 - (2) Masson, V., 2000: A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. – Bound-Layer Meteor. 94, 357–397 DOI 10.1023/A:1002463829265.
 - (3) Manoli, G., et al. 2019: Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. Nature, 573, 7772, 55-60.
 - (4) PGO (Planungsgemeinschaft Ost), 2011: stadregion+, Planungskoope-ration zur räumlichen Entwicklung der Stadtregion Wien Niederösterreich Burgenland, http://www.planungsgemeinschaft-ost.at/fileadmin/root_pgo/Studien/Baumordnung/Zwischenbericht_Stadtregion.pdf
 - (5) Kyselý, J. et al., 2000: Heat Waves in the South Moravian Region during the Period 1961–1995. Studia geoph. Et geod., 44, 57-72.
 - (6) Leuprecht, A., B. Chimani, M. Hofstätter, M. Kerschbaumer, S. Kienberger, M. Kottek, H. Truhetz, A. Lexer, S. Peßenteiner, 2017: ÖKS15 bias corrected Euro-CorDEX models, version 2. – <https://data.cccma.ac.at/group/oks15>.
 - (7) Trimmel, H. et al., 2019: Thermal conditions during heat waves of a mid-European metropolis under consideration of climate change, urban development scenarios and resilience measures for the mid-21st-century. Meteorol. Z., PrePub DOI 10.1127/metz/2019/0966.
 - (8) Formayer, H., Awan, N., Nadeem, I., & Schicker, I. (2014). Regionales Klimaszenario basierend auf einem neuen (CMIP5) GCM Lauf. Wien, finanziert von: BMLFUW, 25.
- Projektleitung
 Philipp Weils
 Universität für Bodenkultur
<http://urbania.boku.ac.at/wordpress/>
 Endbericht (Deutsch und Englisch) zum Download verfügbar auf der Website
 Projektpartner



Impressum
 CCCA
 Servicezentrum
 Mozartgasse 12/1
 A-8010 Graz
 ZVR: 664173679

servicezentrum@ccca.ac.at
www.ccca.ac.at
 Stand: Juni 2020
 ISSN 2410-096X

Hauptergebnisse

- 1) WRF-TEB Simulationen vom globalen und regionalen Klimawandel (nach dem RCP8.5 Szenario) [8] angetrieben, zeigen, dass in Wien mit einer Zunahme der mittleren täglichen bodennahen Maximaltemperatur um knapp 7 °C und der Minimaltemperatur von 2-4 °C bis Mitte des Jahrhunderts gerechnet werden kann.
- 2) Stadterweiterung beeinflusst die Lufttemperatur und die Hitzebelastung (in absehbarer Zeit noch) hauptsächlich lokal wo die Erweiterung stattfindet aber nicht signifikant im Stadtzentrum.
- 3) Erhöhung der Bebauungsdichte kann ohne Änderung der Materialeigenschaften die Minimumtemperaturen erhöhen.
- 4) Eine stadtweit angewandte Kombination an thermischer Isolierung auf den zero-energy Standard nach der Energy Performance of Buildings Directive* und einer Erhöhung der Albedo und kompakter Bauweise könnte die mittlere urbane bodennahe Lufttemperatur während extremer Hitzeperioden um 0.2 °C für die Maxima und 0.9 °C für die Minima reduzieren.
- 5) Lokale Verbesserung der thermischen Isolierung verursacht zwar nachts die größte Reduktion der Temperatur im Straßenraum – tagsüber bewirkt sie jedoch eine Erhöhung der Wandtemperaturen um 10 °C tagsüber und eine dadurch erhöhte Wärmebelastung im Straßenraum.
- 6) Sowohl Vegetation als auch Photovoltaik am Dach verbessern den thermischen Komfort im Straßenraum, wobei der Vegetationseffekt stark abhängig vom verfügbaren Wasser ist.
- 7) Die landwirtschaftliche, nicht bewässerte Fläche östlich Wiens zeigt eine bis zu 1.5 °C höhere maximale Lufttemperatur als das Stadtzentrum. In diesen Bereichen sind Landnutzungsänderungen empfehlenswert.

* <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>

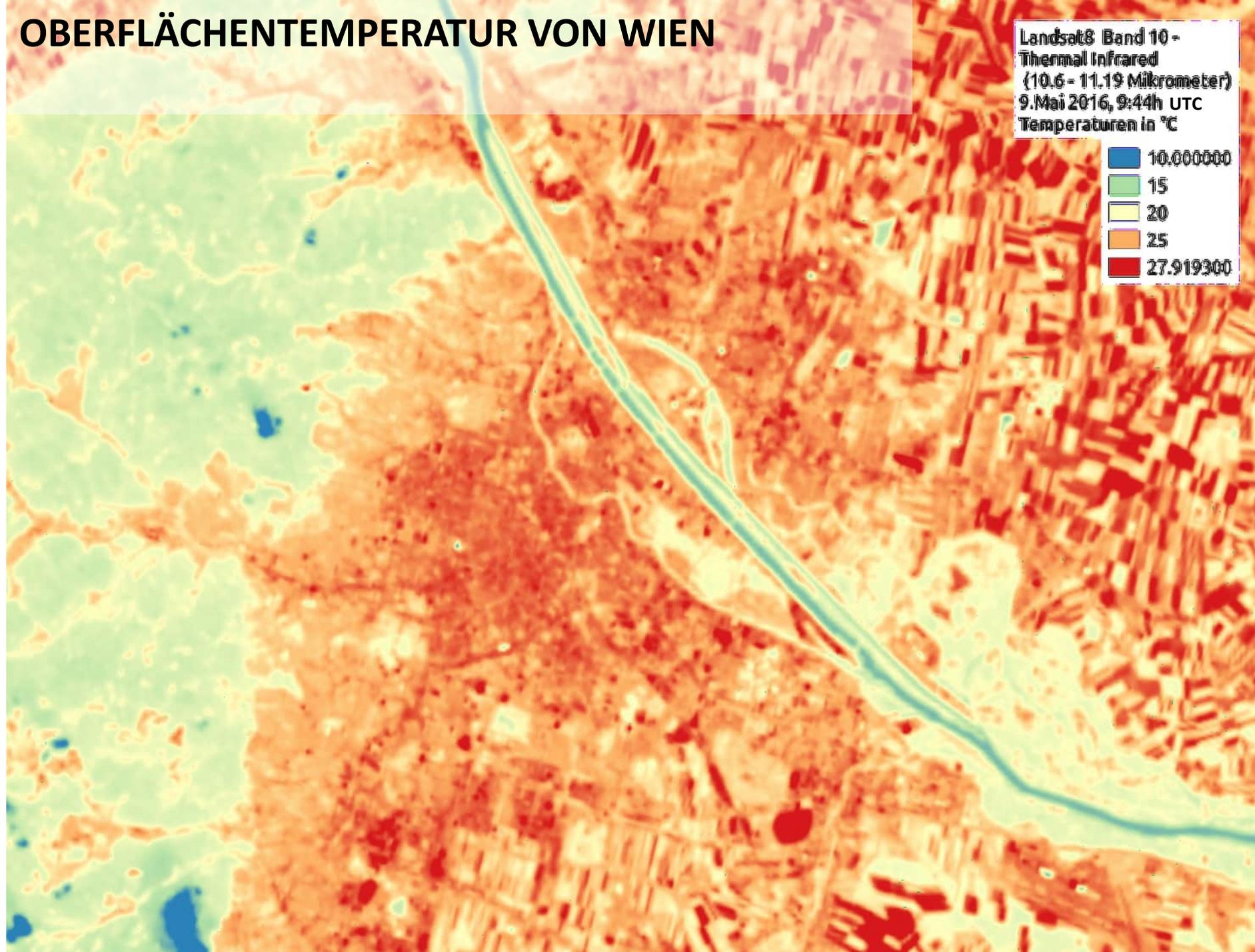
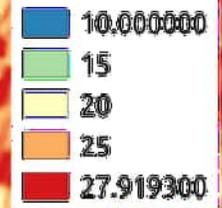
² Die mittlere Strahlungstemperatur (engl: mean radiant temperature MRT) wird aus den Umgebungstemperaturen berechnet. Dabei fließen die direkte Sonneneinstrahlung, ihre Reflexion, sowie die Umgebungstemperaturen ein.

- 1) WRF-TEB Simulationen vom globalen und regionalen Klimawandel (nach dem RCP8.5 Szenario) [8] angetrieben, zeigen, dass in Wien mit einer Zunahme der mittleren täglichen bodennahen Maximaltemperatur um knapp 7 °C und der Minimaltemperatur von 2-4 °C bis Mitte des Jahrhunderts gerechnet werden kann.
- 2) Stadterweiterung beeinflusst die Lufttemperatur und die Hitzebelastung (in absehbarer Zeit noch) hauptsächlich lokal wo die Erweiterung stattfindet aber nicht signifikant im Stadtzentrum.
- 3) Erhöhung der Bebauungsdichte kann ohne Änderung der Materialeigenschaften die Minimumtemperaturen erhöhen.
- 4) Eine stadtweit angewandte Kombination an thermischer Isolierung auf den zero-energy Standard nach der Energy Performance of Buildings Directive* und einer Erhöhung der Albedo und kompakter Bauweise könnte die mittlere urbane bodennahe Lufttemperatur während extremer Hitzeperioden um 0.2 °C für die Maxima und 0.9 °C für die Minima reduzieren.
- 5) Lokale Verbesserung der thermischen Isolierung verursacht zwar nachts die größte Reduktion der Temperatur im Straßenraum – tagsüber bewirkt sie jedoch eine Erhöhung der Wandtemperaturen um 10 °C tagsüber und eine dadurch erhöhte Wärmebelastung im Straßenraum.
- 6) Sowohl Vegetation als auch Photovoltaik am Dach verbessern den thermischen Komfort im Straßenraum, wobei der Vegetationseffekt stark abhängig vom verfügbaren Wasser ist.
- 7) Die landwirtschaftliche, nicht bewässerte Fläche östlich Wiens zeigt eine bis zu 1.5 °C höhere maximale Lufttemperatur als das Stadtzentrum. In diesen Bereichen sind Landnutzungsänderungen empfehlenswert.

* <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>

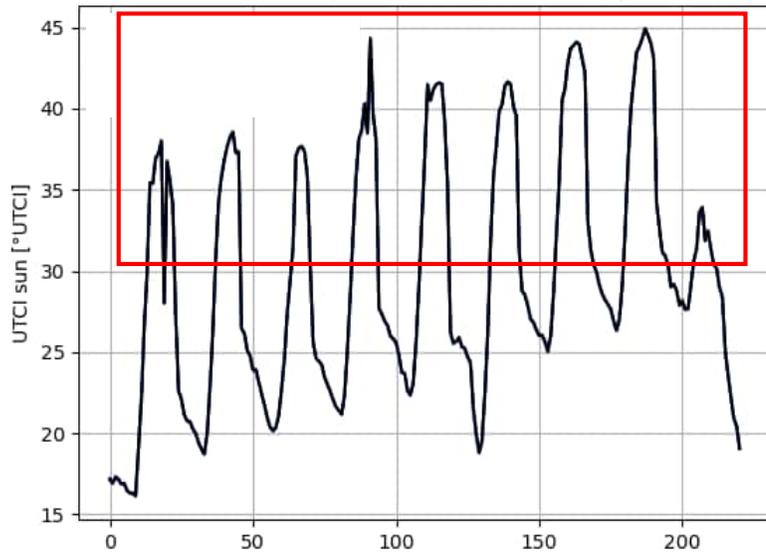
OBERFLÄCHENTEMPERATUR VON WIEN

Landsat8 Band 10 -
Thermal Infrared
(10.6 - 11.19 Mikrometer)
9. Mai 2016, 9:44h UTC
Temperaturen in °C

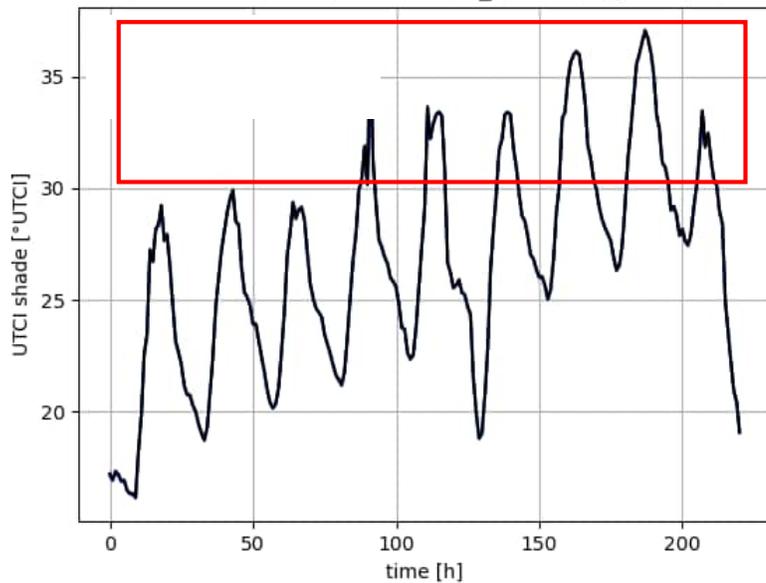


Hitzestress

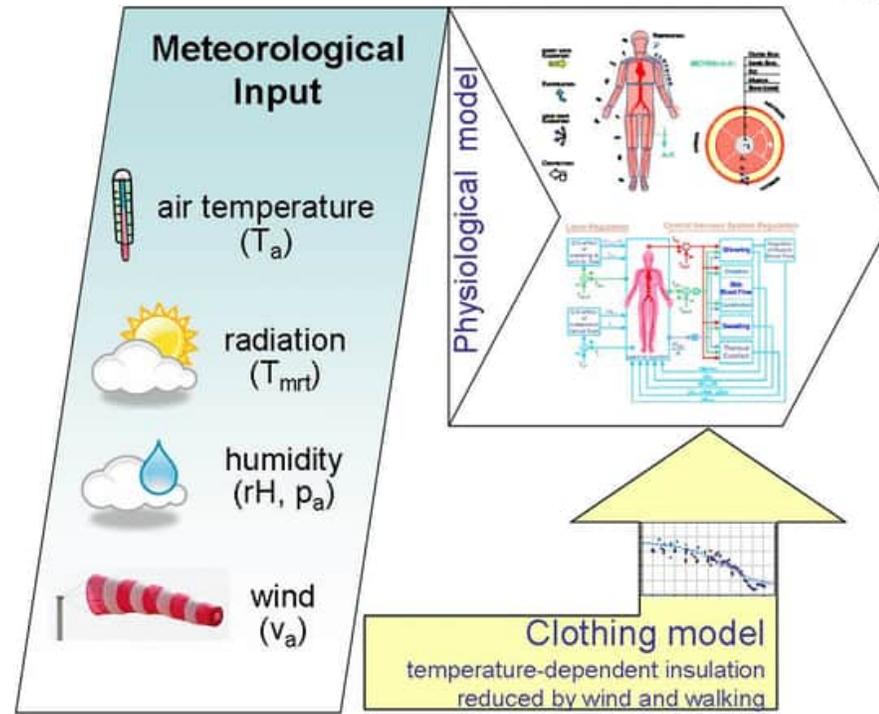
OBS (2022-08-10 -> 20), ARIS_Irr, Währingergürtel



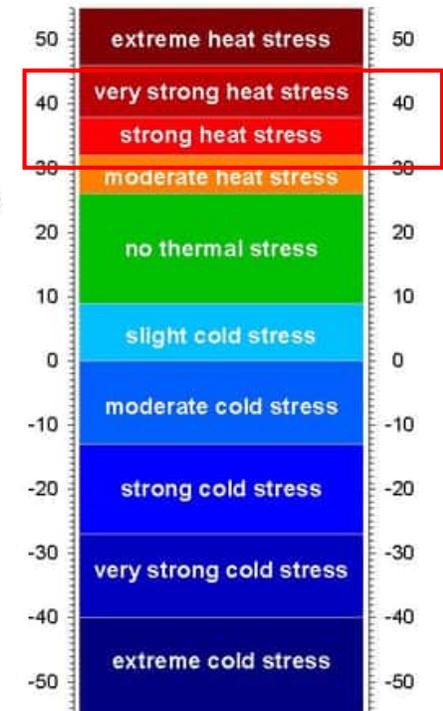
OBS (2022-08-10 -> 20), ARIS_Irr, Währingergürtel



Thermischer Komfort in Wien
10 - 20. August 2022

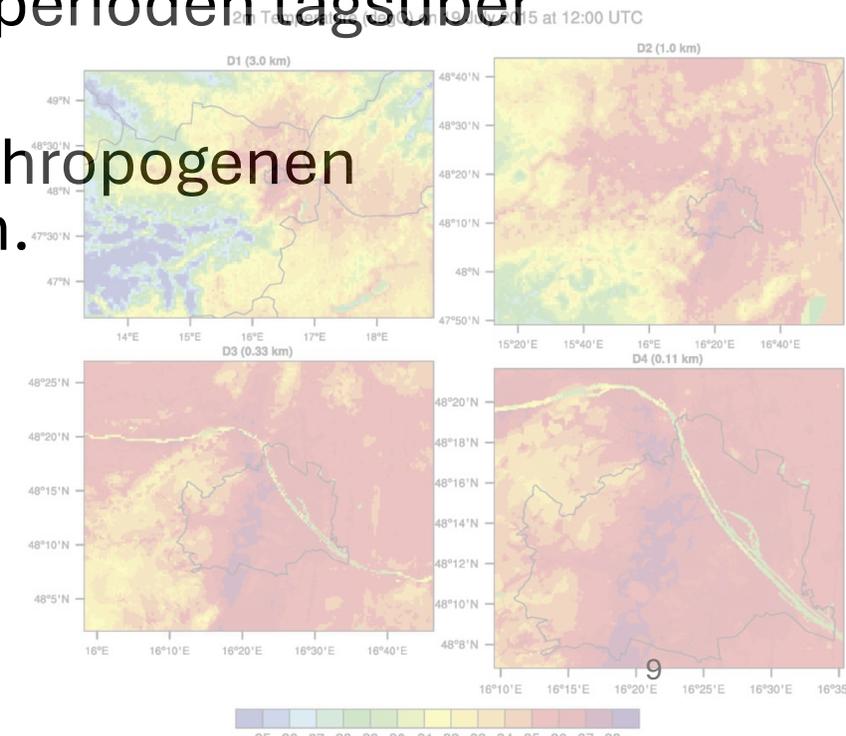


UTCI
Equivalent Temperature (°C)

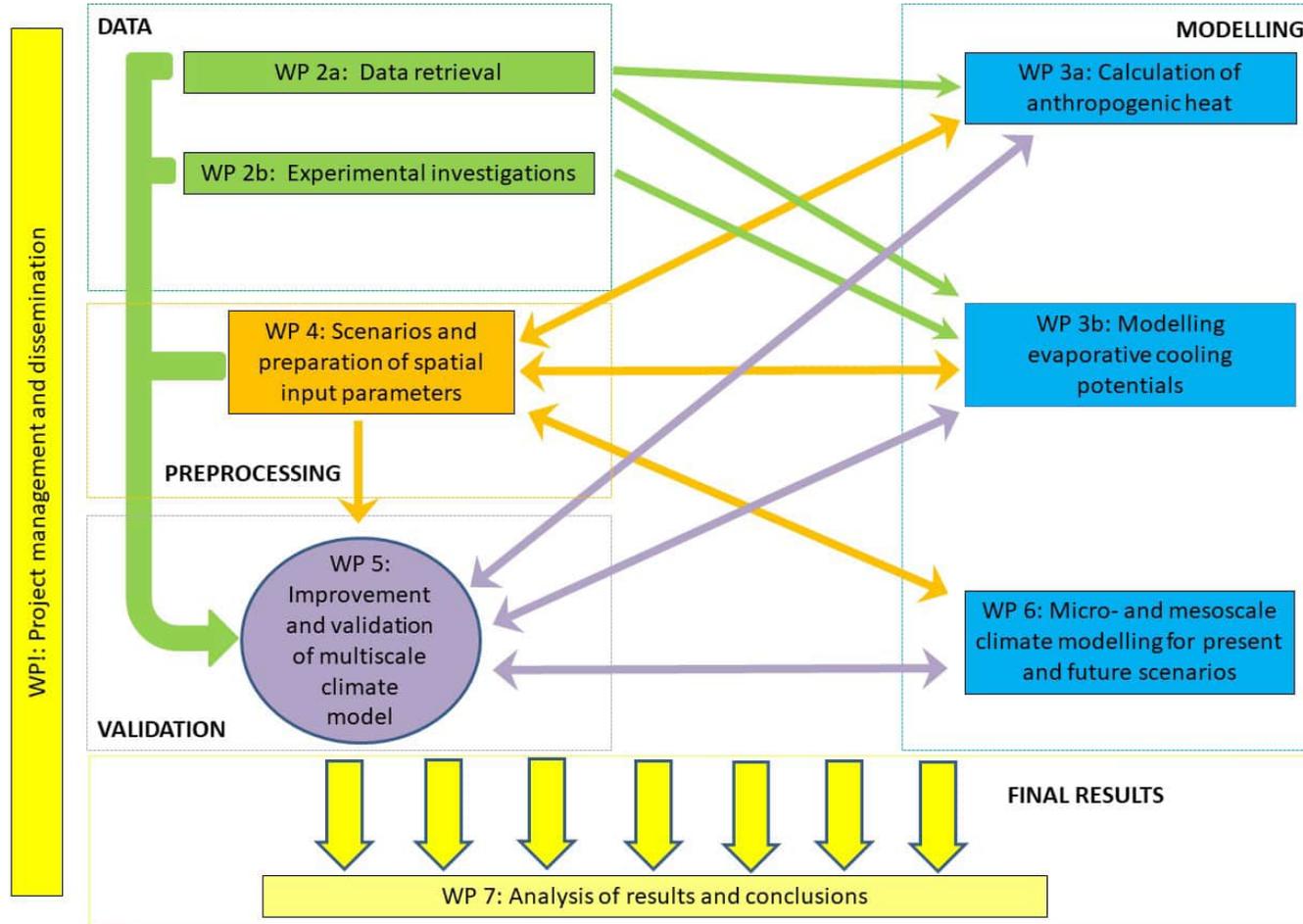


Motivation

- (1) Hitzestress in städtischen Gebieten ist ein wachsendes Problem während Hitzewellen. Dürreperioden verstärken den Hitzestress.
- (2) Niederschlag nimmt wahrscheinlich während der Sommermonate ab.
- (3) Anpassungsmaßnahmen welche auf die Verwendung von Vegetation fokussieren benötigen Wasser.
- (4) Landwirtschaftliche Gebiete können während Hitzeperioden tagsüber nicht kühlen.
- (5) Lokale Energieproduktion mittels PV könnte den anthropogenen Wärmefluss verringern und so zur Kühlung beitragen.



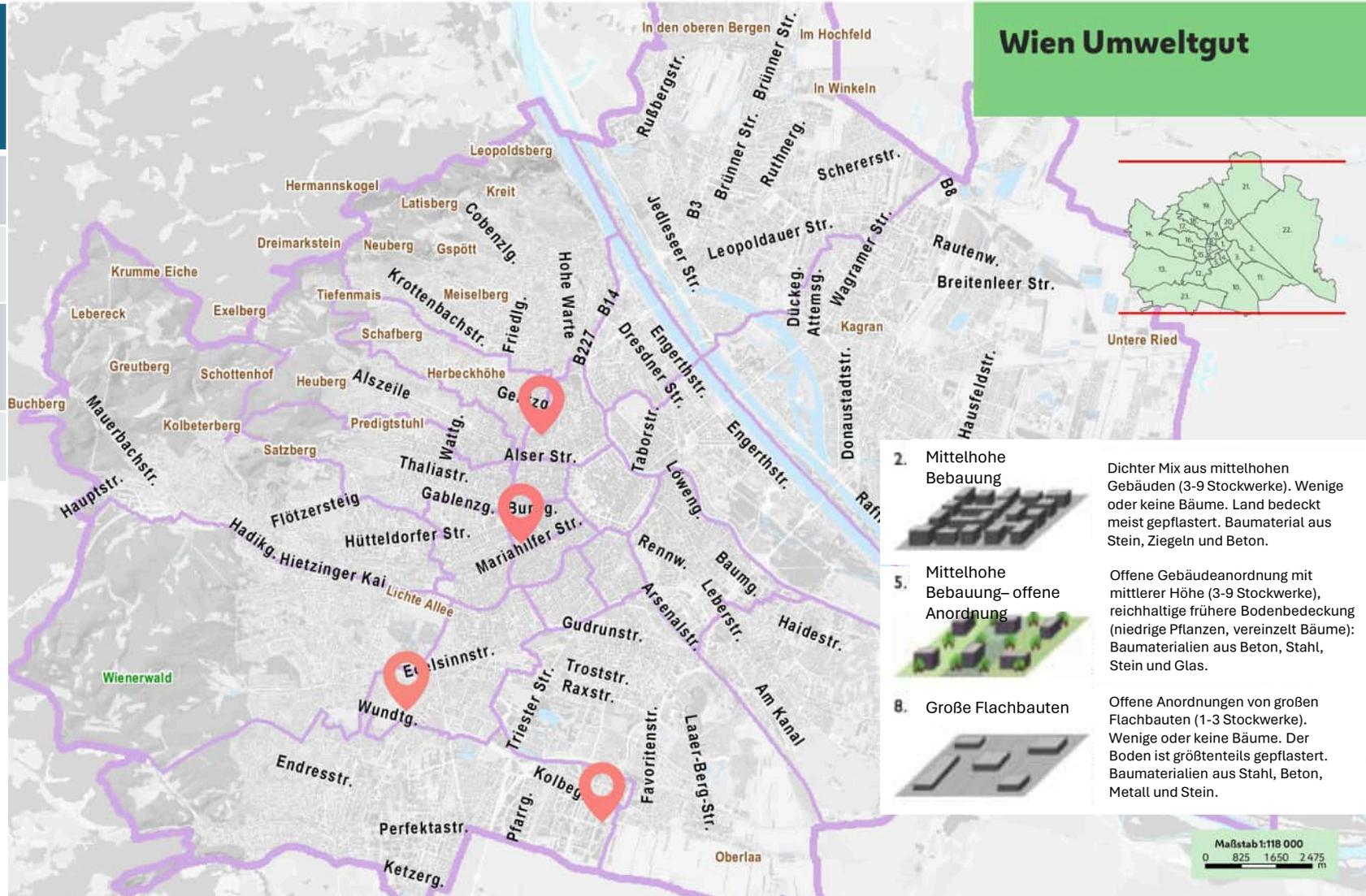
Überblick Projekt



Gründachmessungen – Ergebnisvorstellung

Gründach-Lysimetermessungen

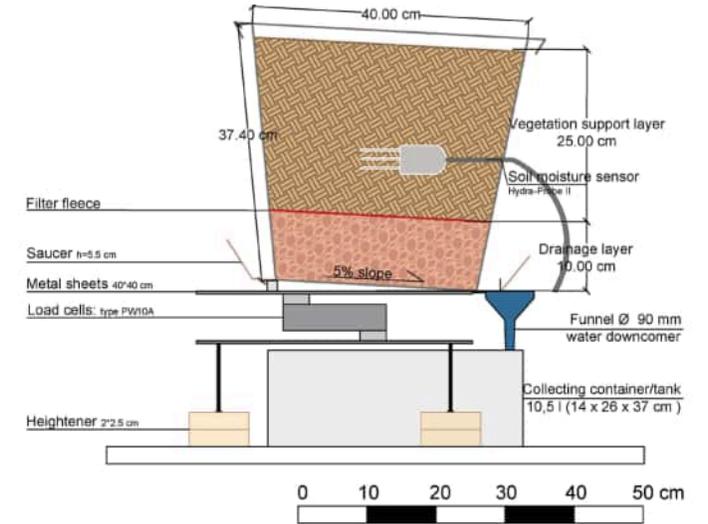
	LCZ
AKW	Mittelhohe Bebauung
KAN	Mittelhohe Bebauung
JAE	Mittelhohe Bebauung– offene Anordnung
REW	Große Flachbauten



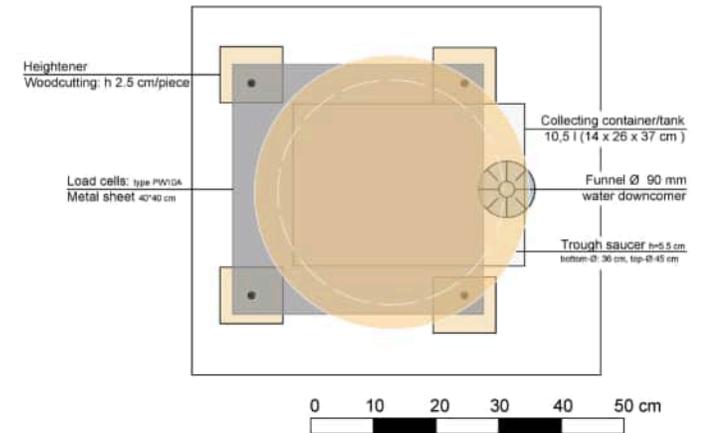
Gründach-Lysimetermessungen



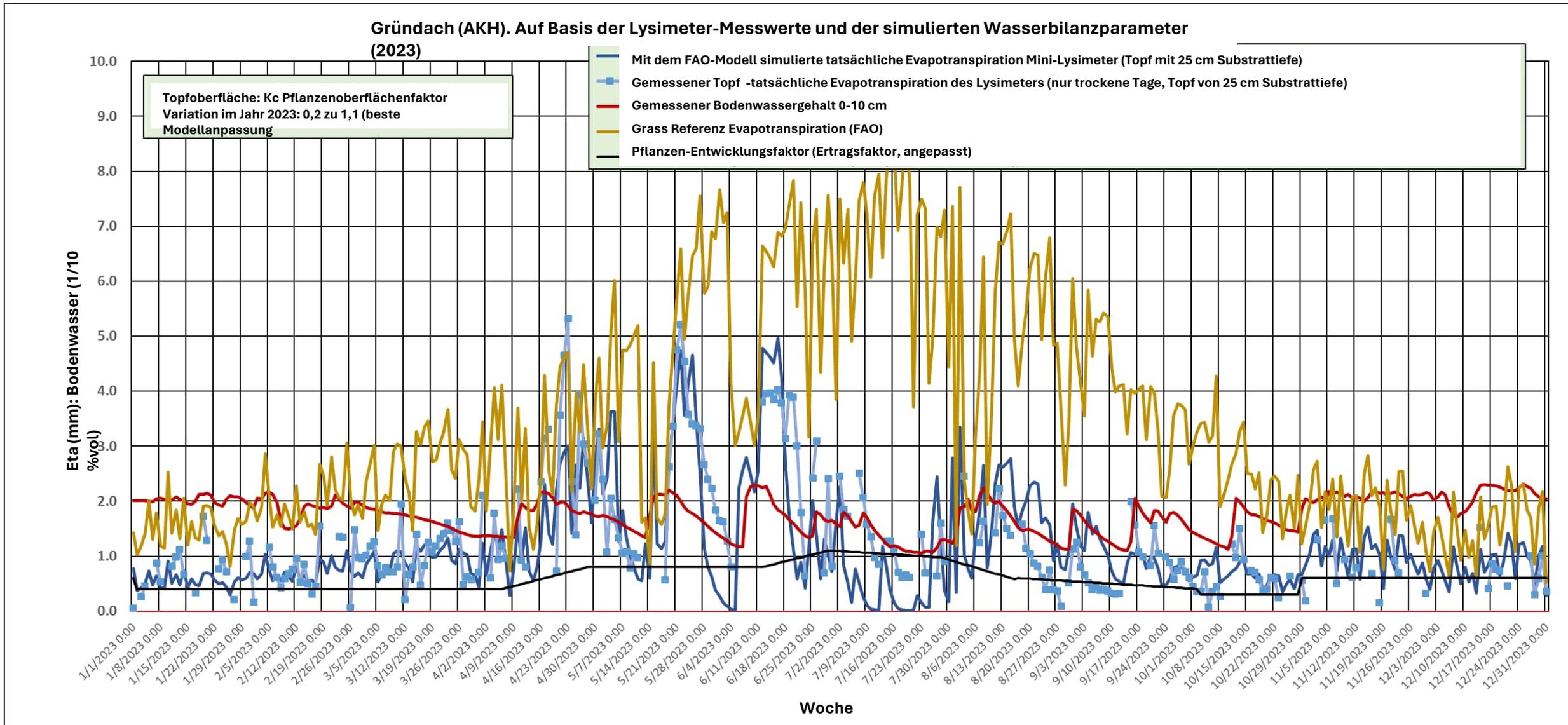
Aufbau der Lysimeteranlage
(Querschnitt)



Aufbau der Lysimeteranlage
(Draufsicht)

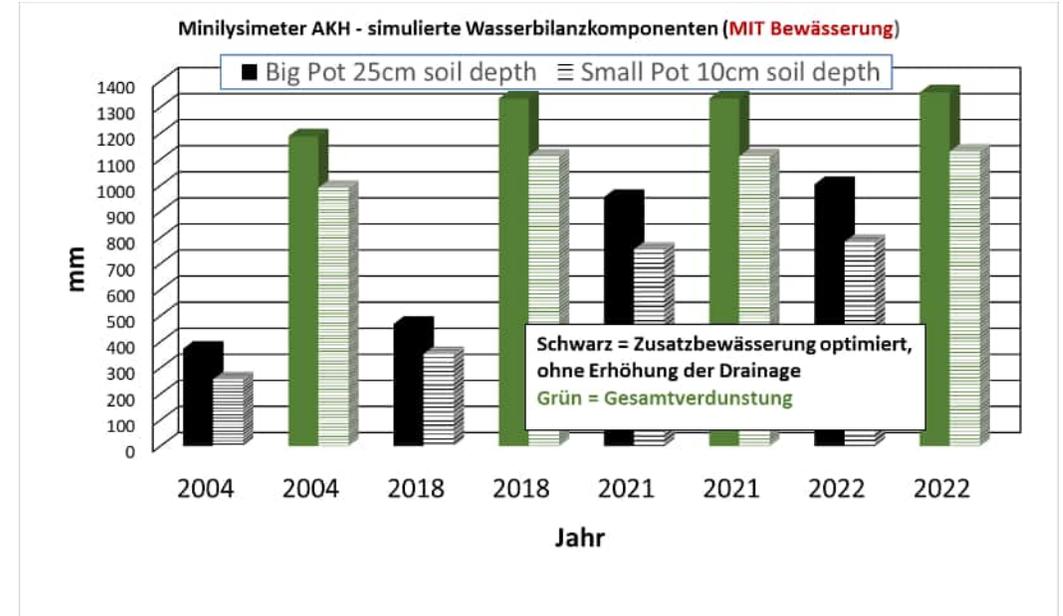
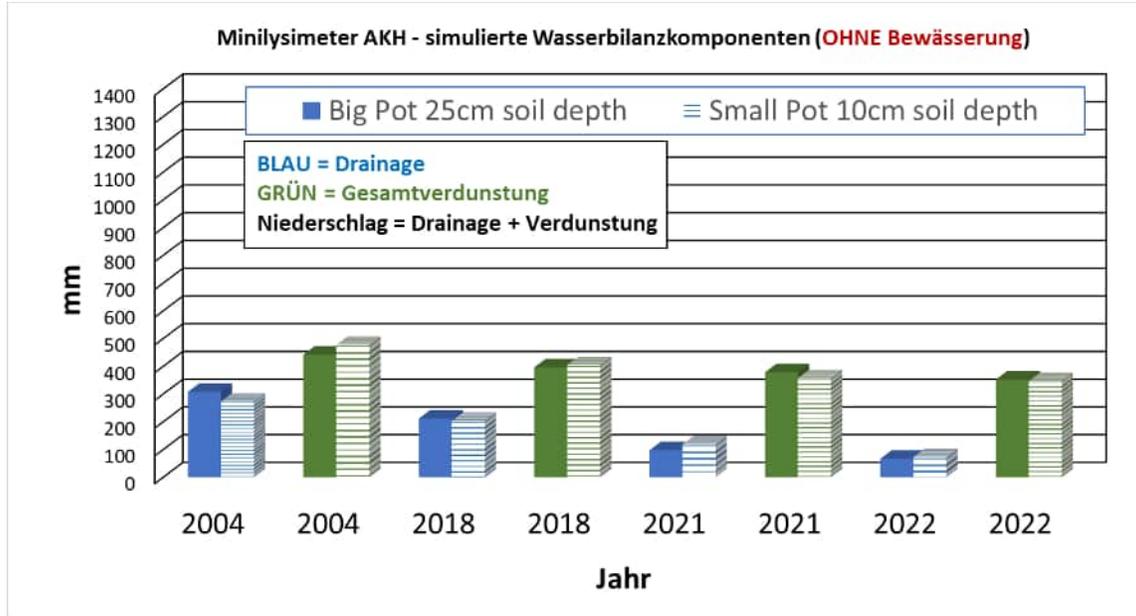


Gründach-Messungen vs. Eta-Simulation (Beispiel AKH 2023)



Simulierte Wasserbilanz von Gründachbedingungen einzelner vergangener Jahre

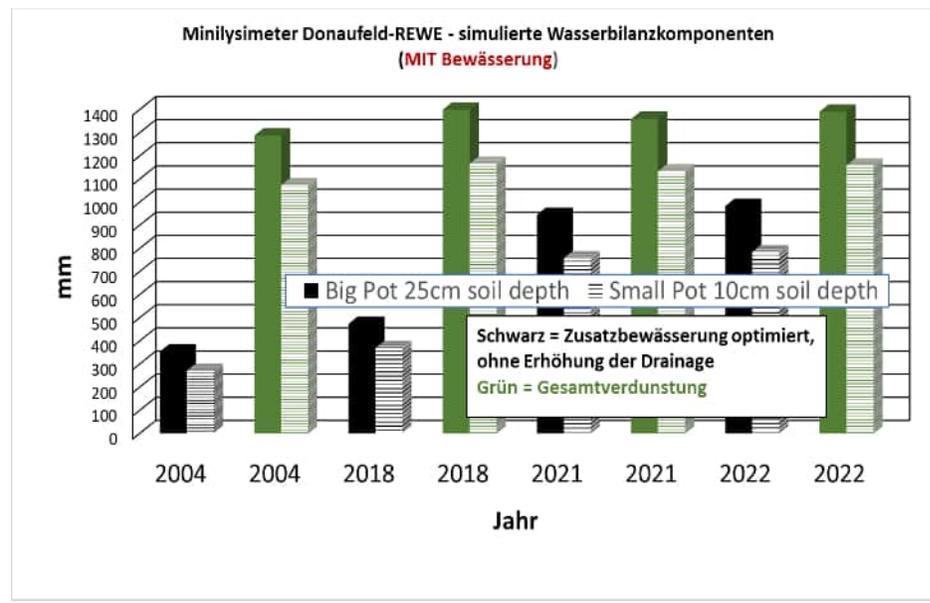
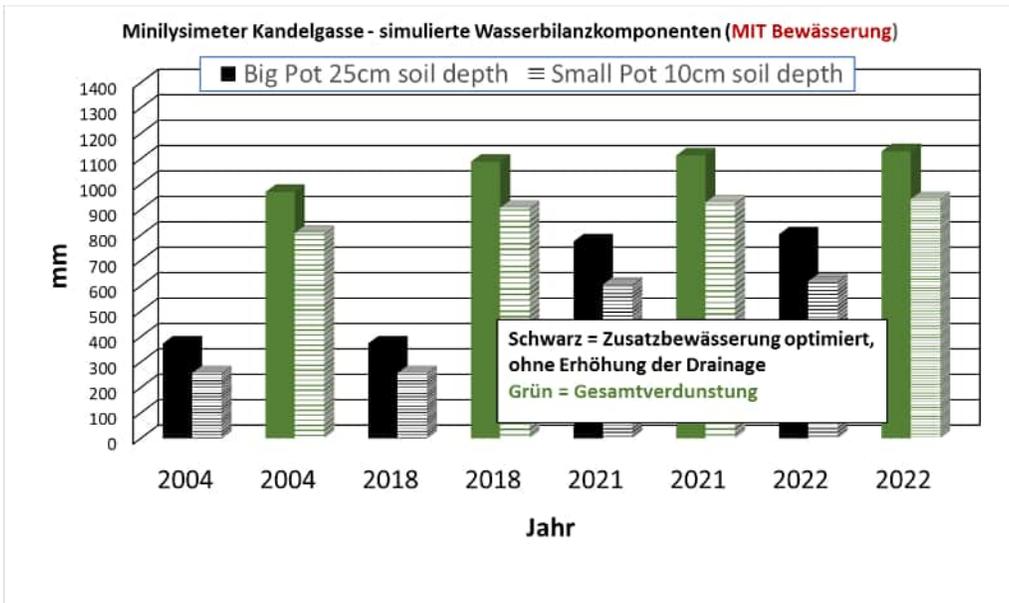
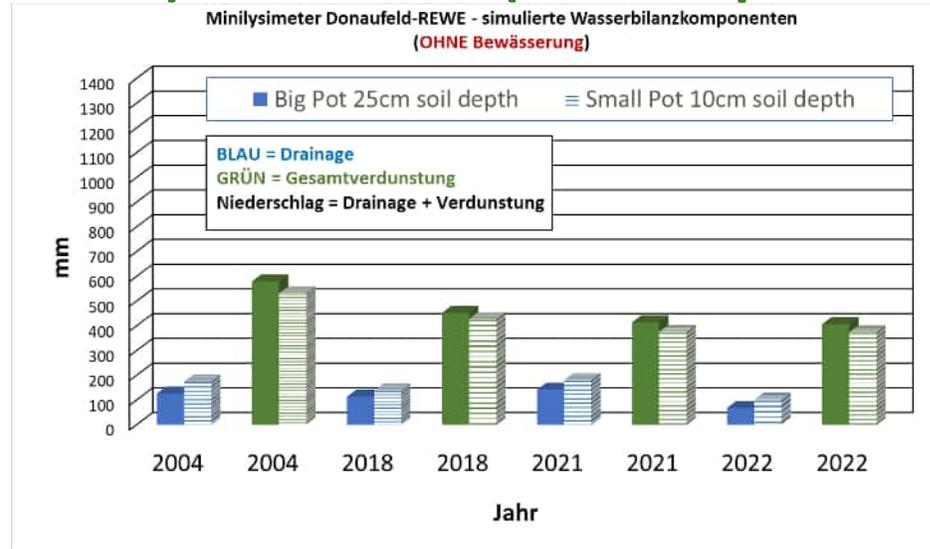
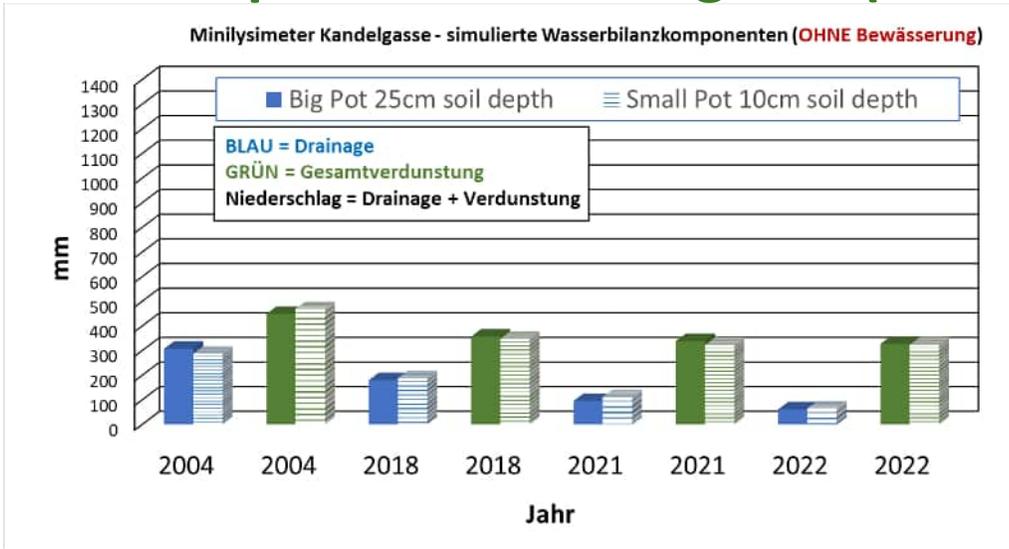
Example site: AKH (wind exponiert)



- Relativ geringe Unterschiede bei Eta und Drainage zwischen 25 cm und 10 cm Bodentiefe (auf Topfbasis).
- ca. 3-facher Anstieg von Eta (und damit verbundener Kühleffekt) bei optimaler Bewässerung.
- Optimale Bewässerungsmenge zwischen 260 und 1000 mm zwischen nassem und trockenem/heißen Sommer.

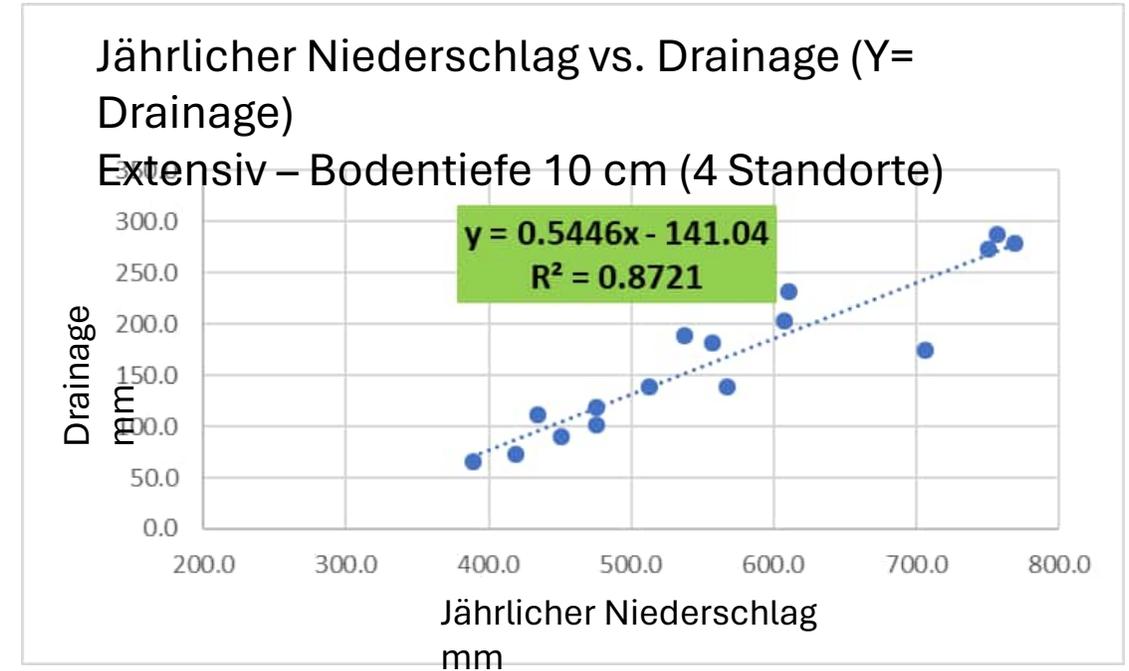
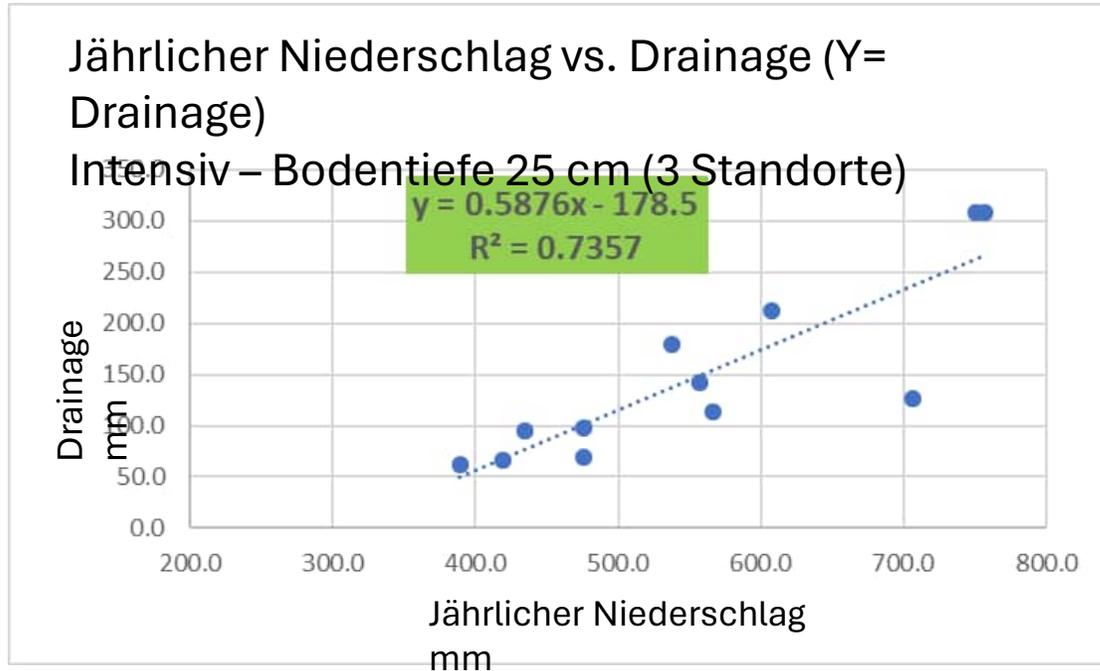
Simulierte Wasserbilanz von Gründachbedingungen einzelner vergangener Jahre

Example sites: Kandelgasse (wind geschützt) und REWE (wind exponiert)



Niederschlag vs. Entwässerung

4 Jahre (2004, 20018, 2021, 2022), all Standorte, 25cm vs. 10cm Bodentiefe



- Relativ geringe Unterschiede in der Drainage zwischen 25 cm und 10 cm Bodentiefe (auf Topfbasis).
- Signifikantere Reaktion bei Töpfen mit 25 cm Bodentiefe, wahrscheinlich durch verringerte Vegetationsbedeckung/aktivität verursacht aufgrund von Trockenheitsstress (die Vegetationsart war empfindlicher gegenüber Trockenstress)

Mikroklimasimulationen

Town and Energy Balance (TEB) model

- prognostisches numerisches urban canopy (“Stadtklima”) Modell
- basierend auf physikalischen Gleichungen
- offline / online Modus (gemeinsam mit atmosphärischem Modell)
- Stadt wird als Dach, Straße und zwei gegenüberliegenden Wänden repräsentiert
- berechnet:
 - lang- und kurzwellige Strahlung im Canyon
 - Energiebilanz aller Oberflächen
 - Wärmespeicherung – und abgabe
 - Aerodynamischer Widerstand

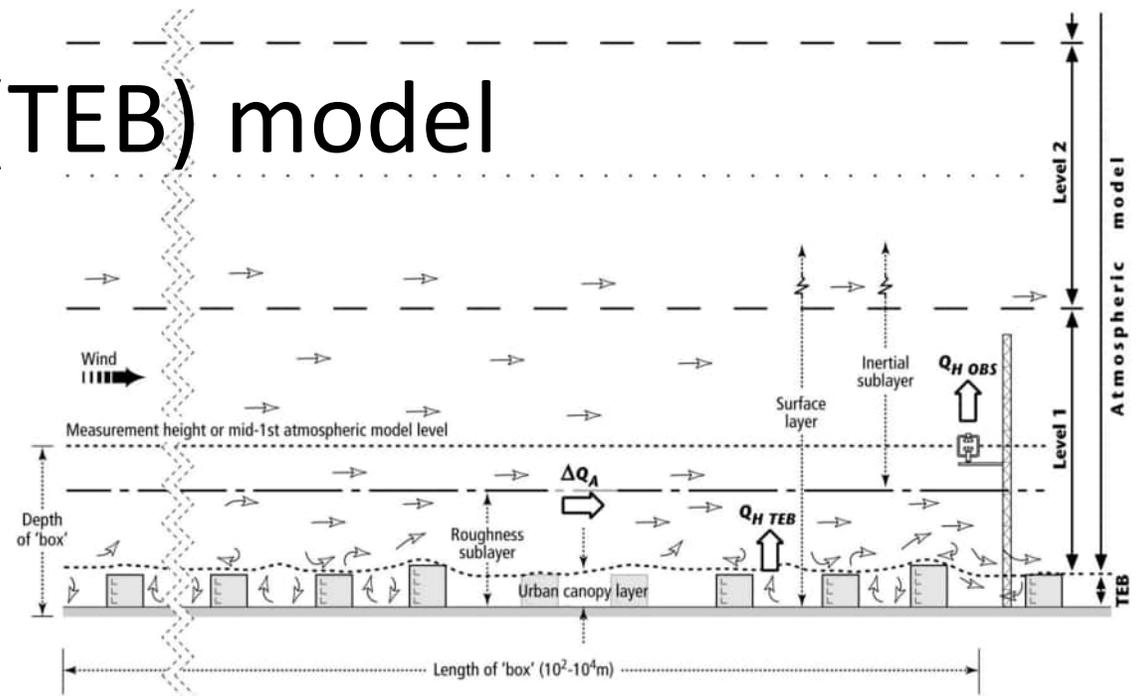


FIG. 1. Coupling of TEB within an atmospheric model with relation to measured and modeled variables. Dashed lines are the limits of the atmospheric grid boxes. Dotted lines are the middle of each grid box. For definition of the box see text. Here ΔQ_A is the advection flux below the measurement height.

Source: Masson V, Grimmond C.S.B and Oke T.R., 2002, Evaluation of the Town Energy Balance (TEB) Scheme with Direct Measurements from Dry Districts in Two Cities

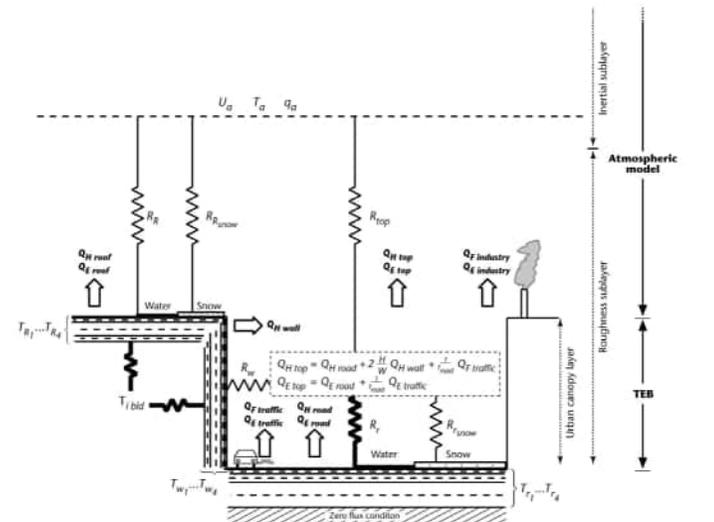


FIG. 2. Schematic representation of the surfaces (roof, wall, road indicated by subscript R_r , w , and r , respectively), prognostic temperatures (T), and aerodynamic resistances (R) used in TEB and the output fluxes. Resistances shown with thick lines have been altered from the original scheme (Masson 2000). Thus, $Q_{ETEB} = I_{sun} Q_{E,roof} + I_{sun} Q_{E,w} + Q_{E,industry}$ and $Q_{ETEB} = I_{sun} Q_{E,roof} + I_{sun} Q_{E,w} + Q_{E,industry}$.

Town and Energy Balance (TEB) model

zusätzliche Entwicklungen inkludieren:

- Gebäude Energie Modell (Bueno et al. 2012)
- Gründächer (Munck et al. 2013)
- Solar Panele (Masson et al. 2014)
- Straßenbäume (Redon et al. 2017)

Straßenbäume wurden vor kurzem (2022) in das land surface scheme SURFEXv9 integriert.

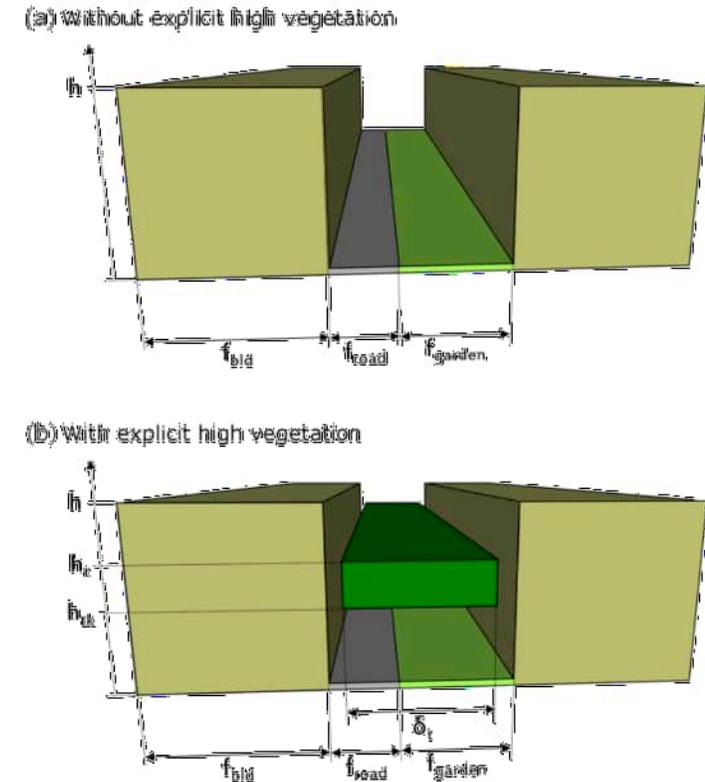


Figure 1. Comparison of the spatial arrangement of elements composing the urban canyon and of associated geometric parameters applied in the TEB model in the reference case (top) and in the case with explicit high vegetation (bottom).

ausgewählter Standort:

Bebauungsanteil: 0.46

Straßenanteil: 0.38

Anteil niedriger Vegetation: 0.13

Gebäudehöhe: 19.5 m

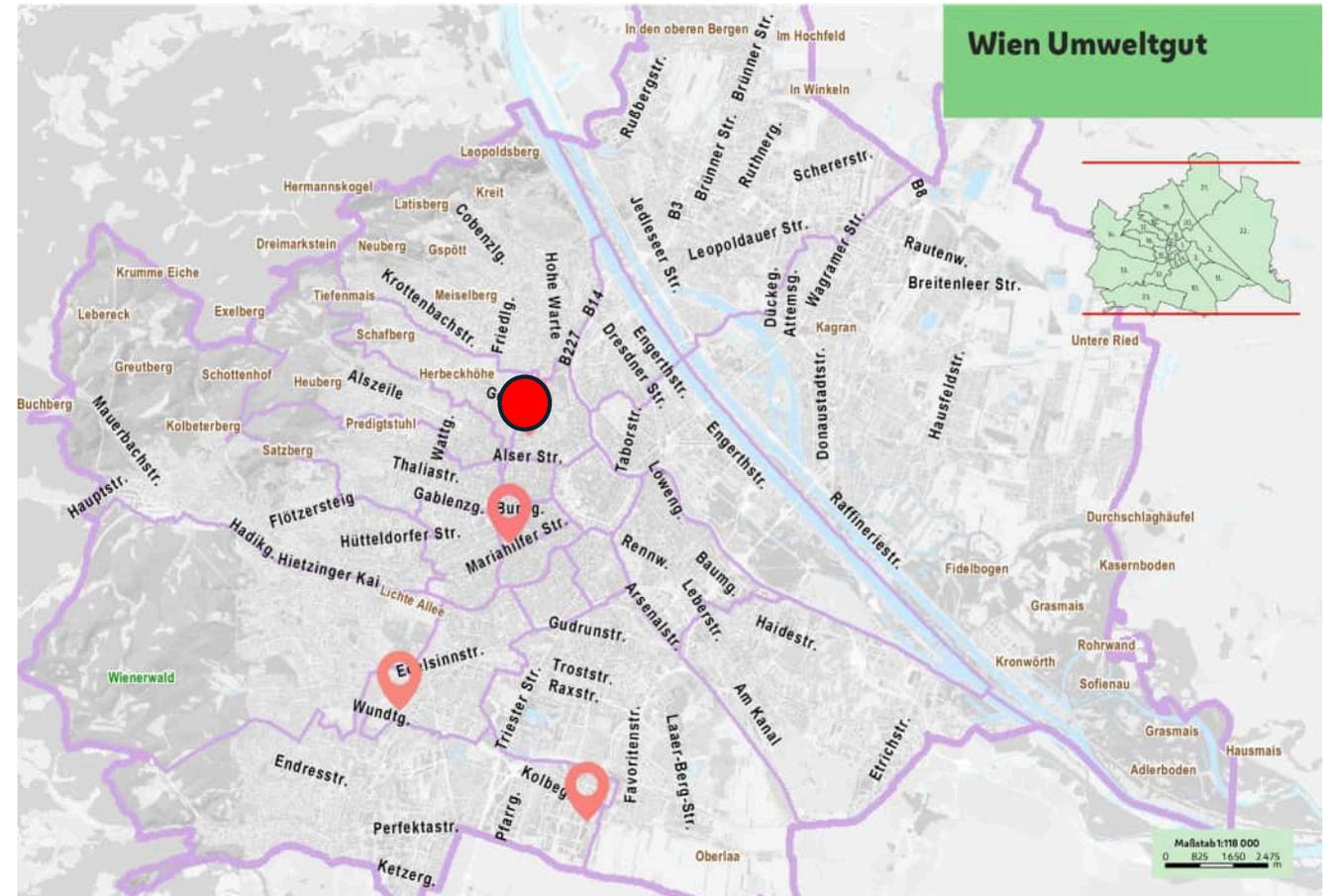
therm. Leitfähigkeit Dach 1.7 W/mK

therm. Leitfähigkeit Wände 1.4 W/mK

2. Compact midrise



Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.



Szenarien Maßnahmen

- Gründach(bew.) Gründach, Gras 15 cm Substrat (bewässert)
- Strassenbäume (bew.) Straßenbäume, Höhe=12 m, Kronenbreite= 10 m, LAI=6 (bewässert)
- Strassenbäume_licht Straßenbäume, Höhe=12 m, Kronenbreite= 10 m, LAI=2 (bewässert)
- Rasen(bew) gesamter Straßenraum entsiegelt – Rasen, bewässert, keine Bäume

- Photovolatik 100% Photovolatik, Effizienz=18%, Albedo=0.1
- Klimaanlage Klimaanlage an, setpoint: 24 °C

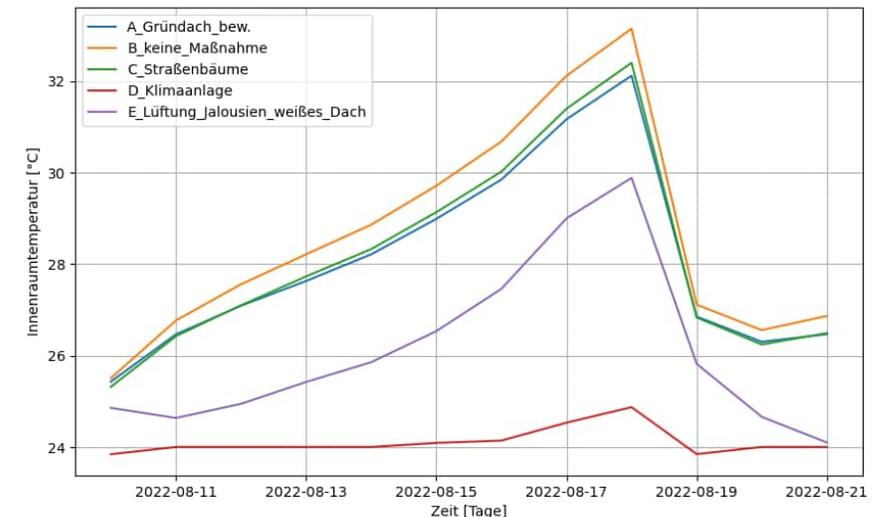
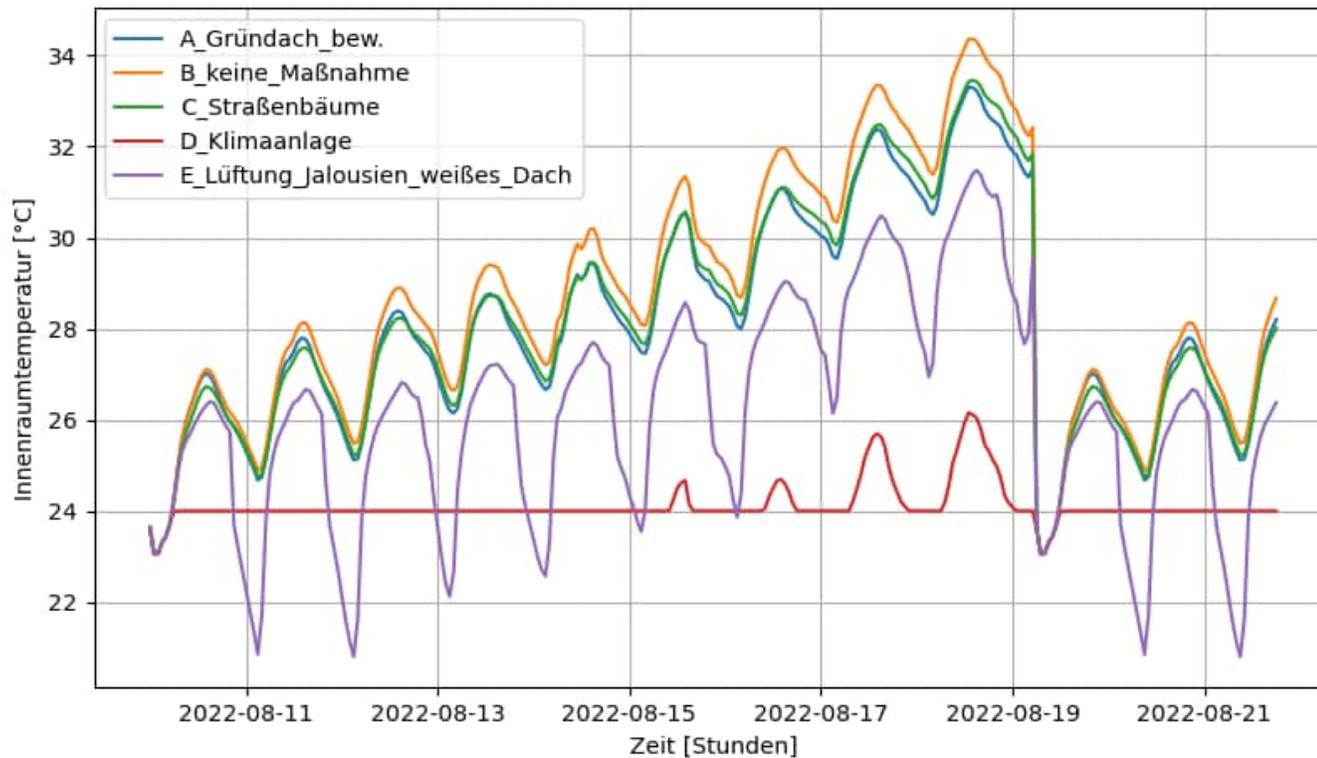
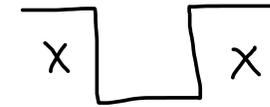
- weißes Dach Dachalbedo = 0.6
- Lüftung_Jalousien_weißes_Dach Nachtlüftung / Jalousien tagsüber + Dachalbedo = 0.6

Zusätzlich:

- S_SEDUM(i) Gründach, Sedum 6 cm Substrate (bewässert)
- S_GRPV 50% Photovolatik, 50% Gründach, Gras 15 cm
- S_PV09 90% Photovolatik, Effizienz=18%, Albedo=0.1
- S_PV40 100% Photovolatik, Effizienz=40%, Albedo=0.1

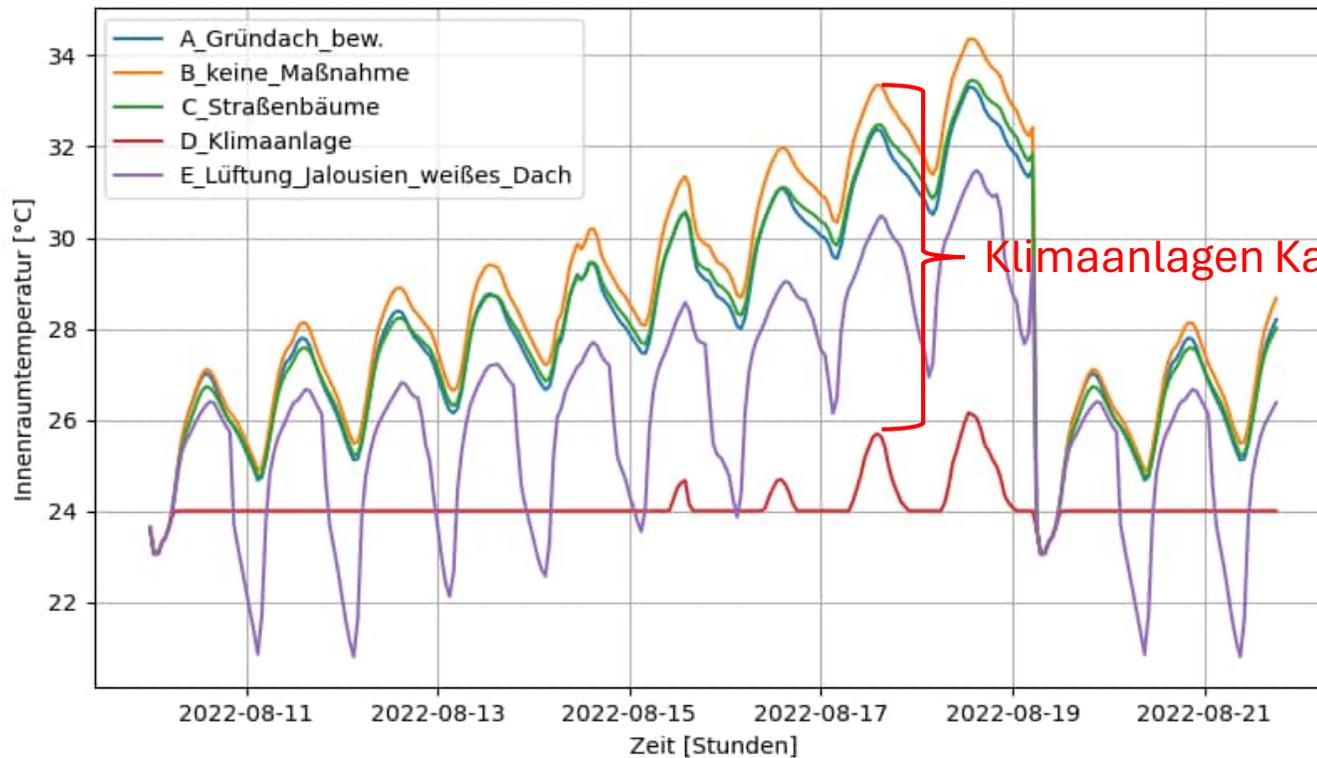
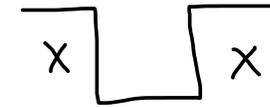
1) Thermischer Komfort im Innenraum

- Indikator: **Innenraum Lufttemperatur**



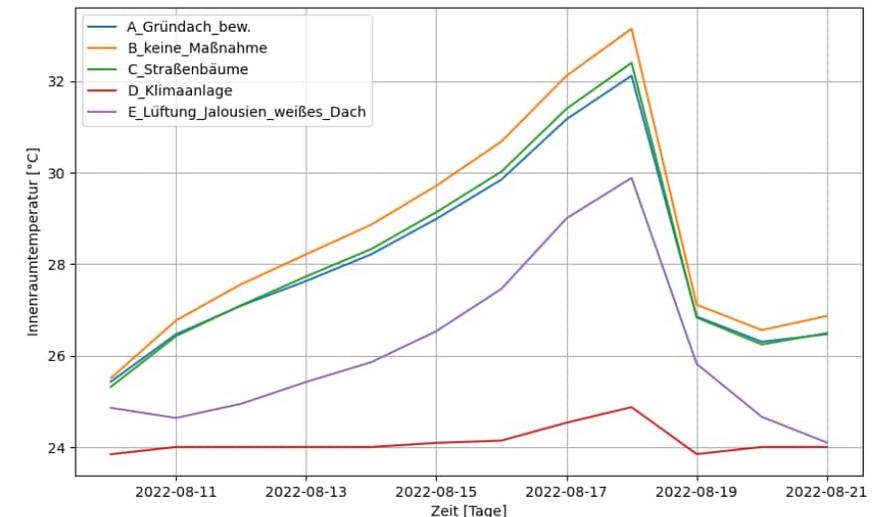
1) Thermischer Komfort im Innenraum

- Indikator: **Innenraum Lufttemperatur**



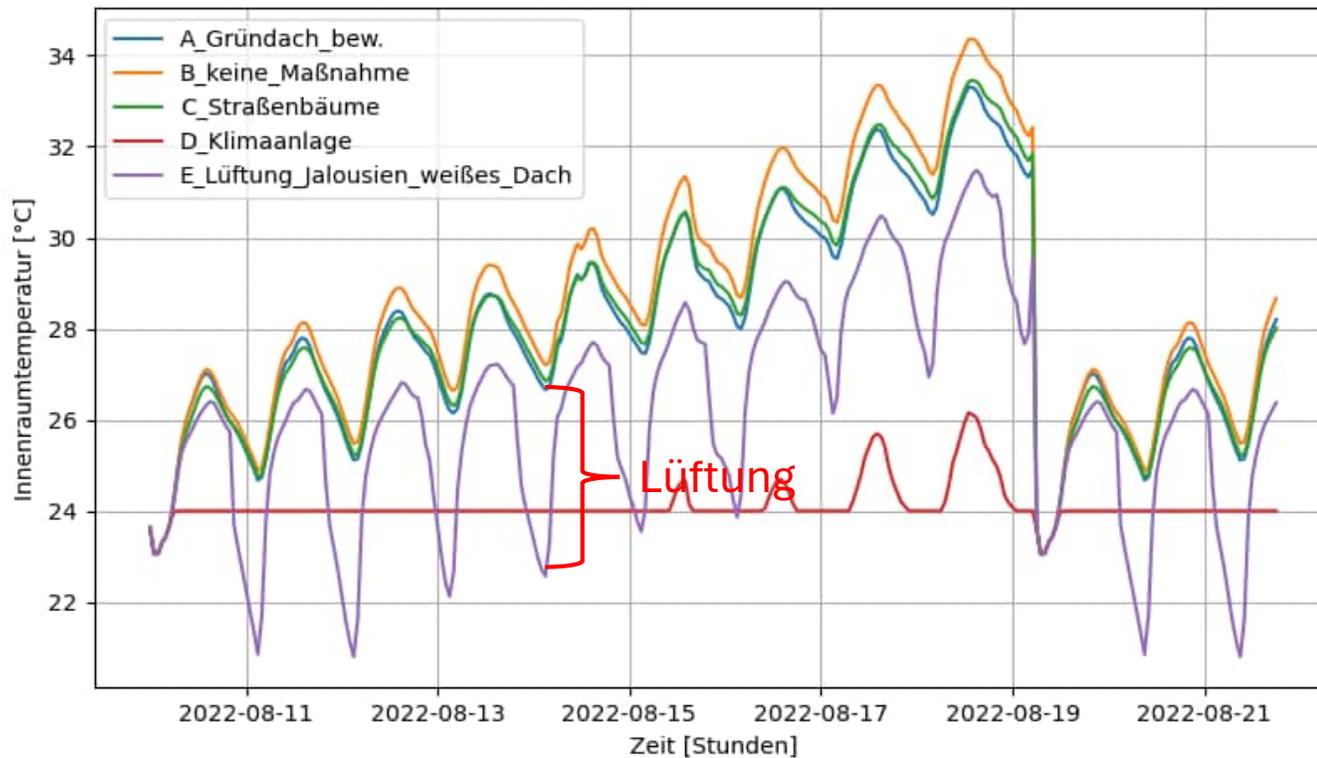
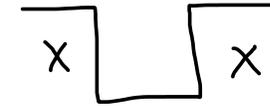
effektivste Massnahme:

1) Klimaanlage



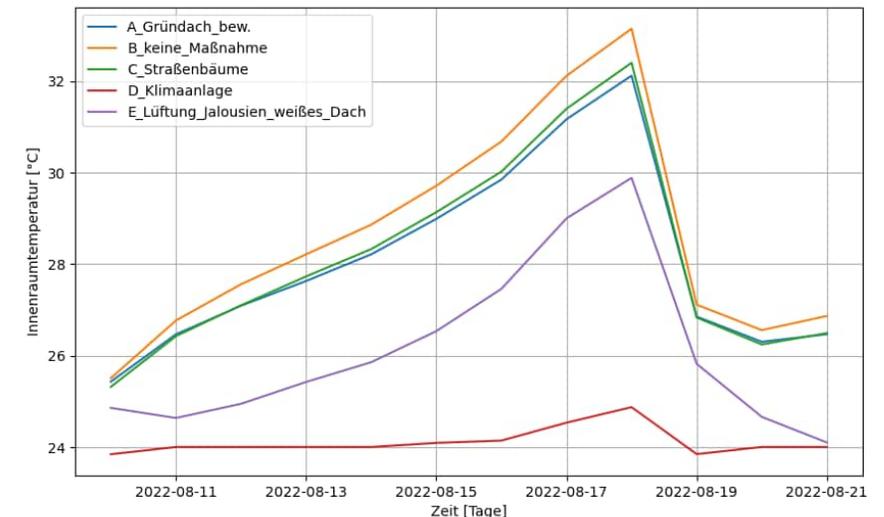
1) Thermischer Komfort im Innenraum

- Indikator: **Innenraum Lufttemperatur**



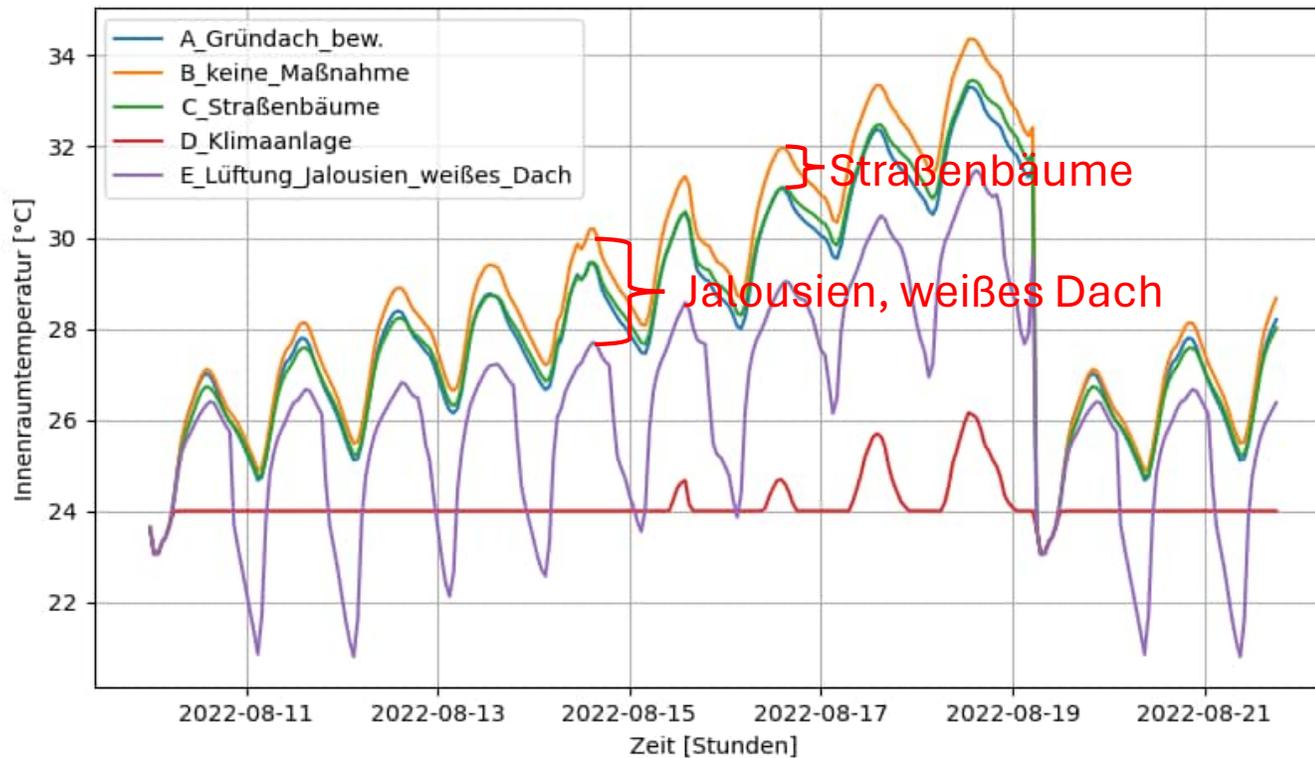
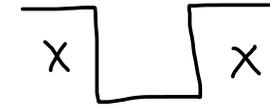
effektivste Maßnahme:

- 1) Klimaanlage
- 2) Nachtlüftung



1) Thermischer Komfort im Innenraum

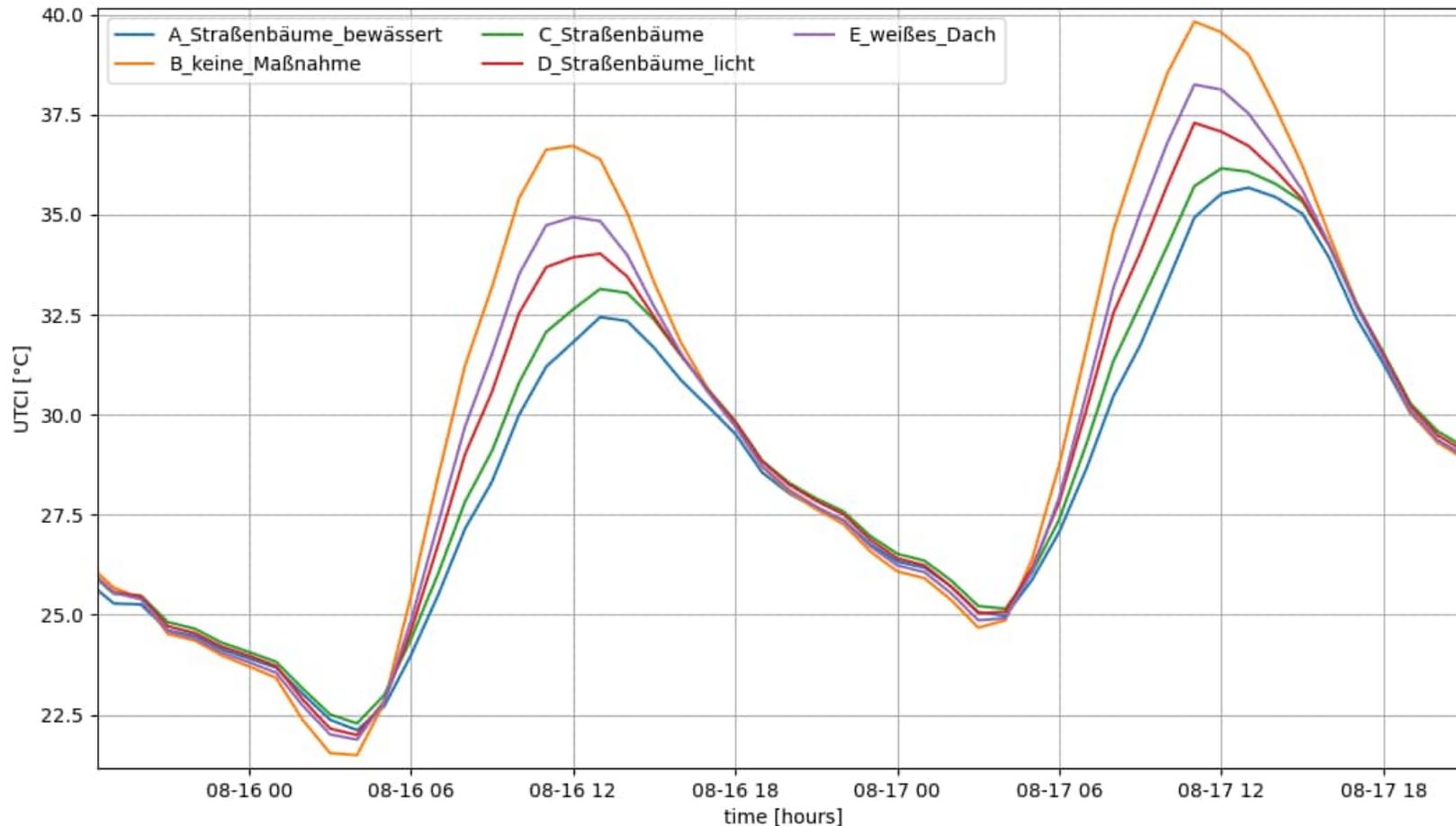
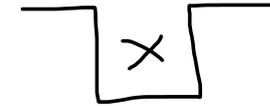
- Indikator: **Innenraum Lufttemperatur**



effektivste Maßnahmen:

- 1) Klimaanlage
- 2) Nachtlüftung
- 3) Jalousien
- 4) weißes Dach
- 5) Straßenbäume
- 6) Gründach, bewässert

2) Thermischer Komfort für Fußgänger - indikator: **UTCI** im Straßenraum



effektivste Maßnahme:

1) Straßenbäume
“Beschattungseffekt”

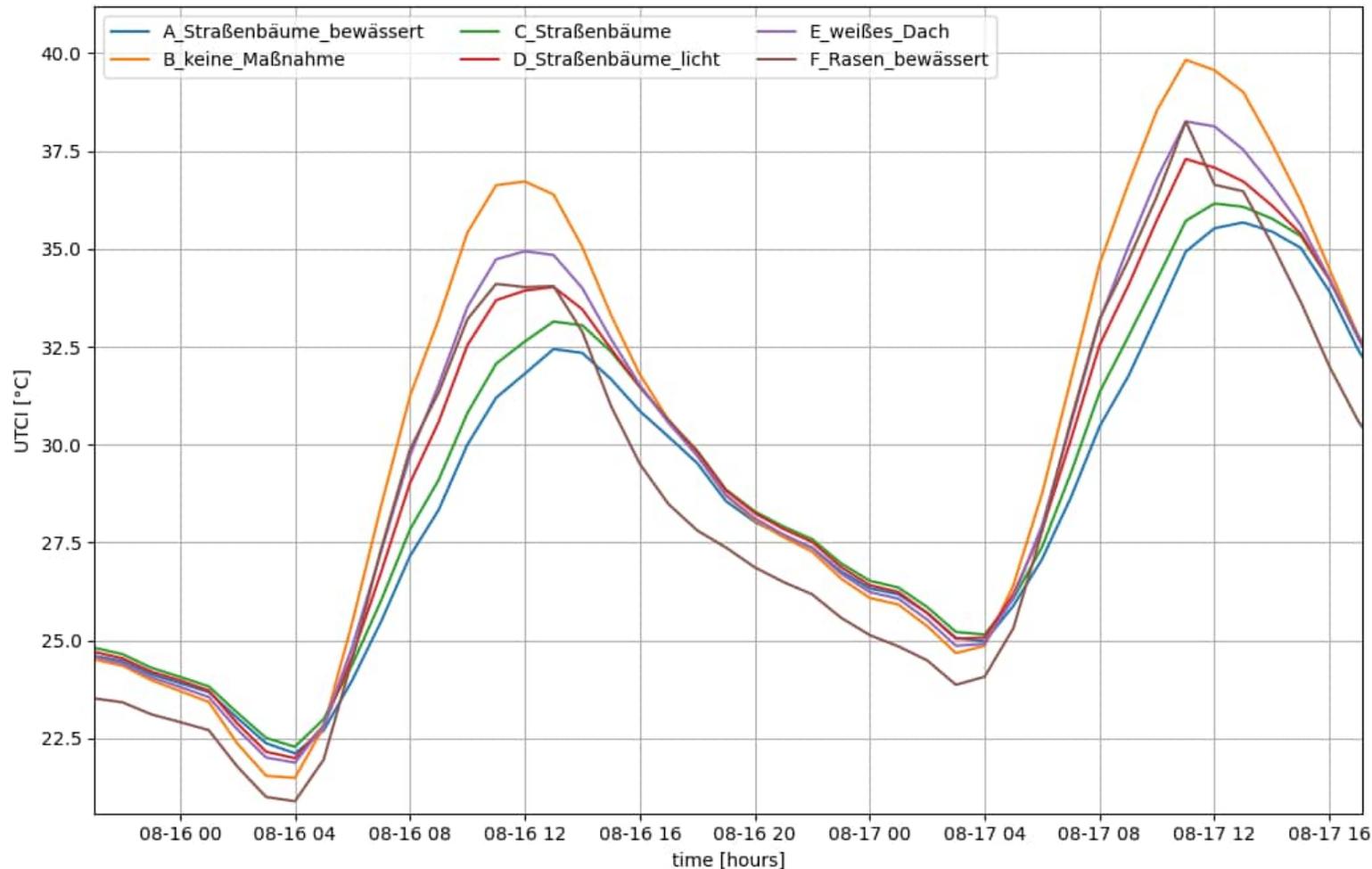
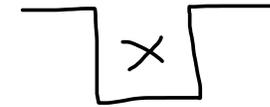
1) LAI=6, bewässert

2) LAI=6

3) LAI=2

2) weißes Dach

2) Thermischer Komfort für Fußgänger - indikator: **UTCI** im Straßenraum



effektivste Maßnahme:

1) Straßenbäume
“Beschattungseffekt”

1) LAI=6, bewässert

2) LAI=6

3) LAI=2

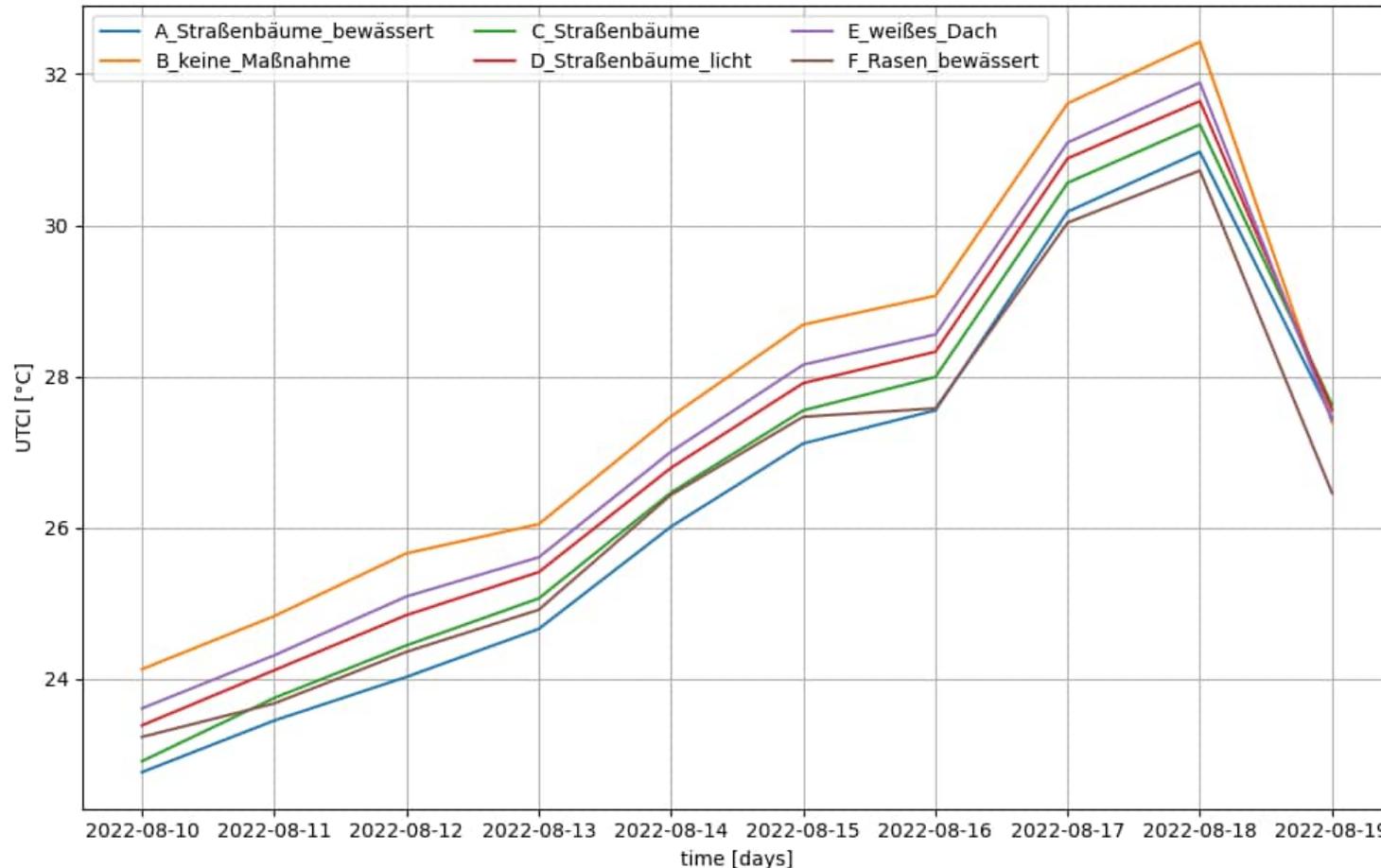
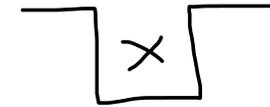
2) weißes Dach

special: bewässertes Rasen

- morgens: wärmer

- abends: kühler

2) Thermischer Komfort für Fußgänger - Tagesmittel **UTCI** im Straßenraum



effektivste Maßnahme:

1) Straßenbäume
“Beschattungseffekt”

1) LAI=6, bewässert

2) LAI=6

3) LAI=2

2) weißes Dach

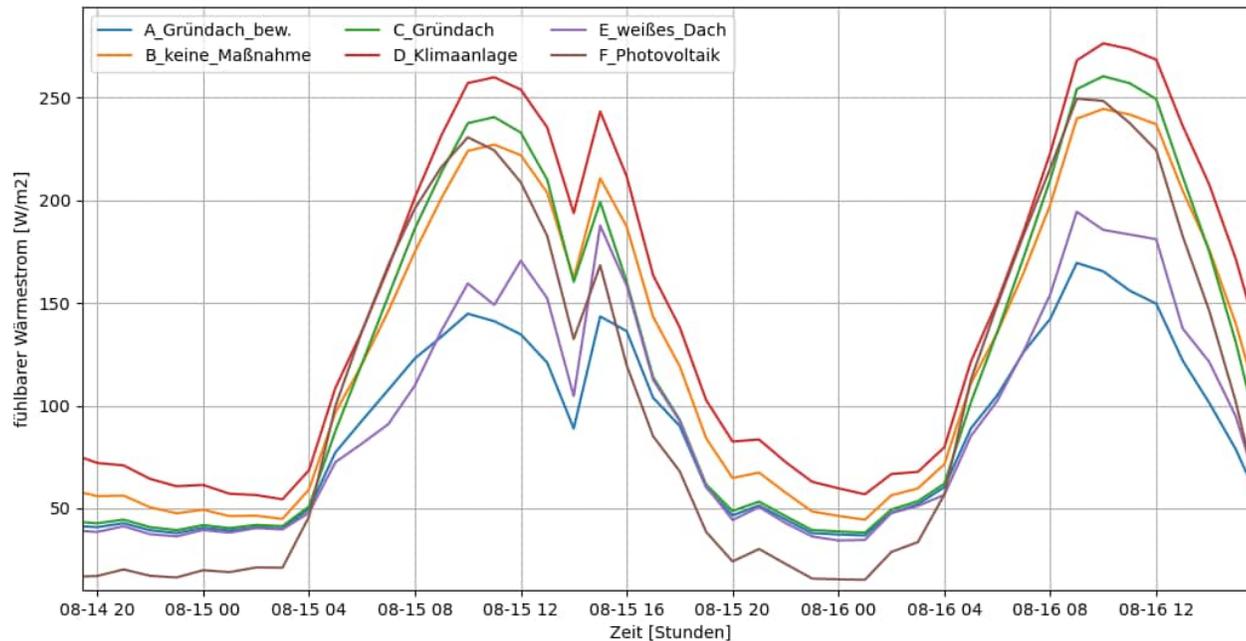
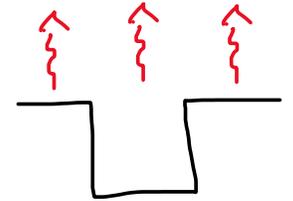
special: bewässerter Rasen

- Anfang HW: wärmer

- Ende HW: kühler

3) Thermischer Komfort – Beitrag zum Stadtklima

- Indikator: **fühlbare Wärme**

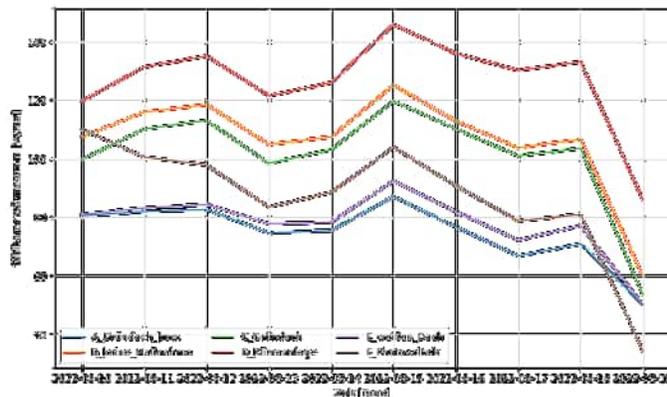


effektivste Maßnahme:

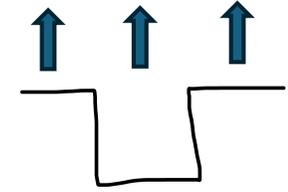
- 1) bewässerte Gründächer
- 2) weißes Dach
- 3) Photovoltaik
- 4) Gründächer

kontraproduktiv

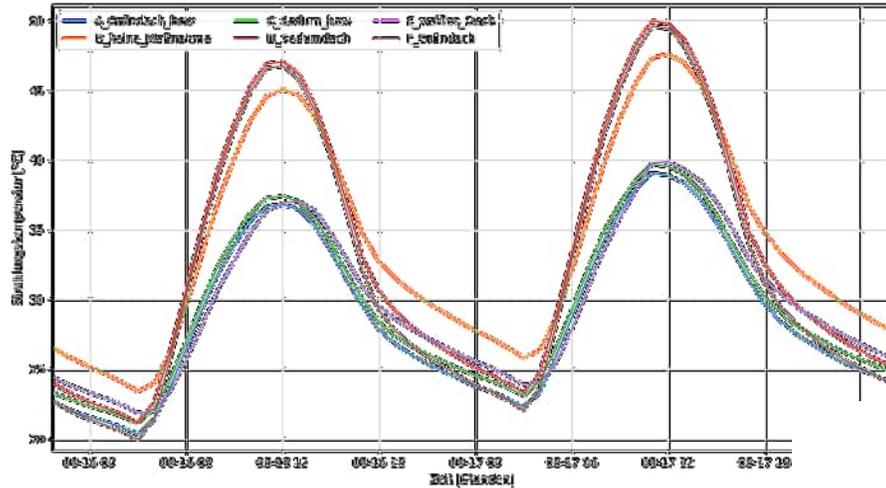
- 1) Klimaanlage



4) Indikator: Strahlungstemperatur

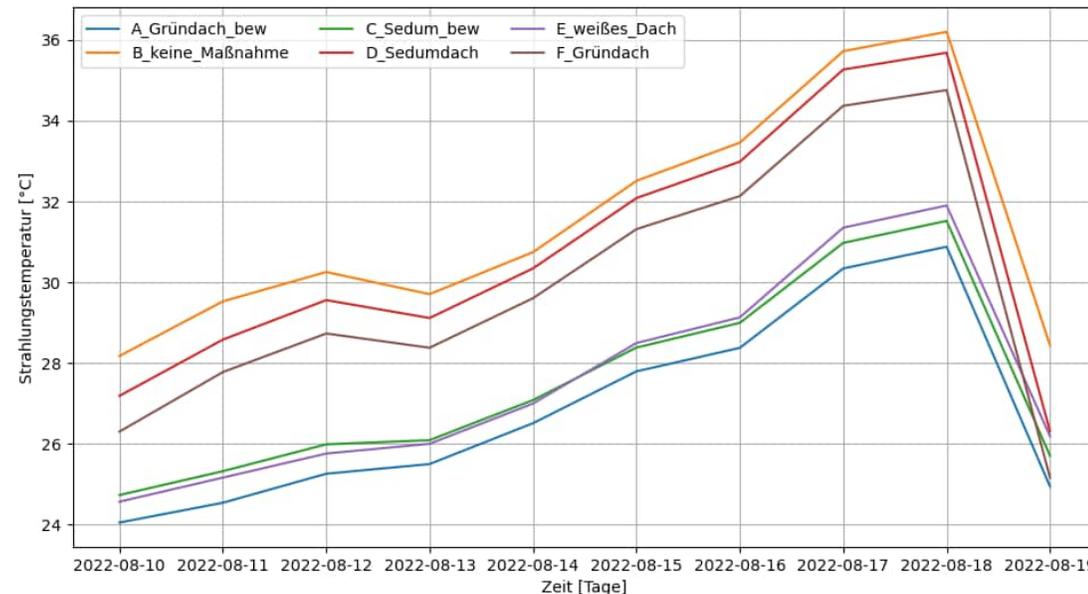


Stunden



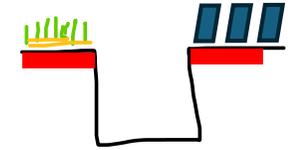
effektivste Maßnahme:

- 1) Gründächer bewässert
- 2) hohes Dachalbedo
- 4) Gründächer nicht bewässert

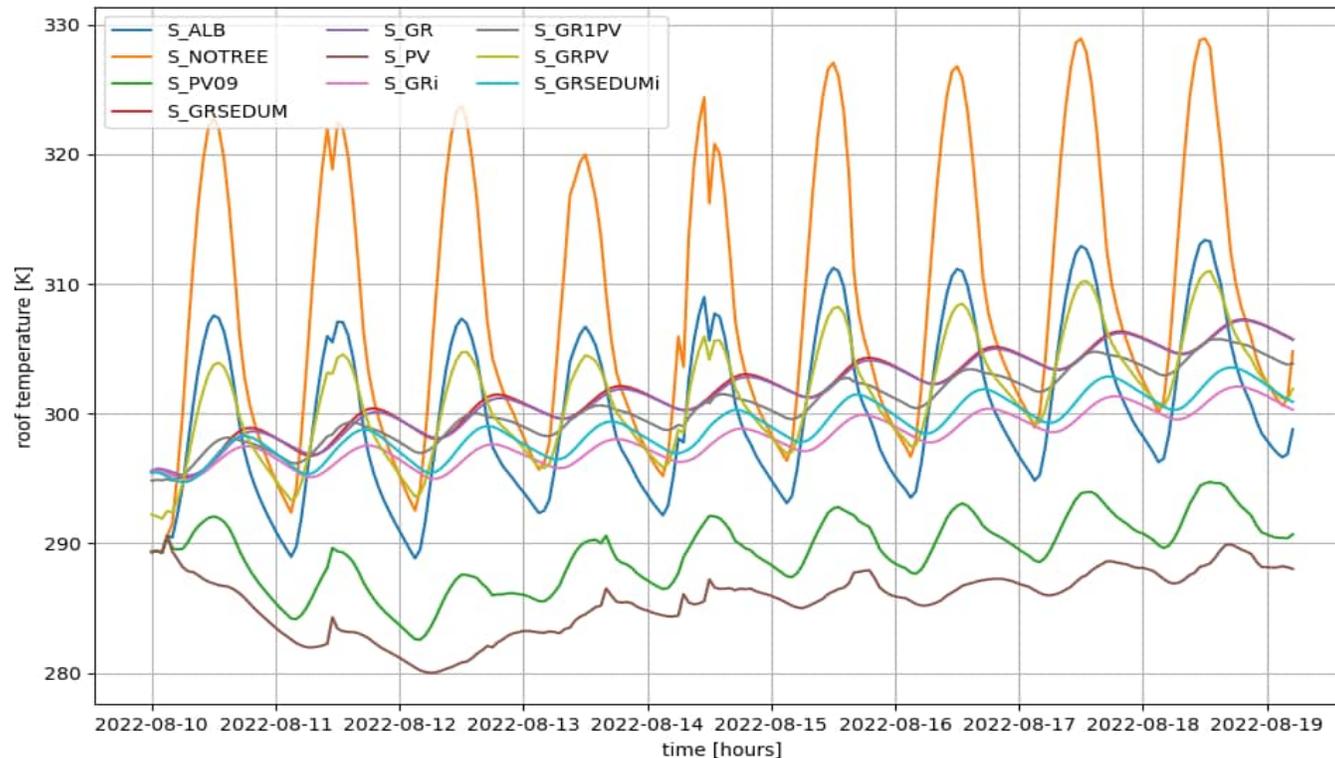


Tagesmittel

5) Indikator: Dachttemperature



(unter Gründach/PV)

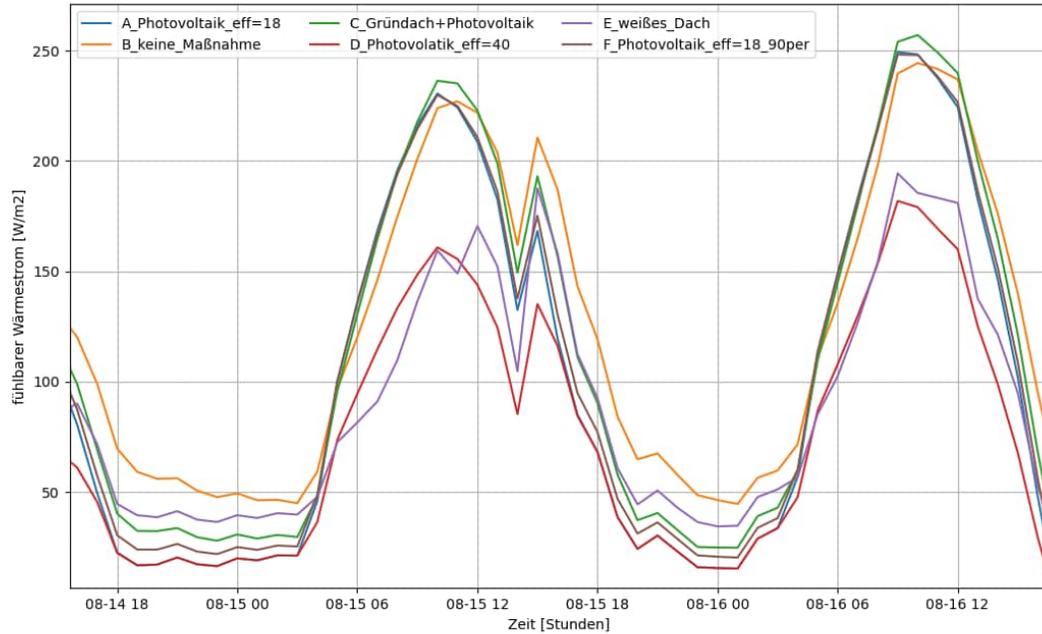
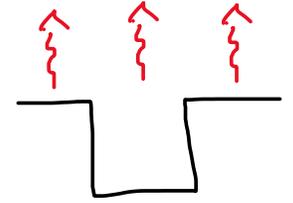


effektivste Maßnahme:

- 1) Photovoltaik
- 2) bewässerte Gründächer
- 3) Gründächer
- 4) hohes Dachalbedo

3b) Thermischer Komfort – Beitrag zum Stadtklima

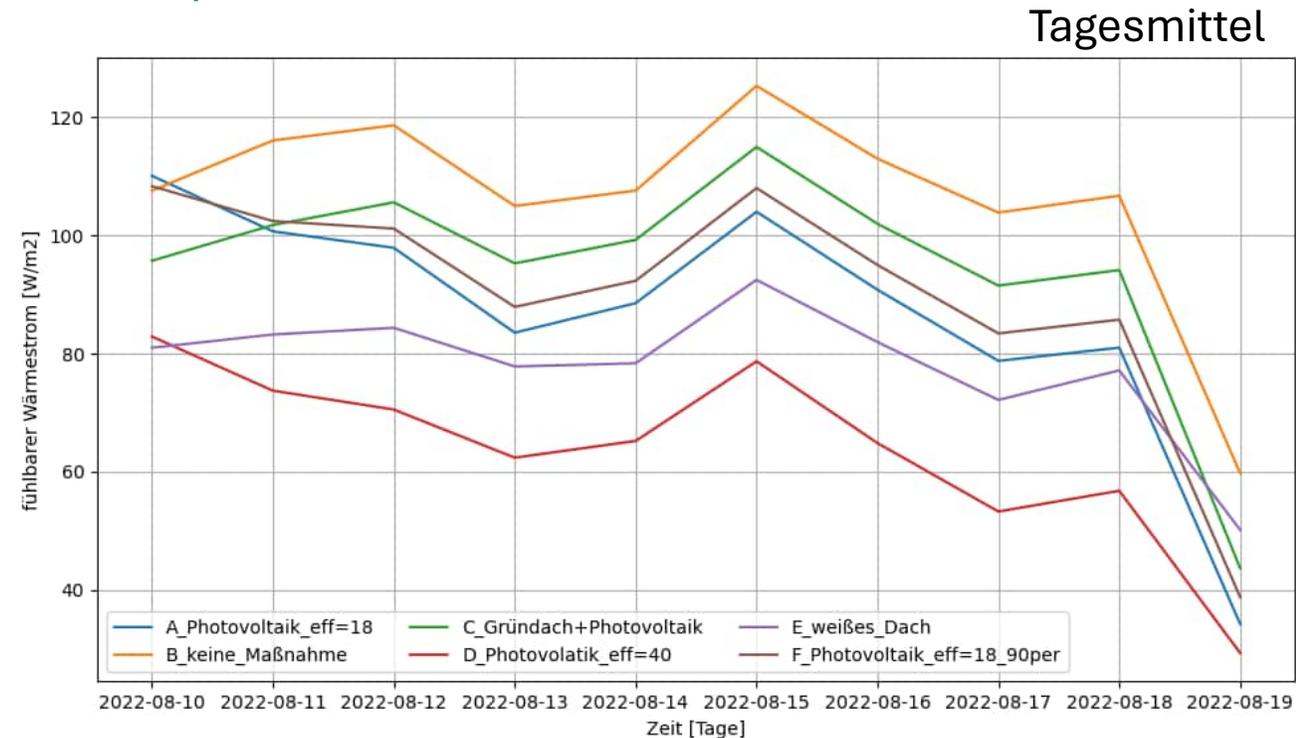
- Indikator: **fühlbare Wärme / PV Special**



Stunden

effektivste Maßnahme:

- 1) high efficient emerging thin film PV 🐜
- 2) weißes Dach
- 3) Photovoltaik 100%



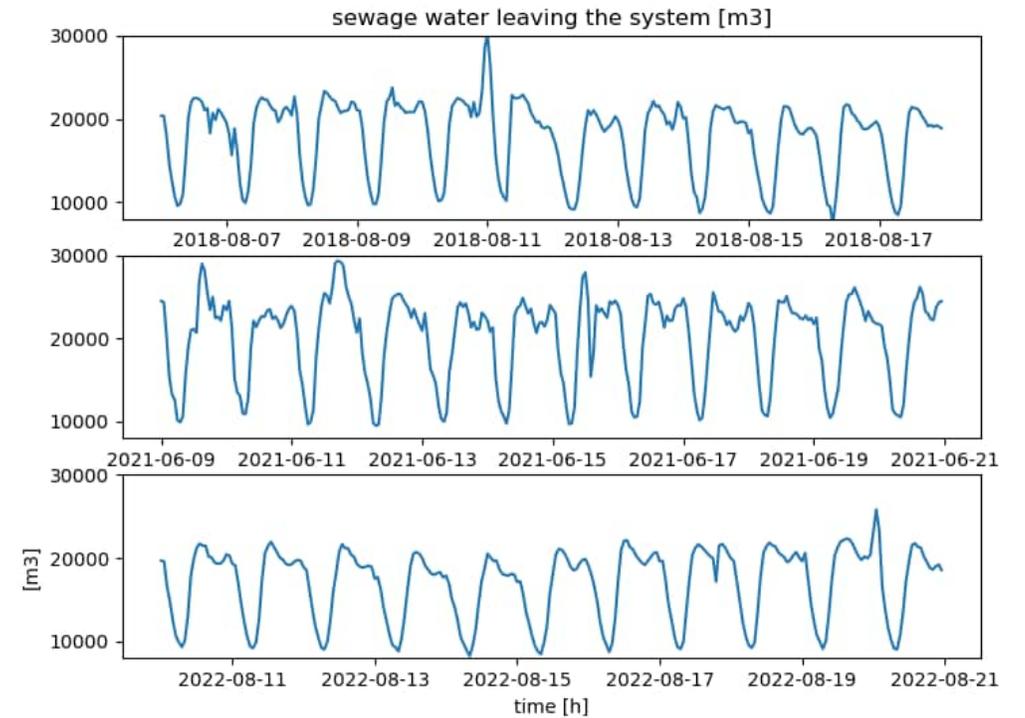
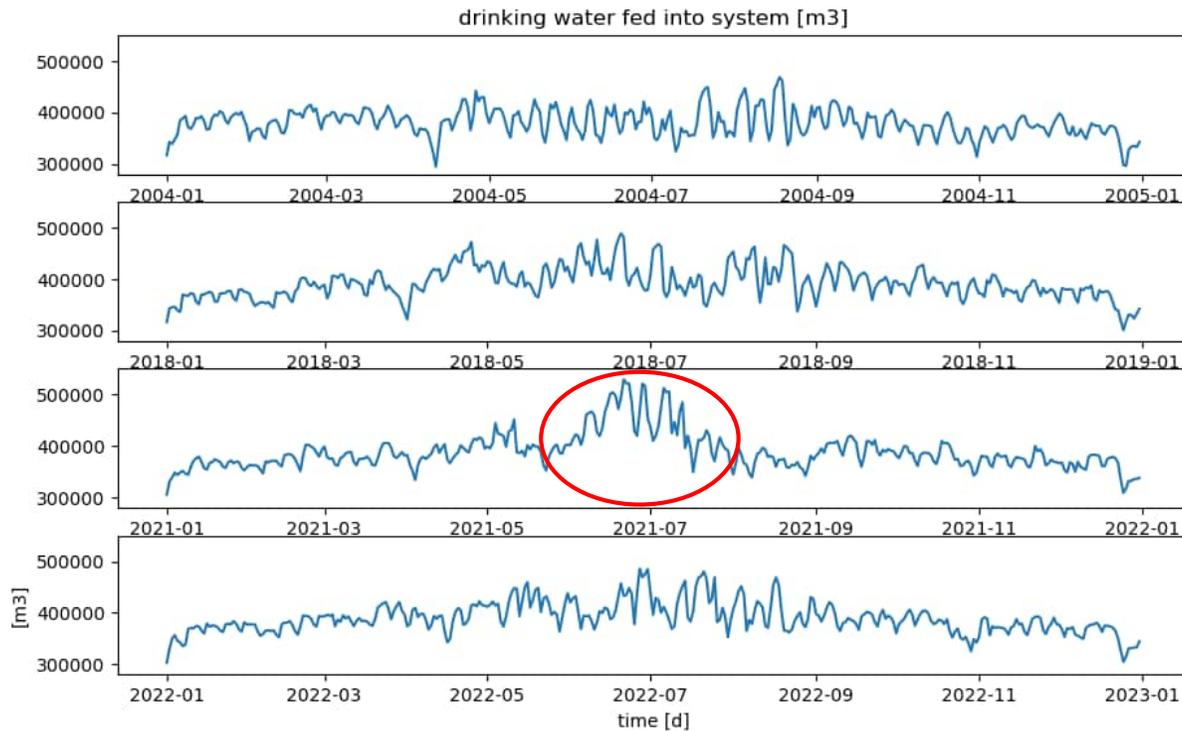
Trinkwasserversorgung Wien



Bewässerungsmengen

- Gründachpotential Fläche: 1 813 ha
(1068 ha (leichte Neigung) + 745 ha (stärkere Neigung))
 - Bewässerung mit 2 mm/d -> 36 260 m³/d
 - Bewässerung mit 7 mm/d -> 126 910 m³/d
- 6 Monate optimale Bewässerung (kein Trockenstress und keine Drainage)
 - “feuchtes” Jahr 2004 : -> 26 000 m³/d
 - “trockenes, heißes Jahr 2022 -> 101 000 m³/d
- Grünflächen auf Bodeniveau: 12 600 ha
 - Bewässerung mit 1 mm/d -> 126 000 m³/d
 - Bewässerung mit 5 mm/d -> 630 000 m³/d
- Total drinking water supply (HQ1+HQ2) = 375 000 m³/d

Zufluss vs. Abfluss (Kanal)



Diskussion: Begrünung und Bewässerung

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (für die Diskussion):

Gründach:

- starke Kühlung der Dächer bei Bewässerung -> Beitrag zur Kühlung der Stadt
- bei Bewässerung kühlt Grassdach stärker als Sedumdach. Ohne Wasser kaum Unterschiede
- Abfluss bei extensive und intensiv ähnlich

Bäume:

- tagsüber starke Beschattung -> Reduktion von Hitzestress
- auch lichte Bäume wirken spürbar

Entsiegelung auf Straßenniveau + Bewässerung im Vergleich zu Bäumen:

- morgens wärmer, jedoch abends stärkere Abkühlung
- bei andauernden Trockenperioden steigt die Wirkung auf den thermischen Komfort

Bewässerung generell:

- desto höher und exponierter Flächen, desto mehr Evapotranspiration (möglich)
- bei voller Bewässerung wird das Trinkwasser knapp – Regen/Nutzwasserpufferung ist notwendig

Anthropogene Wärmeemissionen

Methodik

Untersuchungsort: Wien

415 km²

1,9 Millionen Einwohner

Durchschnittliche Temperatur: 10.9 °C

Top-Down-Methode

Tabelle 1: Datenquellen

Data publisher	Energy source(s)	Time resolution	Spatial resolution
City of Vienna	All inputs	yearly	Vienna
E-Control	Electricity, gas District heating Renewables Biogenic fuels Combustible waste Oil, coal Electricity, gas	15 minutes monthly monthly monthly monthly monthly monthly	Austria Austria Austria Austria Austria Austria Greater Vienna
Statistik Austria	All inputs All inputs	yearly yearly	Austria Vienna
Wiener Netze	Electricity, gas, warmth All inputs	yearly yearly	Vienna Vienna

Wien 2022

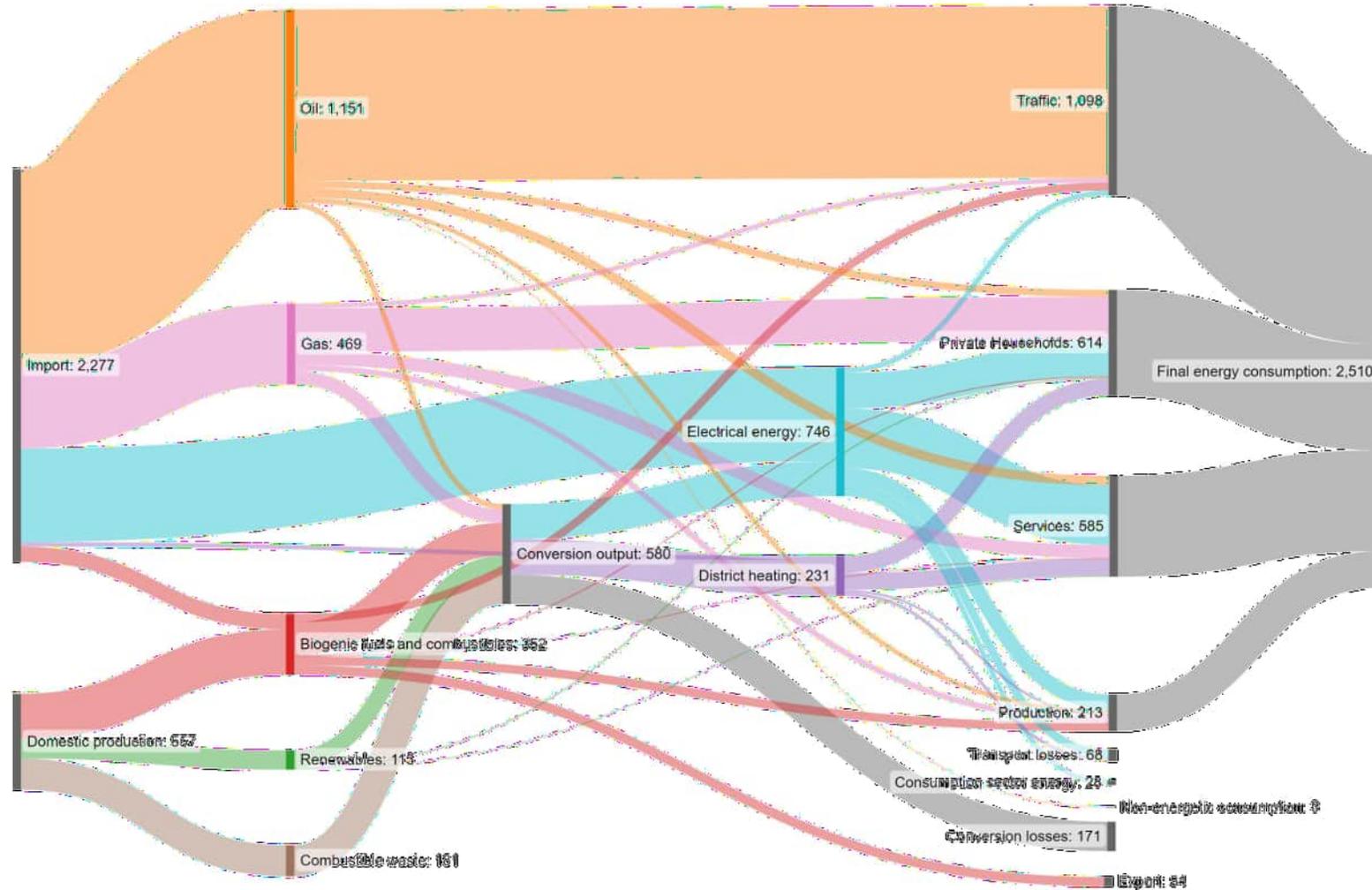


Abbildung 1: Sankey-Flussdiagramm für Wien für August 2022 [GWh]

Wien 2040

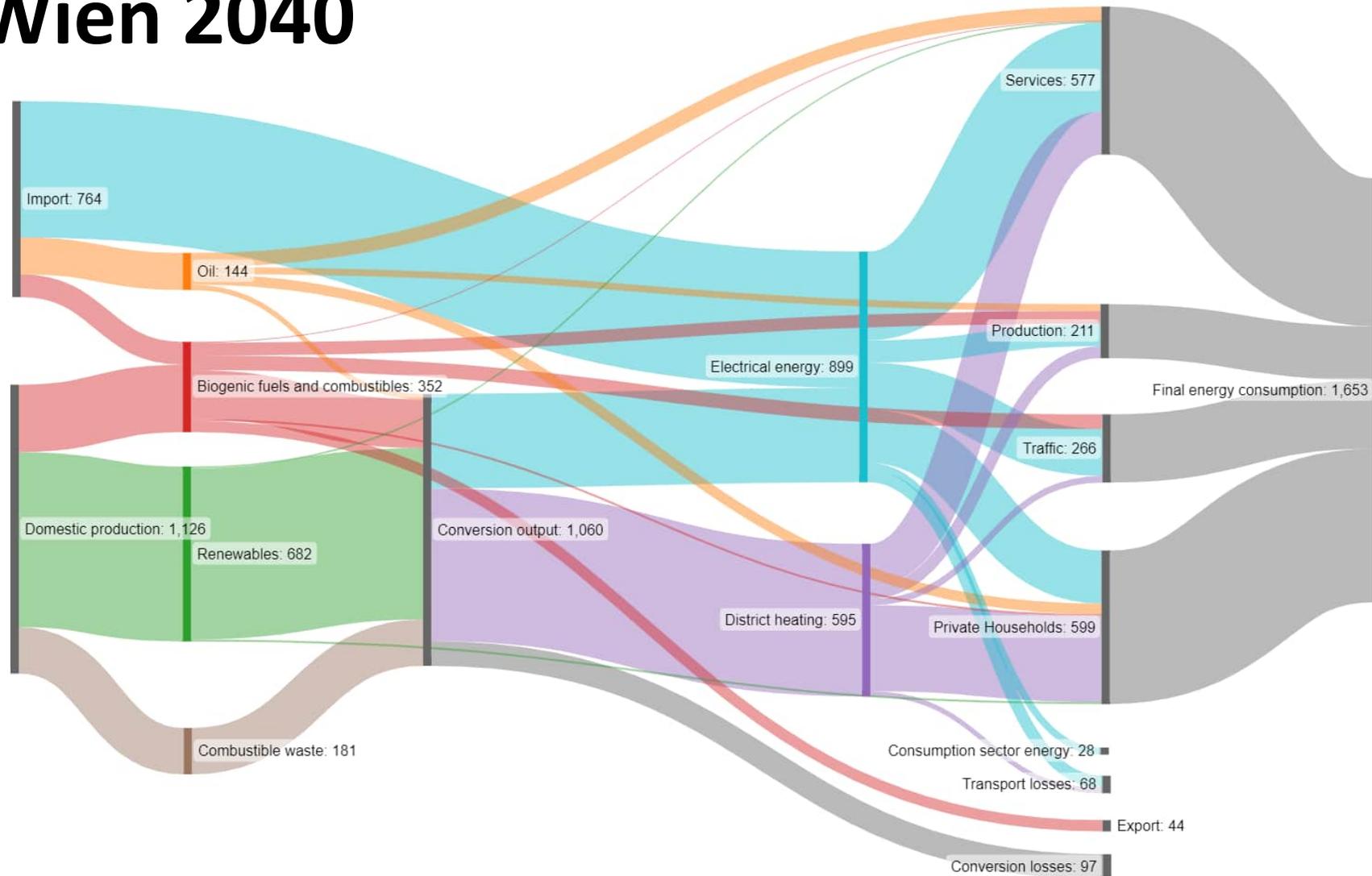


Abbildung 2: Sankey-Flussdiagramm für Wien für August 2040 [GWh]

Wien 2030

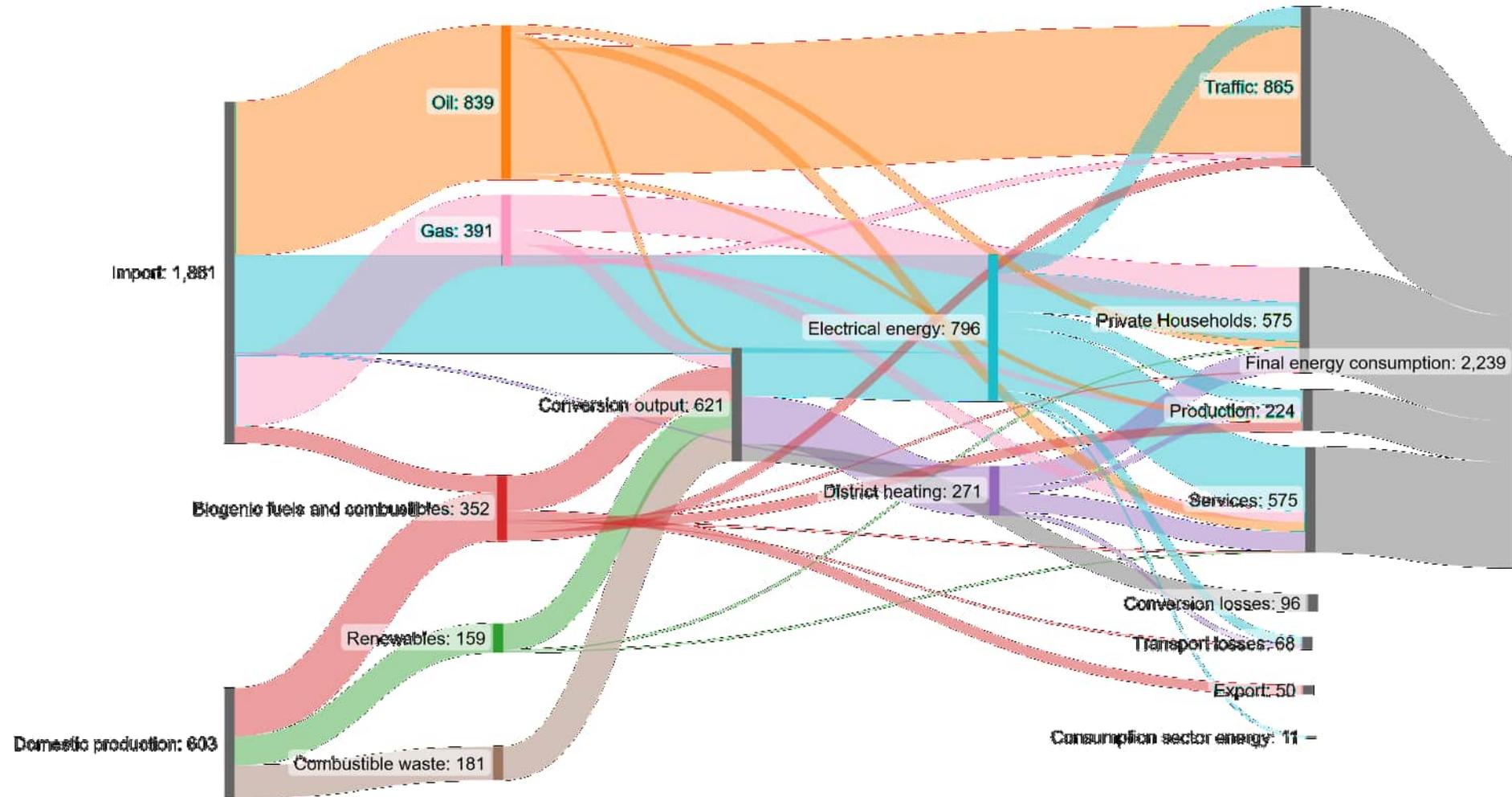


Abbildung 3: Sankey-Flussdiagramm für Wien für August 2030 [GWh]

Energieverbrauch

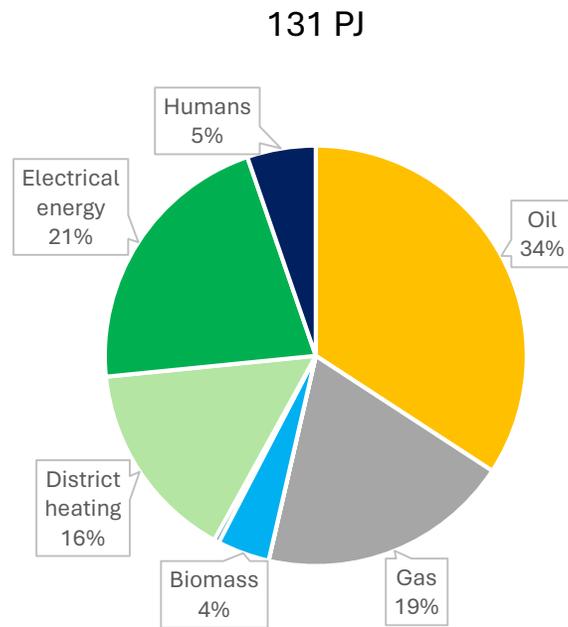


Abbildung 4: Aufschlüsselung des Endenergieverbrauchs in Wien im Jahr 2022

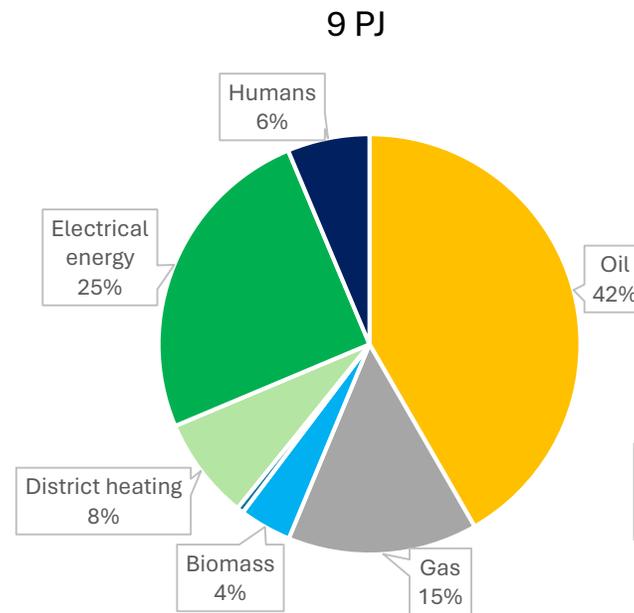


Abbildung 5: Aufschlüsselung des Endenergieverbrauchs in Wien im August 2022

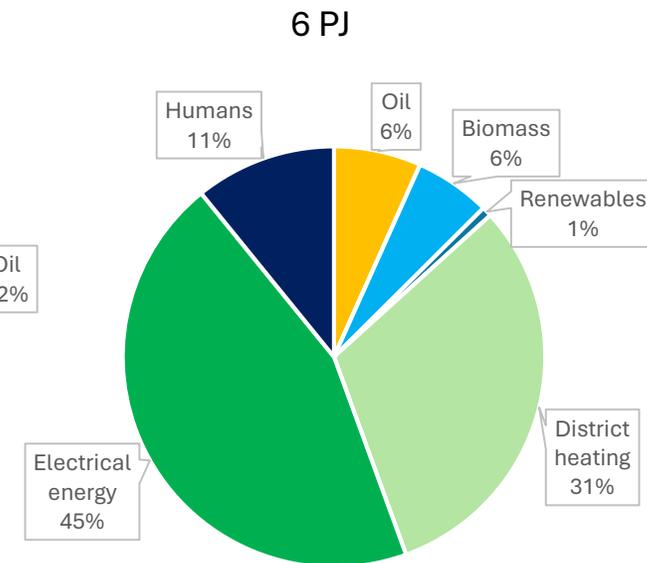


Abbildung 6: Aufschlüsselung des Endenergieverbrauchs in Wien im August 2040

Vergleich der importieren bzw. eigenerzeugten Energiemenge

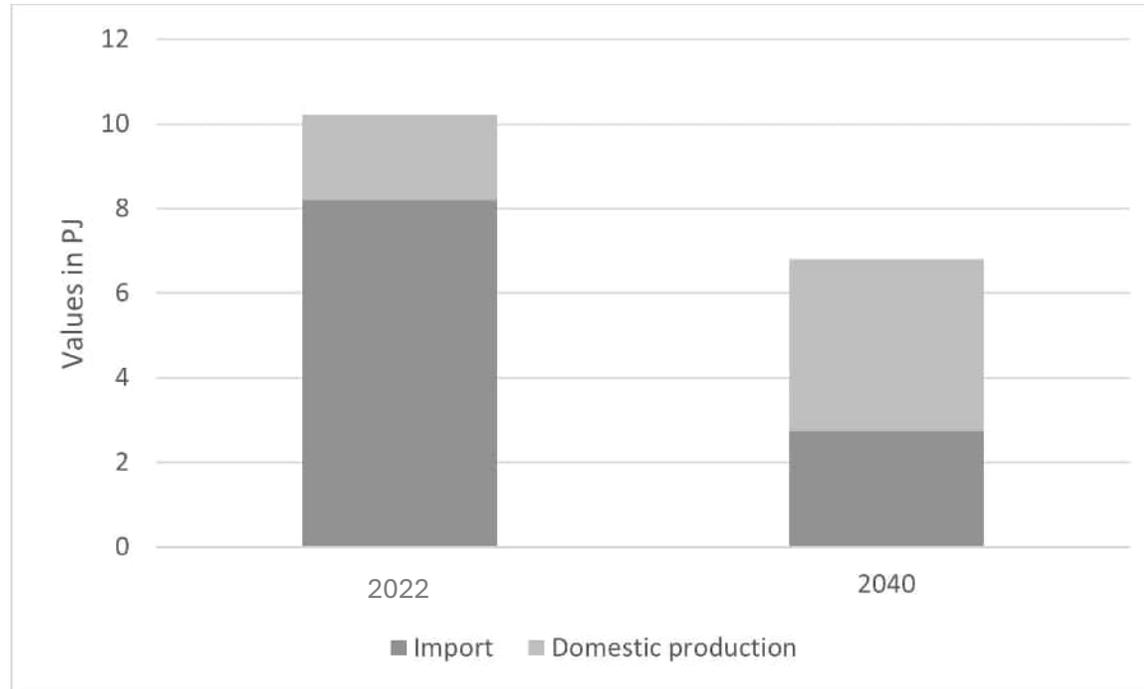
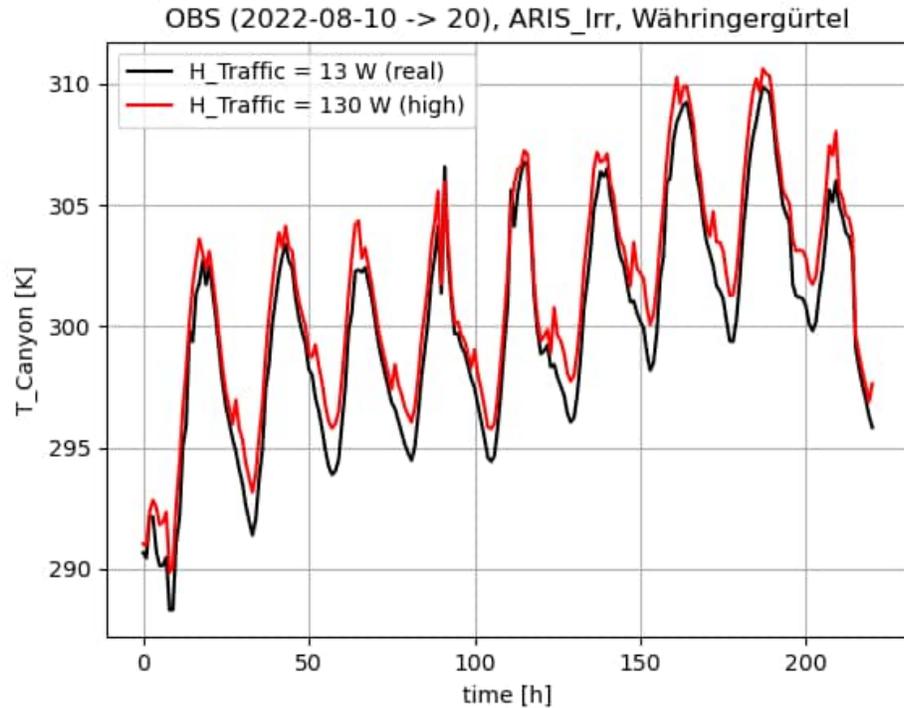


Abbildung 17: Import und Inlandsproduktion in Wien im August 2022 und August 2040 [PJ]

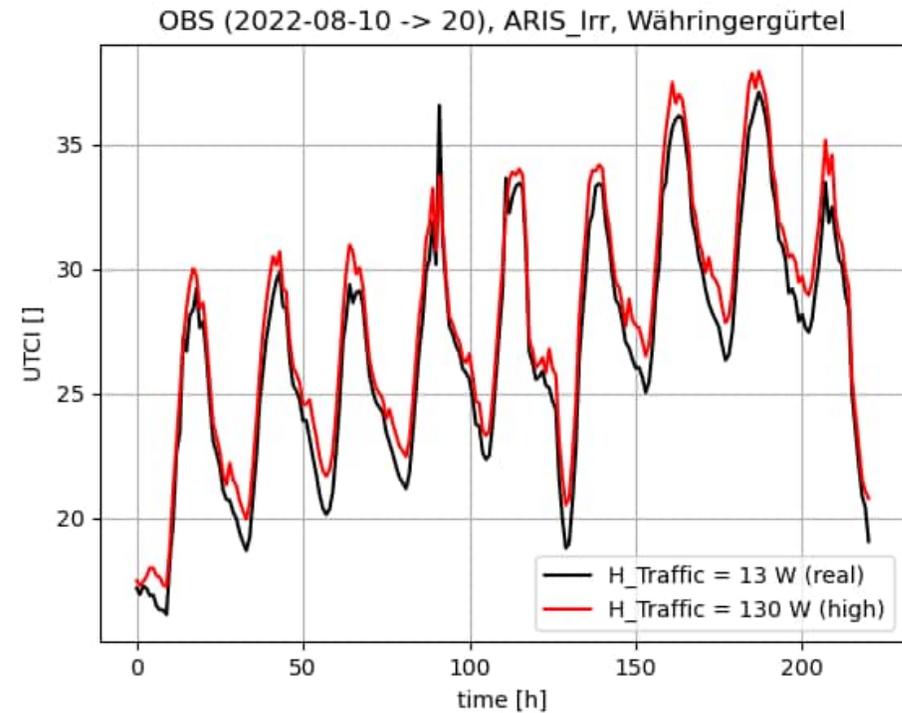
Datenbereitstellung WRF

- Anthropogene Wärmeemissionen in Wien
 - im August 2022: 3 003 GWh / 10 W/m²
 - im August 2030: 2 561 GWh / 8,6 W/m²
 - im August 2040: 2 089 GWh / 7 W/m²
 - Reduktion auf 69% möglich
- Lokalisierung
 - Verkehr: Lärmkarte, NO₂
 - Haushalte: Einwohner von Landkreisen
 - Dienstleistungen, Industrie: Energieverbrauch pro Bezirk
- Zeitliche Auflösung
 - Standard-Lastprofile

SURFEX-TEB offline 10-20. August 2022, ARIS realistic irrigation, WAE
Htraffic: Anthropogenic Heat Flux



“real” = average for high density residential
“high” = local peak heat emissions at high
traffic/and traffic jam site



T_Canyon: $\Delta 1-2$ K (cmp. Pigeon? D.Sailor?)

UTCI: $\Delta 1-2$ °UTCI

> Effects can be felt locally!

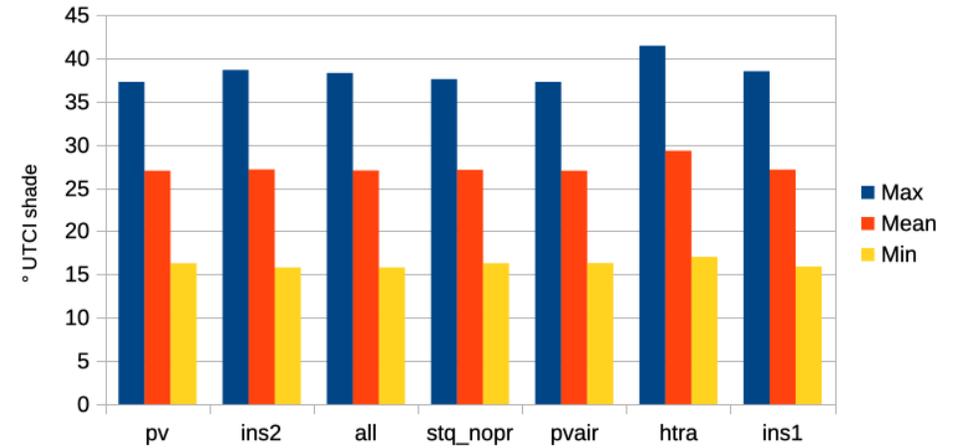
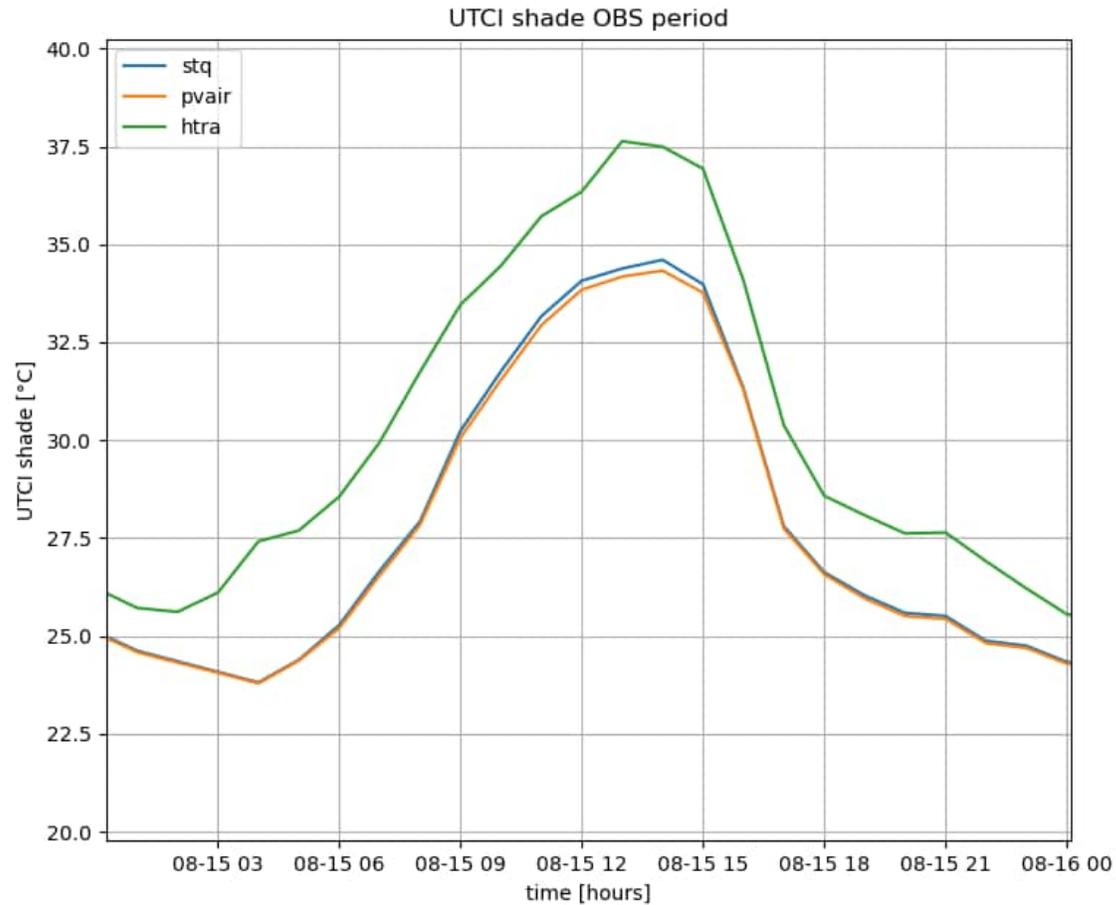
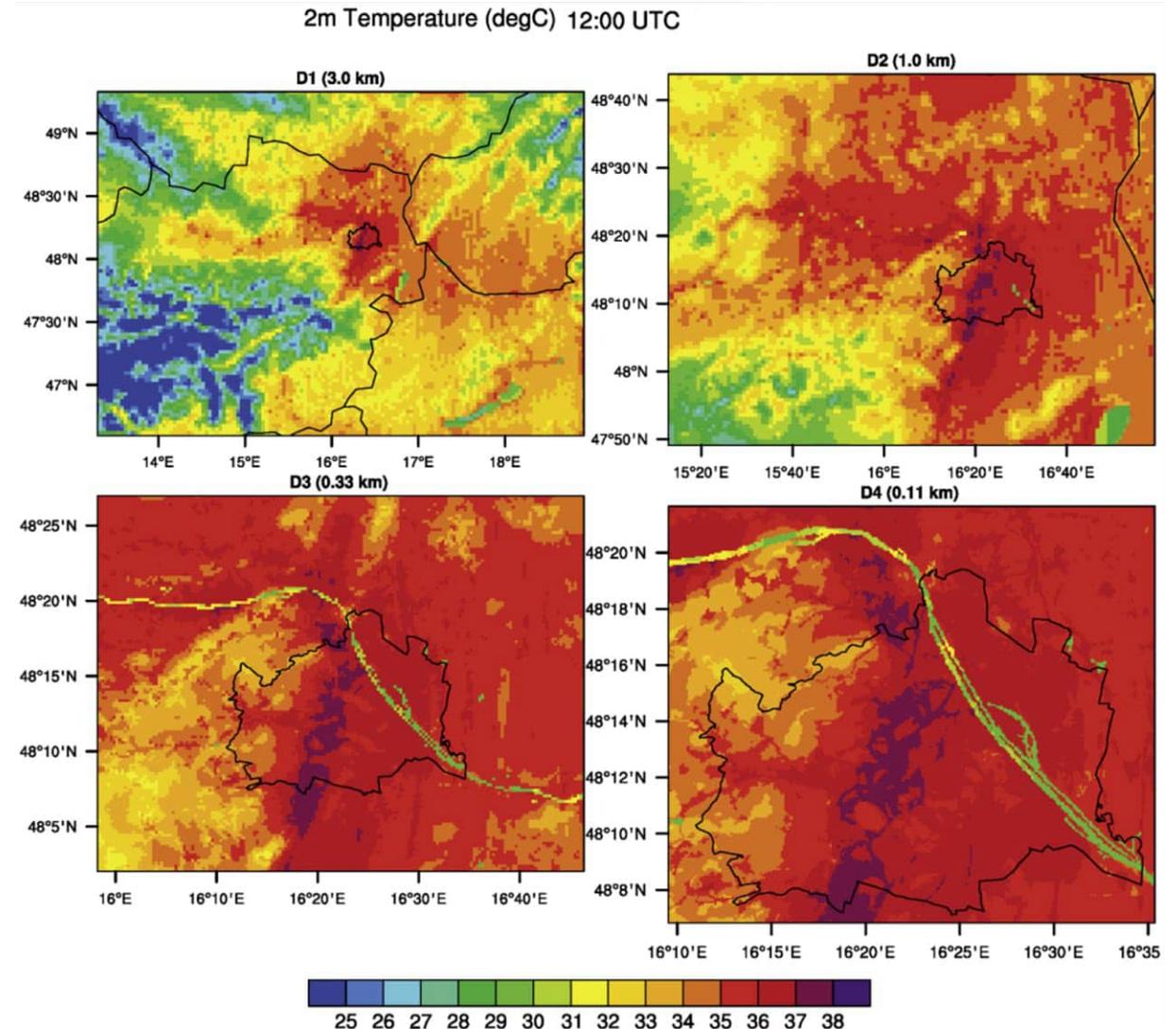
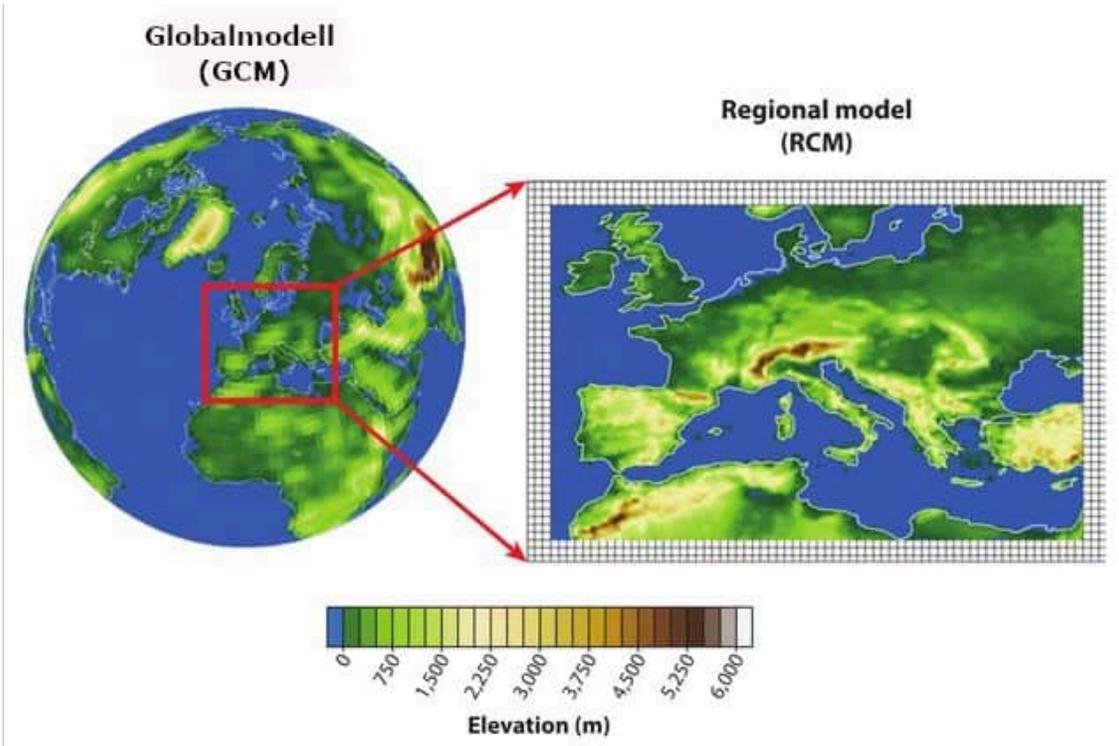


Figure 19 Hourly UTCI for different anthropogenic heat scenarios for 15.Aug 2022 (Monday)

Klimasimulationen Großraum Wien

Klimasimulationen Großraum Wien

Model WRF/DEB



Klimasimulationen Großraum Wien

Hitzewellen und Szenarienauswahl.

Hitzewelle:

- 5 Tage Durchschnitt der täglichen Maximaltemperatur
- Ereignis das alle 5 Jahre vorkommt.
- Aktuell Wien Hohe Warte (1991-2020):

28.14 °C

Trockenheit:

- Akkumulierte Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung.
- Ereignis das alle 5 Jahre vorkommt
- Aktuell Wien Hohe Warte (1991-2020)

90 mm

Klimaszenarien

Hitzewelle:

Ereignis das Mitte des Jahrhunderts alle 5 Jahre vorkommt, bei:

Erreichen des Pariser Klimazieles:

30.10 °C (Anstieg um 1,96 °C)

Weitermachen wie bisher:

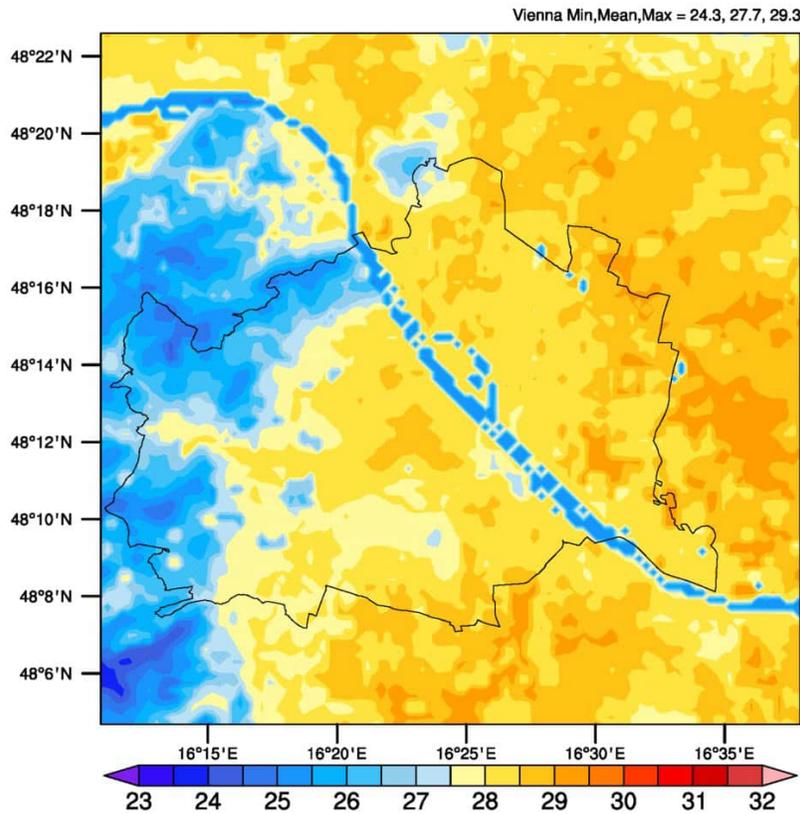
31.80 °C (Anstieg um 3,76 °C)

Trockenheit:

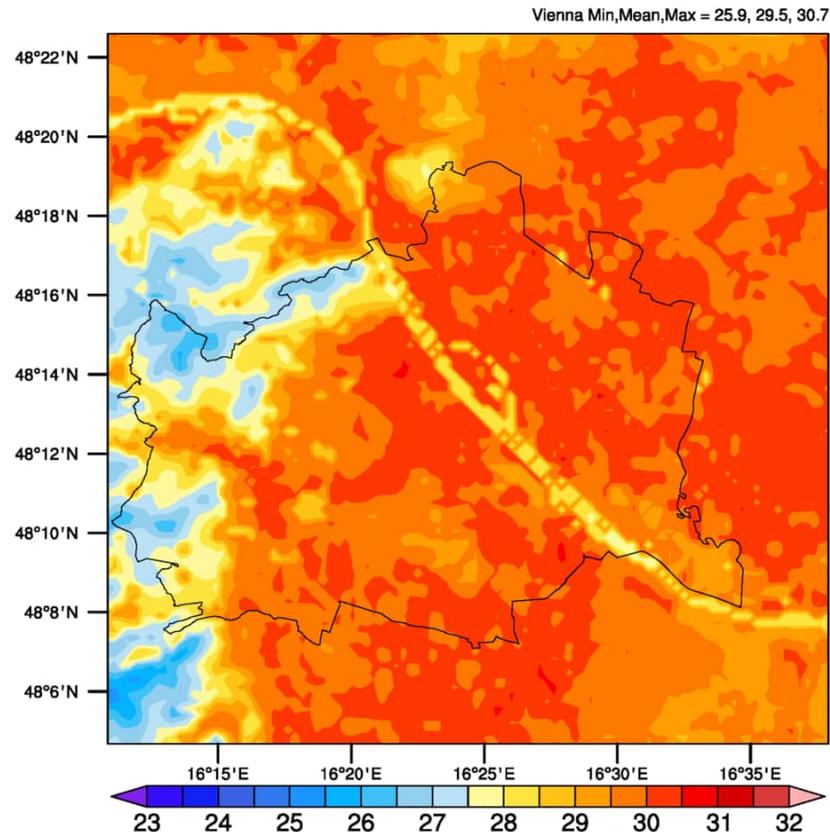
Kein signifikanter Trend aus ÖKS15 Szenarien bis zur Mitte des Jahrhunderts

Klimasimulationen Großraum Wien Hitzewellen und Szenarienauswahl.

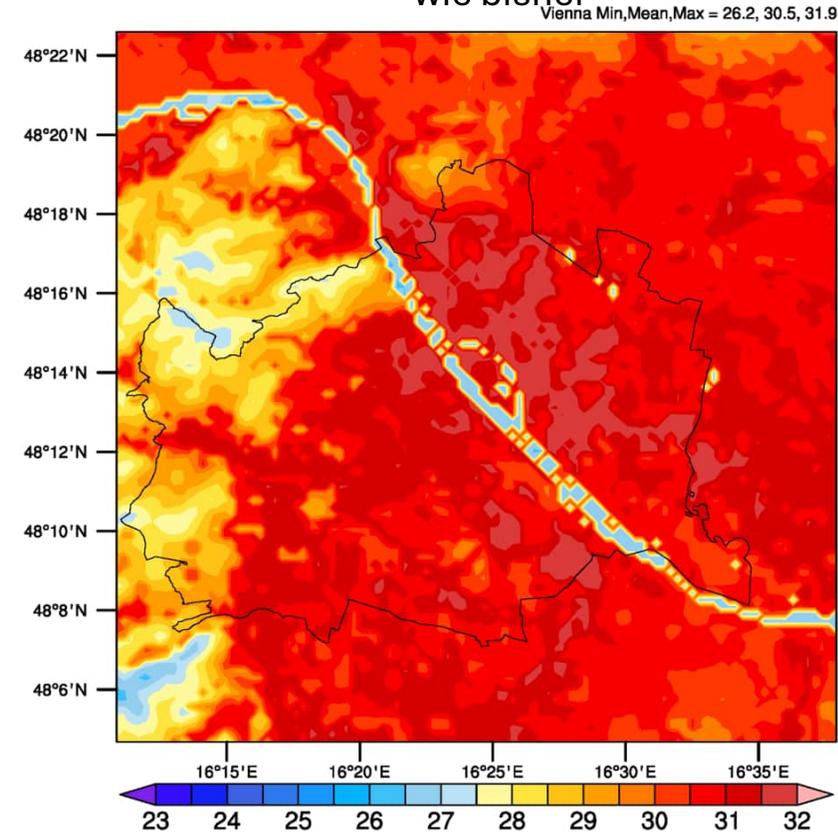
5 jährliche Hitzewelle:
Heute



5 jährliche Hitzewelle:
2050 Paris-konform



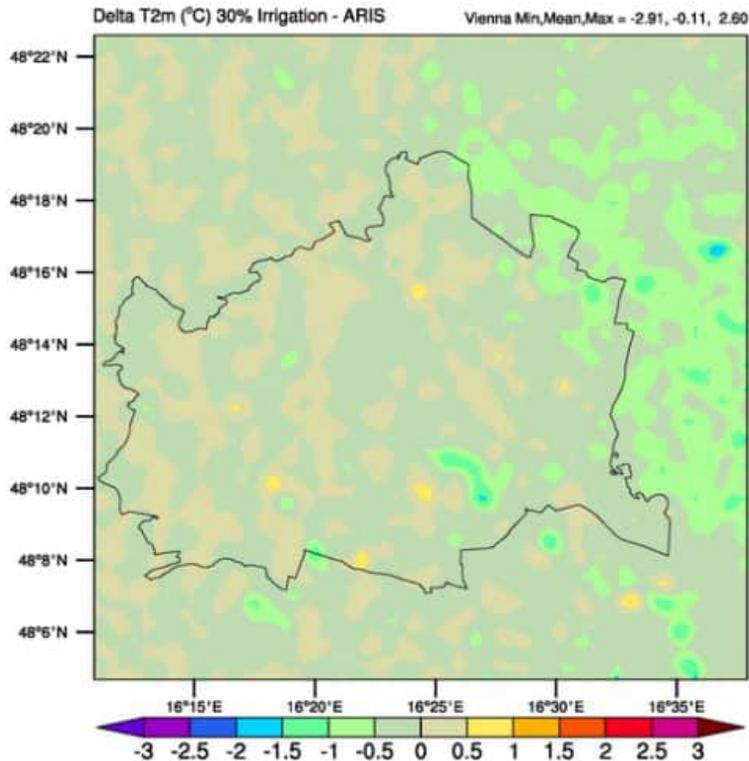
5 jährliche Hitzewelle:
2050 Weitermachen
wie bisher



WRF-TEB (gekoppelt) Bewässerungsszenario Marchfeld

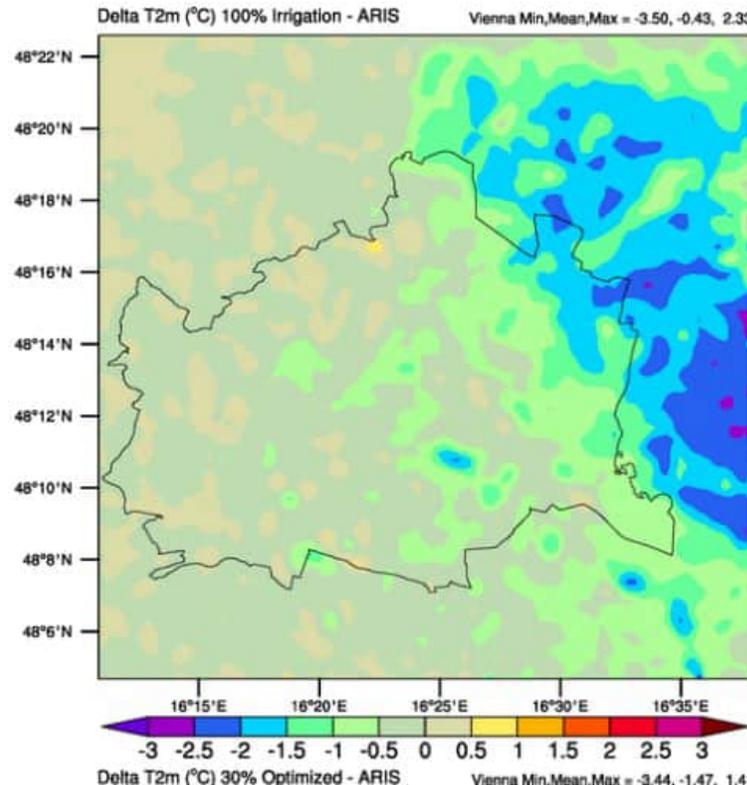
ΔT_{2m} für:

Bewässerung Marchfeld:
Keine versus 30 %



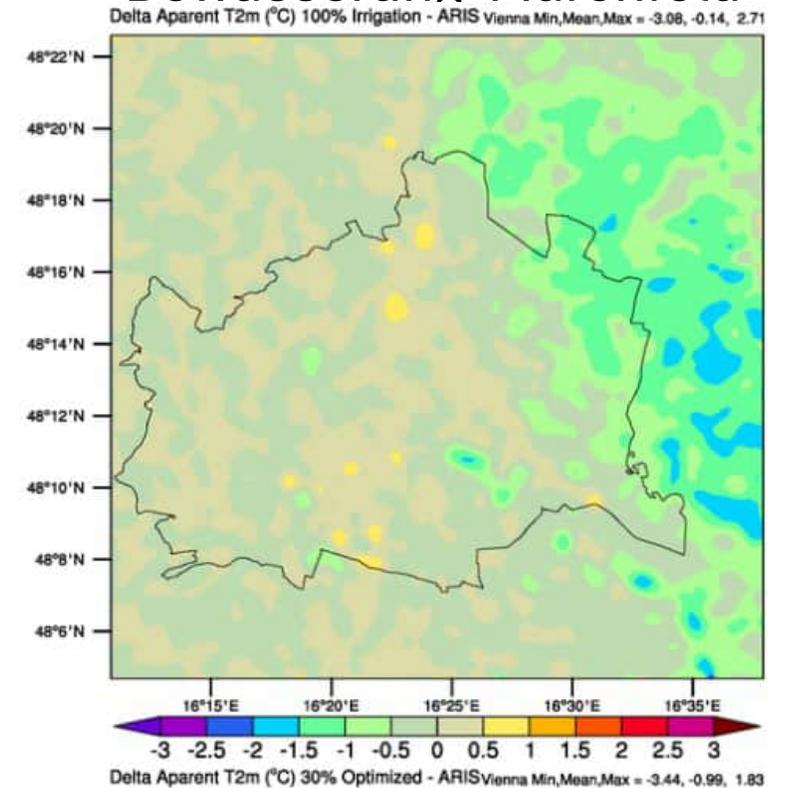
ΔT_{2m} für:

Bewässerung Marchfeld:
Keine versus 100 %



Δ Apparent T_{2m} für:

Dachbegrünung =100%
+ max. städtische Vegetation
+ Bewässerung Marchfeld



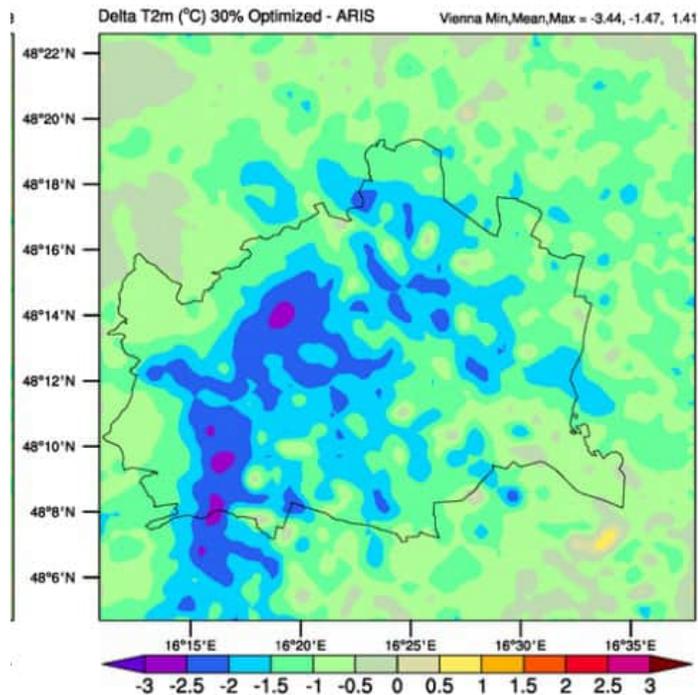
WRF-TEB (gekoppelt) Vegetation und Bewässerungsszenarios

ΔT_{2m} für:

Dachbegrünung = 100%

+ max. städtische Vegetation

Keine Bewässerung Marchfeld

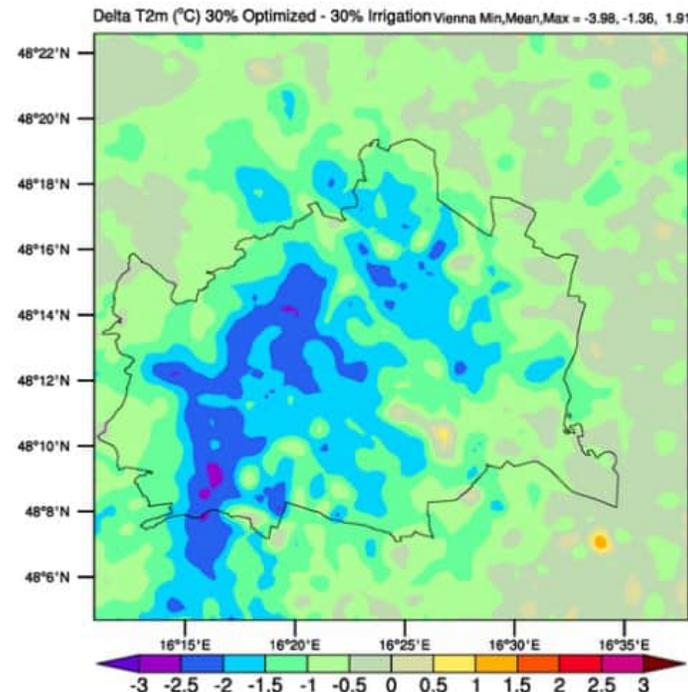


ΔT_{2m} für:

Dachbegrünung = 100%

+ max. städtische Vegetation

+ 30 % Bewässerung Marchfeld

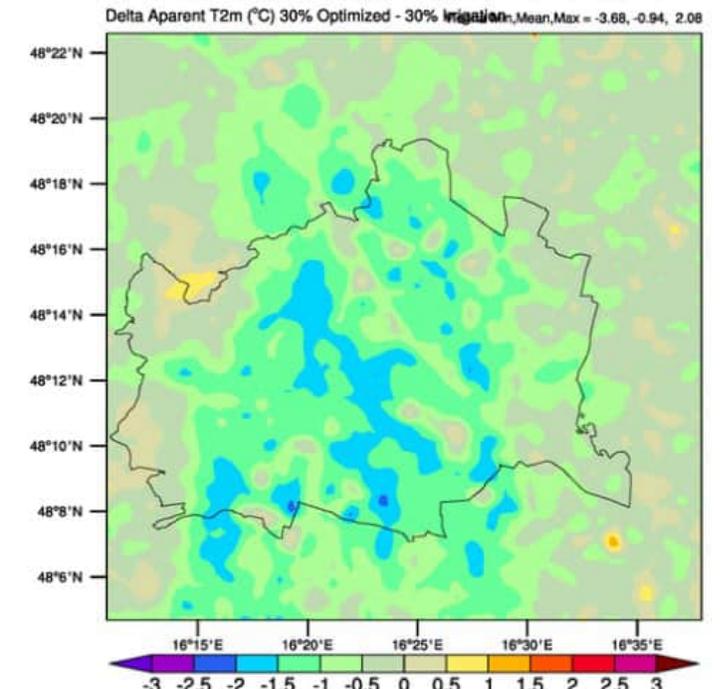


Δ Apparent T_{2m} für:

Dachbegrünung = 100%

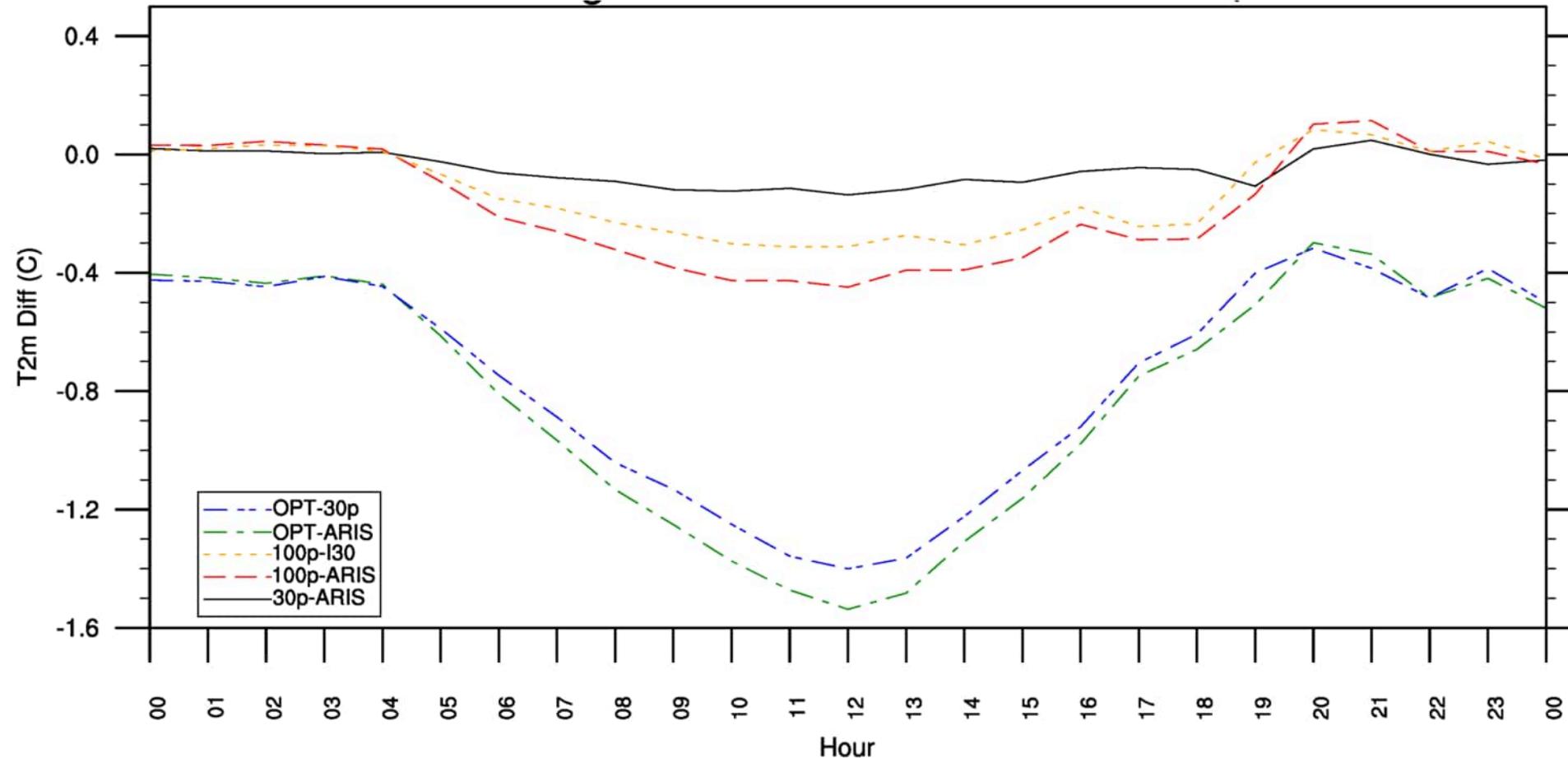
+ max. städtische Vegetation

+ 30 Bewässerung Marchfeld



WRF-TEB (gekoppelt)

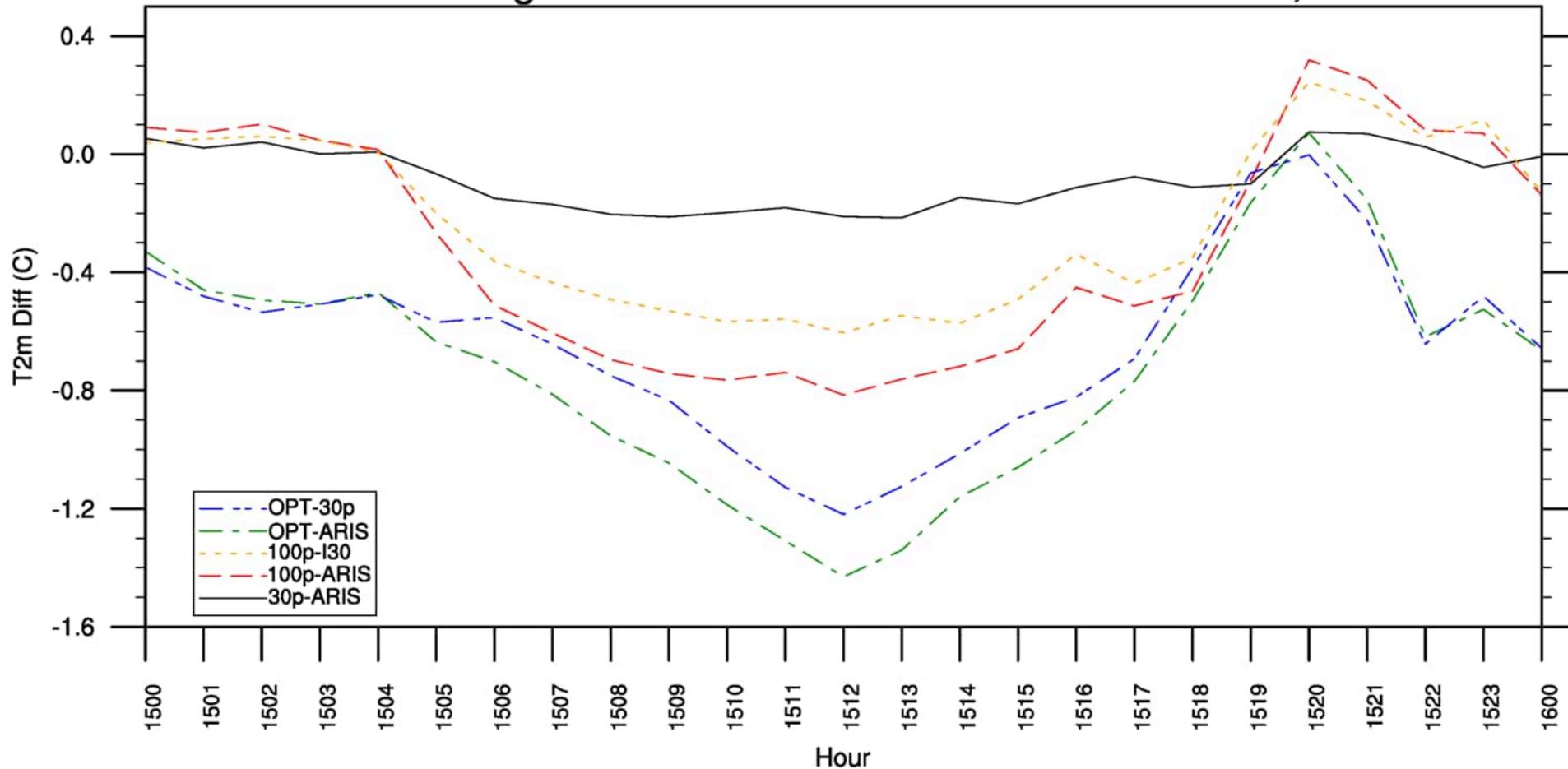
Kühleffekt verschiedener Maßnahmen auf das Flächenmitteltemperatur (Stadtgebiet Wien)



(1) Optimized green infrastructure in Vienna (OPT-30p), (2) Maximum green cooling effect using vegetation and irrigation in Vienna and Marchfeld (OPT-ARIS), (3) Difference between 30% and 100% of Marchfeld being irrigated (100p-130), (4) effect of 100% irrigation of Marchfeld (100p-ARIS), (5) effect of 30% irrigation of Marchfeld (30p-ARIS).

WRF-TEB (gekoppelt)

Kühleffekt verschiedener Maßnahmen auf das Flächenmitteltemperatur (Transdanubien)



(1) Optimized green infrastructure in Vienna (OPT-30p), (2) Maximum green cooling effect using vegetation and irrigation in Vienna and Marchfeld (OPT-ARIS), (3) Difference between 30% and 100% of Marchfeld being irrigated (100p-130), (4) effect of 100% irrigation of Marchfeld (100p-ARIS), (5) effect of 30% irrigation of Marchfeld (30p-ARIS).

Diskussion: Anthropogene Wärme + Klimasimulationen

- 5 jährliche Hitzewellen werden selbst bei Erreichen der Pariser Klimaschutzziele noch um rund 2 °C wärmer als sie heute sind,
- Wenn keine nennenswerten Maßnahmen gesetzt werden, steigt die Temperatur sogar um rund 3.8 °C bis zur Mitte des Jahrhunderts.
- Die Bewässerung der landwirtschaftlichen Flächen im Marchfeld führt zu einer Reduktion der Maximumtemperatur in Wien, wobei für die gesamte Stadt lediglich eine Reduktion von maximal 0.2 °C erreicht werden kann.
- In Transdanubien erreicht die Reduktion bis zu 0.4 °C.
- Bei einer maximalen Umsetzung von Kühlmaßnahmen kann eine Abkühlung von maximal 1.5 °C erreicht werden.
- Die Ausschöpfung aller Anpassungsmaßnahmen kann damit nicht einmal mehr die Erwärmung kompensieren, welche beim Erreichen des Pariser Klimaschutzzieles erfolgt.

World Café – Machbarkeit und Empfehlungen

“das klimafreundlichste Stadtentwicklungsszenario”

- **Gründach Aufbau + Anthropogene Wärme**
 - Welche Parameter spielen bei der Auswahl von Dachbegrünungen eine Rolle?
 - Was können Dachbegrünungen hinsichtlich der Wasserbilanz leisten? (Welche Aufbauten sind realistisch)
 - Sind Klimaanlage vermeidbar?
 - Sollte der anthropogene Wärmeausstoß durch den Verkehr in Wien in zukünftigen Planungen speziell berücksichtigt werden?
 - Kann man davon ausgehen, dass der Wärmeausstoß durch den Verkehr in Wien in Zukunft von selbst abnimmt?
 - Welche spezifischen Strategien könnten implementiert werden, um den Wärmeausstoß durch den Verkehr in Wien zu minimieren?
- **Beschattung, Begrünung und Bewässerung in der Stadt**
 - Was sind Hindernisse für die Umsetzung?
 - Alternativen, wenn Barrieren nicht zu überwinden sind?
- **Bewässerung in der Landwirtschaft, Klima Großraum Wien**
 - Kann/soll das Wiener Umland die Stadt Wien kühlen?

Thank you!