



# STÄDTISCHE ÜBERHITZUNG: AKTUELLE ERGEBNISSE AUS DEM EU-PROJEKT CLARITY

Auswirkungen des Klimawandels für Linz,  
mögliche Anpassungsmaßnahmen

Dr. Wolfgang Loibl

Dr. Tanja Tötzer

AIT – Austrian Institute of Technology GmbH

Digital Resilient Cities Unit

24. Juni 2019 – Linz, Neues Rathaus



## INHALT:

### EU-Projekt CLARITY im Überblick

Klimawandel und Städte: urbane Hitzeinseln

Klimawandel und dessen Auswirkung auf den Großraum Linz

Linz im Wandel – Stadtentwicklung und Klimawandel

Anpassungsmaßnahmen – Wirkung in Linz insgesamt

Anpassungsmaßnahmen – Details: Wirkungen in Testgebieten

Zusammenfassung

Ihre Fragen und Antworten

# CLARITY PROJEKT ZIEL

Bereitstellen von **Climate Services** für Klimaschutz der Bevölkerung und städtischer Infrastrukturen in unterschiedlichen räumlichen Skalen

Warum?:

- Klimawandel hat große Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft
  - Gesundheit
  - Investitionen
  - Umwelt
  
- Vorausschauende Planung stärkt die Widerstandsfähigkeit der Städte



# CLARITY SERVICE ARCHITEKTUR

**ICT Climate Services**  
(Grobanalyse)  
*software, tools, apps ...*

benutzerfreundliche und datengesteuerte Tools, für eine erste Grobanalyse (baseline assessment)

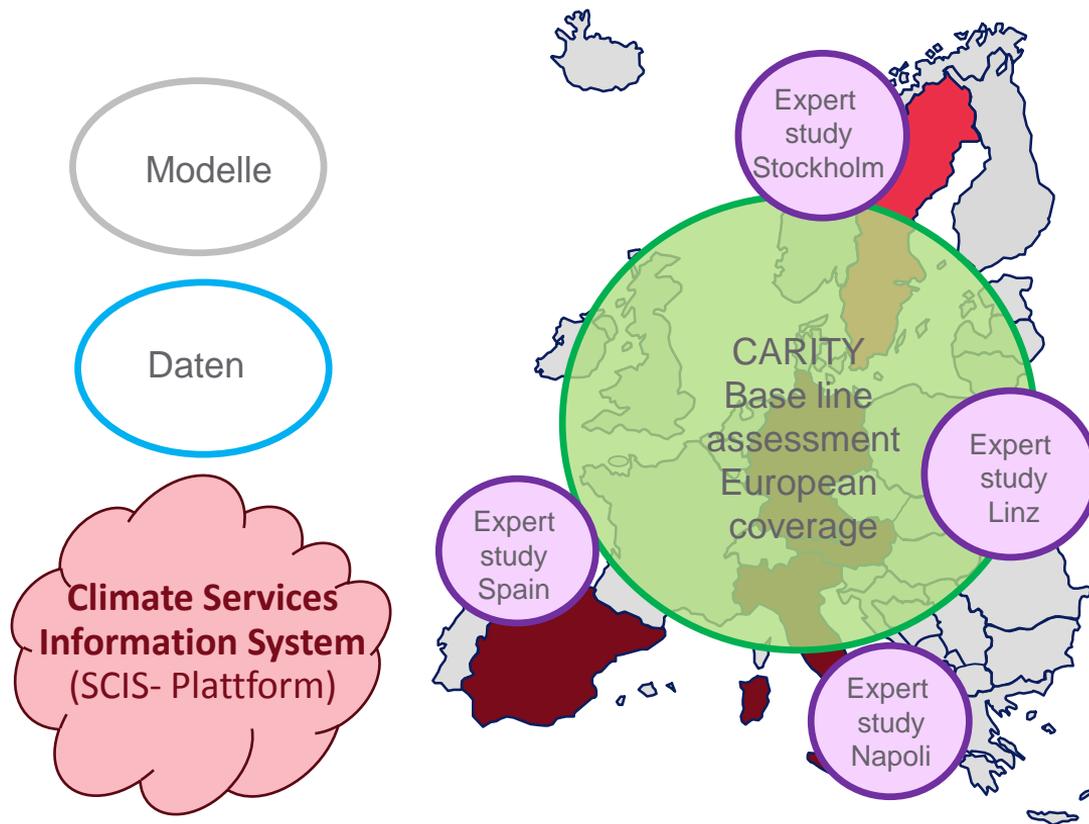
**Expert Climate Services**  
(Detailanalysen)  
*consulting, integration, modelling ...*

individuelle ortsspezifische Klimawandel-Risikobewertung, Impact-Analyse, Anpassungsplanung

**Climate Services Information System**  
(Plattform)

"Alles gemeinsam": Katalog, Portal, Plattform, Marktplatz, Community

# CLARITY PROJEKT STRUKTUR



## INHALT:

EU-Projekt CLARITY im Überblick

Klimawandel und Städte: urbane Hitzeinseln

Klimawandel und dessen Auswirkung auf den Großraum Linz

Linz im Wandel – Stadtentwicklung und Klimawandel

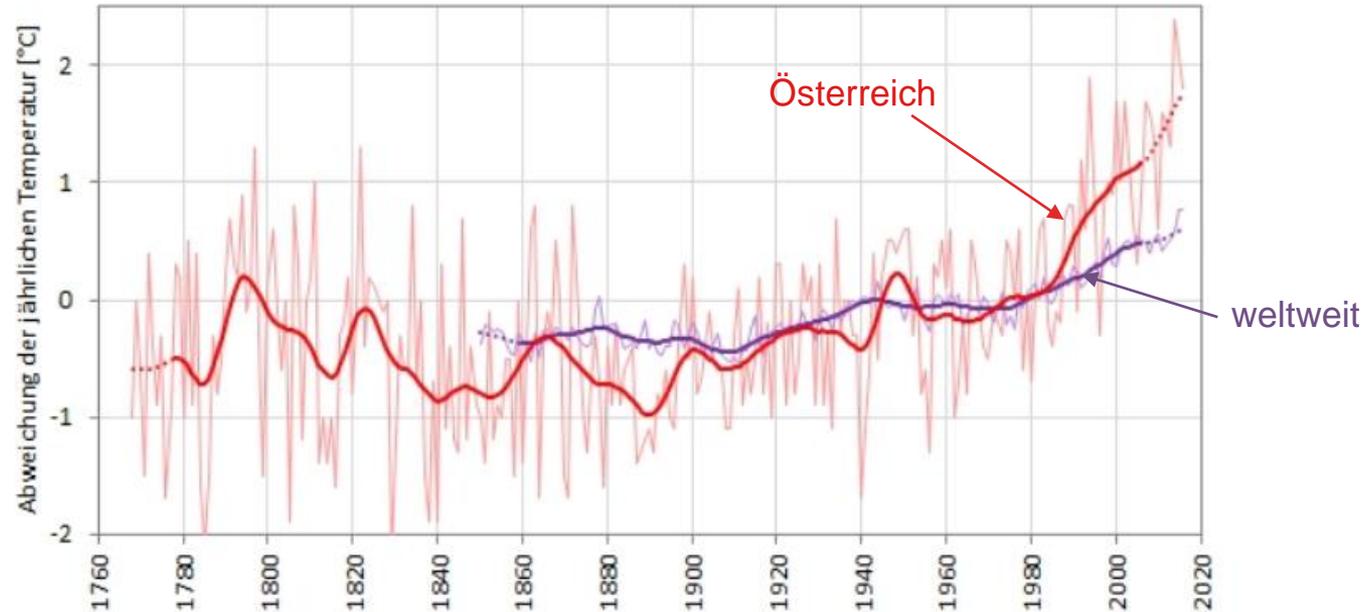
Anpassungsmaßnahmen – Wirkung in Linz insgesamt

Anpassungsmaßnahmen – Details: Wirkungen in Testgebieten

Zusammenfassung

Ihre Fragen und Antworten

# KLIMAWANDEL IN ÖSTERREICH



Entwicklung der mittleren Jahrestemperatur weltweit 1850-2016 (violett) und in Österreich 1767-2016 (rot). Dargestellt sind jährliche Abweichungen vom Mittel der Jahre 1961-1990 (dünne Linien) und deren geglättete Trends (dicke Linien, 21-jähriger Gauß'scher Tiefpassfilter) (Morice u.a. 2012, Auer u.a. 2007). Quelle: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/lufttemperatur>

Quelle: [http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa\\_oesterreich/kwa\\_aenderung/](http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa_oesterreich/kwa_aenderung/)

## URBANE HITZEINSELN

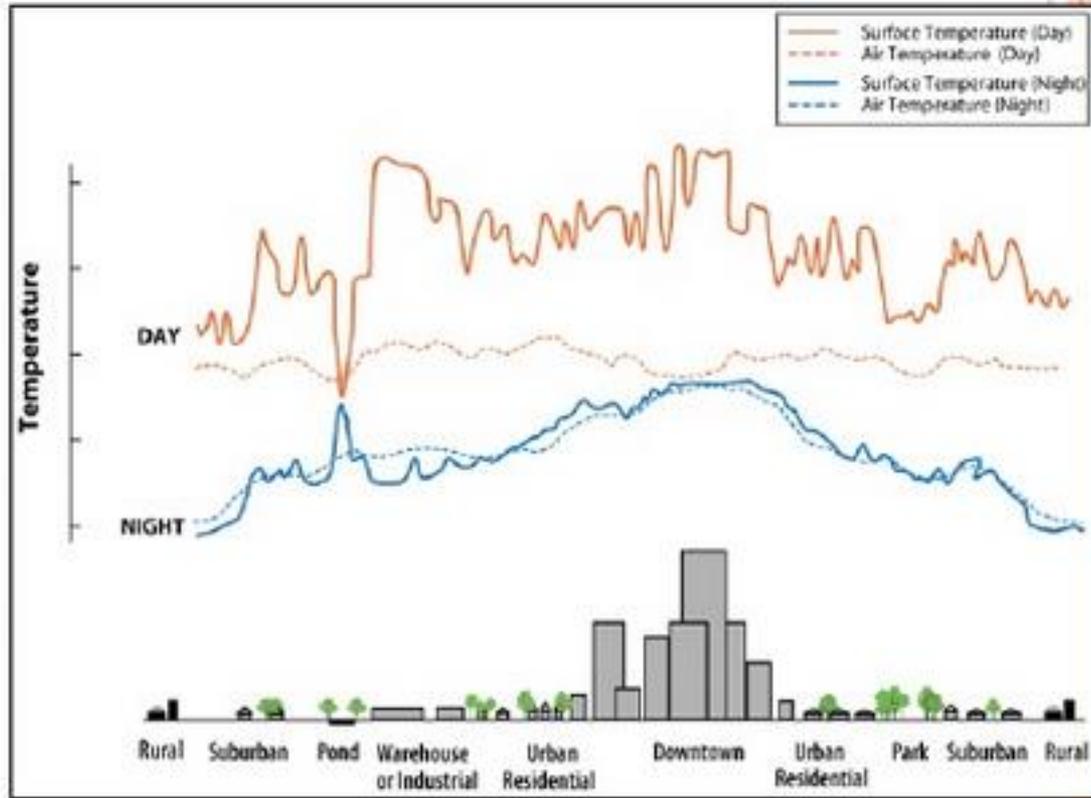


Zuerst wurde die gesamte Stadt als Hitzeinsel betrachtet :

Indikator:

Temperaturdifferenz zwischen Land und Stadt

# URBANE HITZEINSELN



Paradigmenwechsel:

Viele Hitzeinseln in der Stadt  
in Abhängigkeit von Bebauung,  
Versiegelung, Begrünung

Beachtung der  
Temperaturdifferenzen innerhalb  
der Stadt

## INHALT:

EU-Projekt CLARITY im Überblick

Klimawandel und Städte: urbane Hitzeinseln

Klimawandel und dessen Auswirkung auf den Großraum Linz

Linz im Wandel – Stadtentwicklung und Klimawandel

Anpassungsmaßnahmen – Wirkung in Linz insgesamt

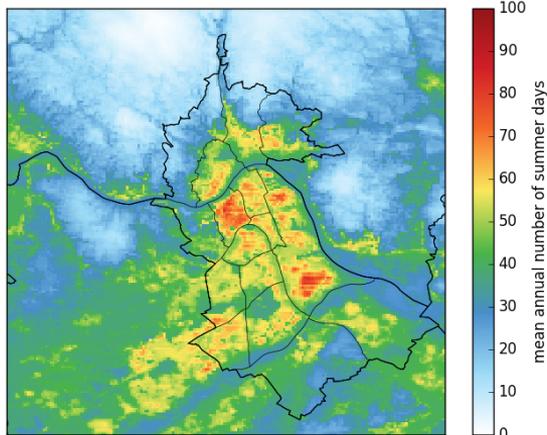
Anpassungsmaßnahmen – Details: Wirkungen in Testgebieten

Zusammenfassung

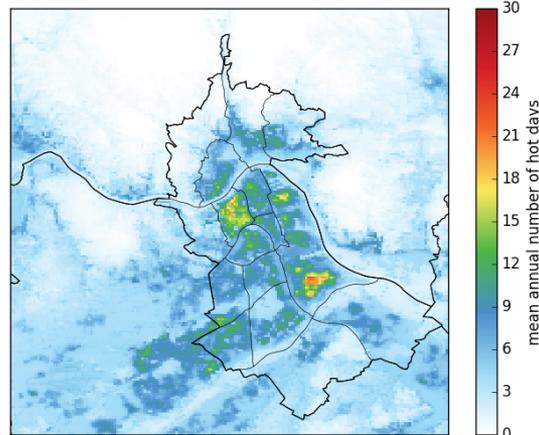
Ihre Fragen und Antworten

# HITZBELASTUNG - MITTELWERT 1971-2000 (ZAMG)

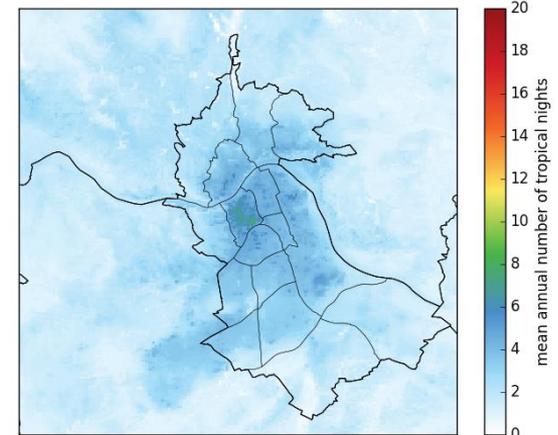
Sommertage ( $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ )



Hitzetage ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ )



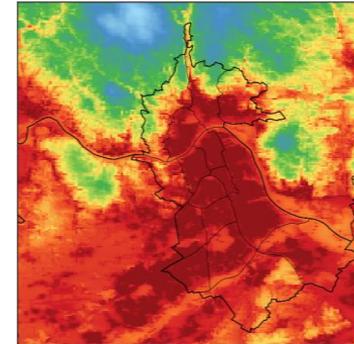
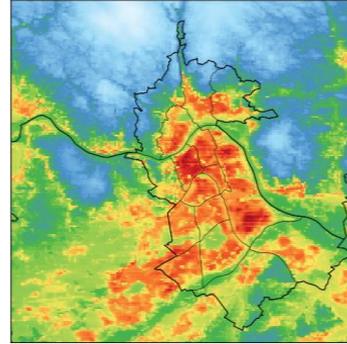
Tropennächte ( $T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$ )



# HITZEBELASTUNG – ENTWICKLUNG BIS 2100

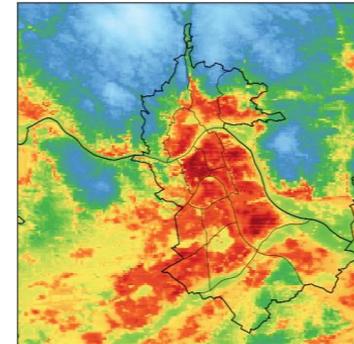
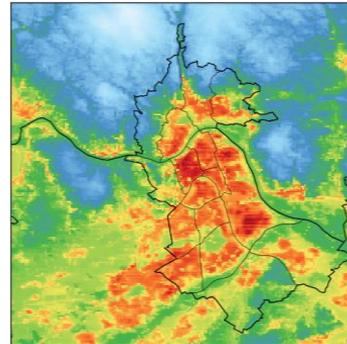
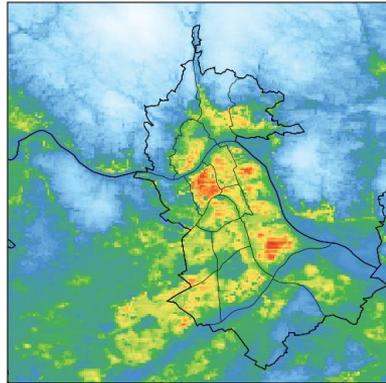
**Input:**  
Ensemble  
regionaler  
Klimaprojektionen  
(EURO-CORDEX)

Mittlere jährliche Anzahl an  
Sommertagen ( $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ )



RCP 8.5

**Klimaszenarien**  
RCP8.5: Business-as-usual  
RCP4.5: Effective measures



RCP 4.5

1971-2000

2021-2050

2071-2100



## INHALT:

EU-Projekt CLARITY im Überblick

Klimawandel und Städte: urbane Hitzeinseln

Klimawandels und dessen Auswirkung auf den Großraum Linz

Linz im Wandel – Stadtentwicklung und Klimawandel

Anpassungsmaßnahmen – Wirkung in Linz insgesamt

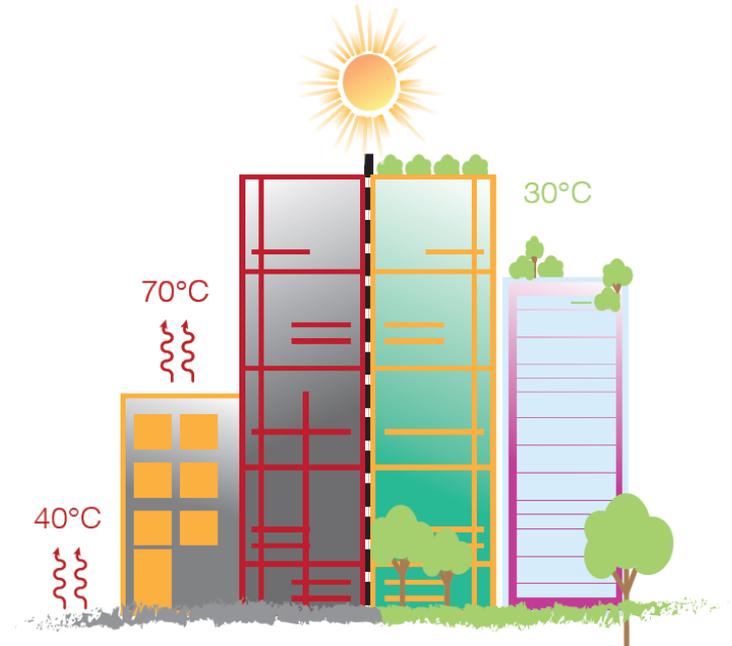
Anpassungsmaßnahmen – Details: Wirkungen in Testgebieten

Zusammenfassung

Ihre Fragen und Antworten

# STADTENTWICKLUNG UND (MIKRO)KLIMA-WANDEL

- Städte sind gekennzeichnet durch
  - dichte Bebauung und **Versiegelung**
  - und **wenig** offene Fläche und **Vegetation**
- Hinzukommen: **anthropogene (Wärme-) emissionen** durch Industrie, Verkehr und Haushalte
- Die **Verdunstung** ist **reduziert**
- Die **Durchlüftung** durch enge Straße ist **gering**

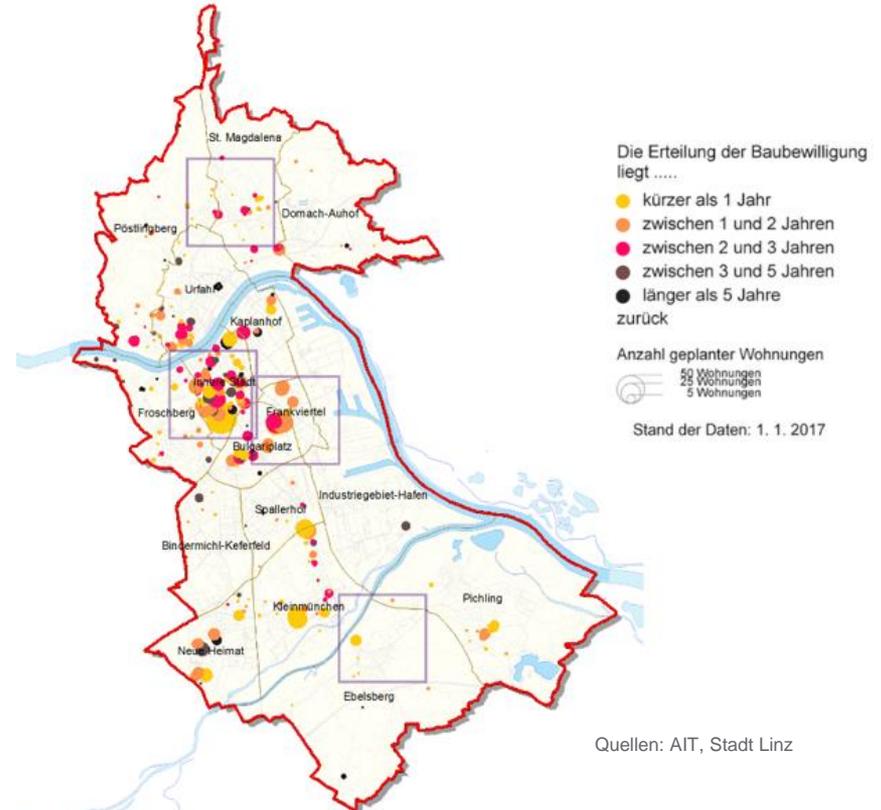


[https://smartcities.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/3/Plakat\\_Hitze-in-der-Stadt\\_neu.pdf](https://smartcities.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/3/Plakat_Hitze-in-der-Stadt_neu.pdf)

# STADTENTWICKLUNG UND (MIKRO)KLIMA-WANDEL

## • Städte wachsen

- in die Fläche (urban sprawl)
  - „in die Höhe“ (Verdichtung)
  - Baulücken und Freiflächen werden verbaut
- Mit dem Wachstum steigt die bebaute und versiegelte Fläche, das Gebäudevolumen und die Wärmespeicherung
  - Mit dem Anstieg der Bevölkerungszahl sowie der Arbeitsplätze steigt der Verkehr wie auch die Wärmeemissionen
  - All dies begünstigt das Entstehen und Verstärken von Hitzeinseln.



## INHALT:

EU-Projekt CLARITY im Überblick

Klimawandel und Städte: urbane Hitzeinseln

Klimawandels und dessen Auswirkung auf den Großraum Linz

Linz im Wandel – Stadtentwicklung und Klimawandel

Anpassungsmaßnahmen – Wirkung in Linz insgesamt

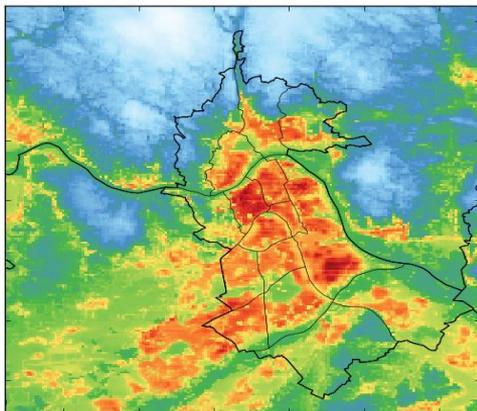
Anpassungsmaßnahmen – Details: Wirkungen in Testgebieten

Zusammenfassung

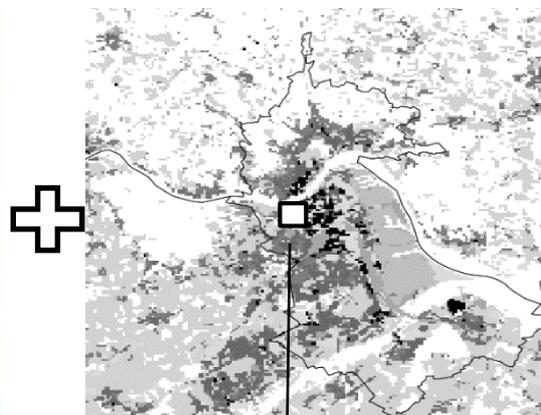
Ihre Fragen und Antworten

# ANPASSUNGSMASSNAHMEN – AUSWIRKUNG AUF GANZ LINZ (ZAMG)

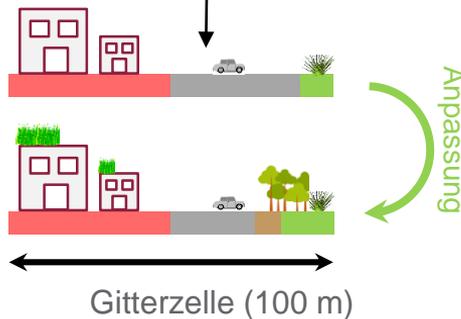
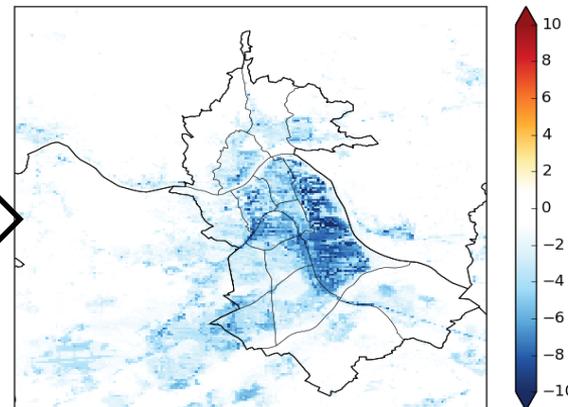
Referenzsimulation



Anpassungsmaßnahmen



Kühlungseffekt



$\Delta ST, \Delta HT, \Delta TN$ :

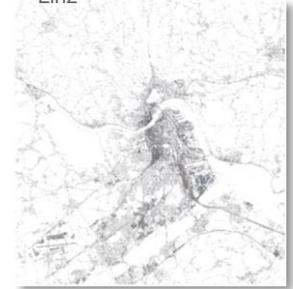
Änderung der Zahl an ...

- **Sommertagen** ( $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ )
- **Hitzetagen** ( $T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ )
- **Tropennächten** ( $T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$ )

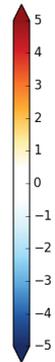
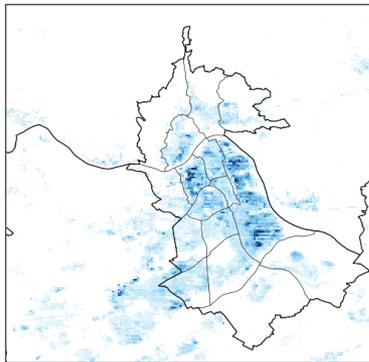
# ANPASSUNGSMASSNAHMEN – AUSWIRKUNG AUF GANZ LINZ

Reduktion der Gesamtversiegelung um 30%

Gesamtversiegelung in  
Linz



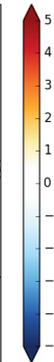
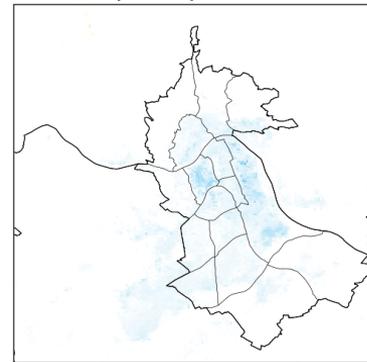
max.  $|\Delta SD|$ : 6.2



$\Delta ST$ :  
Differenz in  
der Anzahl an  
Sommertagen  
( $T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$ )

→ Reduktion der Anzahl an  
Sommertagen

max.  $|\Delta TN|$ : 2.6



$\Delta TN$ :  
Differenz in der  
Anzahl an  
Tropennächten  
( $T_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$ )

→ Reduktion der  
Anzahl an  
Tropennächten

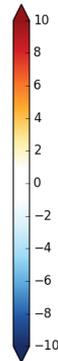
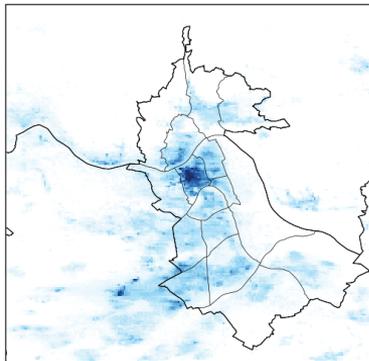
# ANPASSUNGSMASSNAHMEN – AUSWIRKUNG AUF GANZ LINZ

Erhöhung der Reflexion (Albedo) der Dachflächen von 20% auf 70%

Betroffene  
Landnutzungsklassen



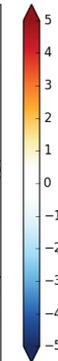
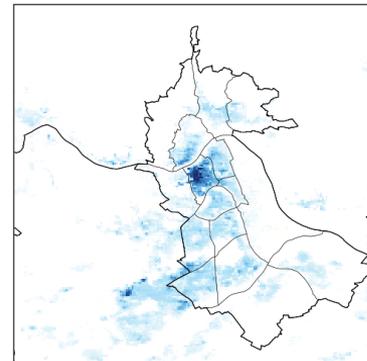
max.  $|\Delta ST|$ : 11.7



$\Delta ST$ :  
Differenz in  
der Anzahl an  
Sommertagen  
( $T_{\max} \geq 25^\circ\text{C}$ )

→ Reduktion der Anzahl an  
Sommertagen

max.  $|\Delta HT|$ : 7.1



$\Delta HT$ :  
Differenz in  
der Anzahl  
an heißen  
Tagen ( $T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$ )

→ Reduktion der  
Anzahl an Hitzetagen

## INHALT:

EU-Projekt CLARITY im Überblick

Klimawandel und Städte: urbane Hitzeinseln

Klimawandels und dessen Auswirkung auf den Großraum Linz

Linz im Wandel – Stadtentwicklung und Klimawandel

Anpassungsmaßnahmen – Wirkung in Linz insgesamt

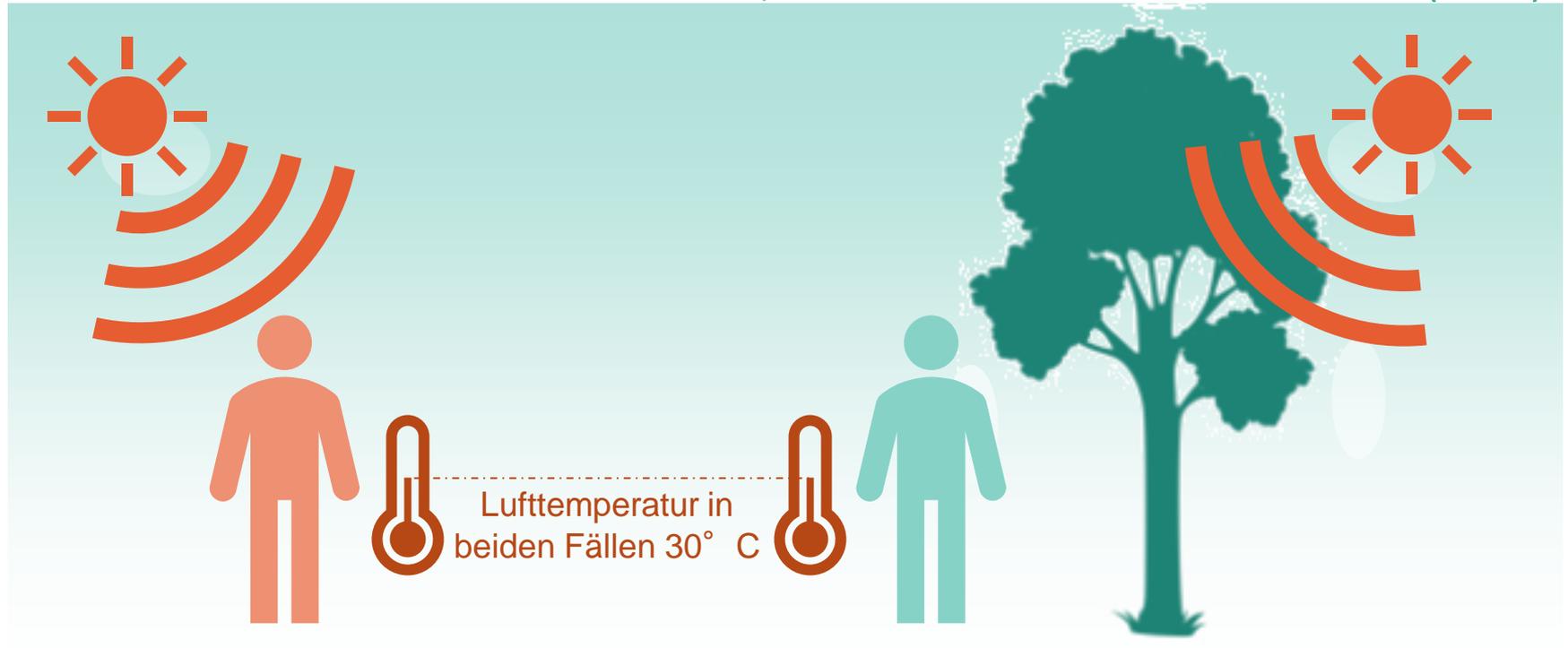
Anpassungsmaßnahmen – Details: Wirkungen in Testgebieten

Zusammenfassung

Ihre Fragen und Antworten

BETRACHTETER INDIKATOR:

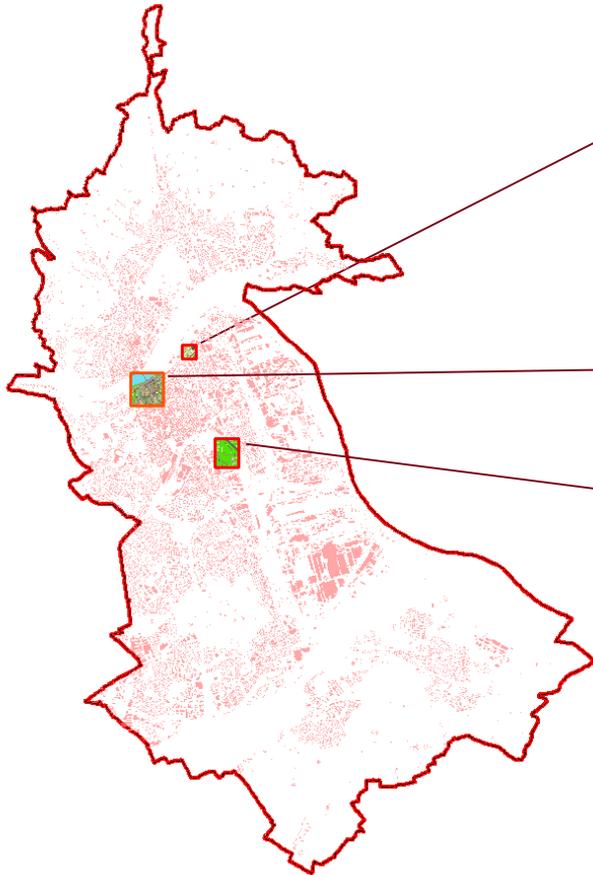
MITTLERE STRAHLUNGSTEMPERATUR, MEAN RADIANT TEMPERATURE (MRT)



MRT: Heiss in der direkten Sonne

Angenehm im Baumschatten

## TESTGEBIETE



Tabakfabrik



Altstadt



Grüne Mitte

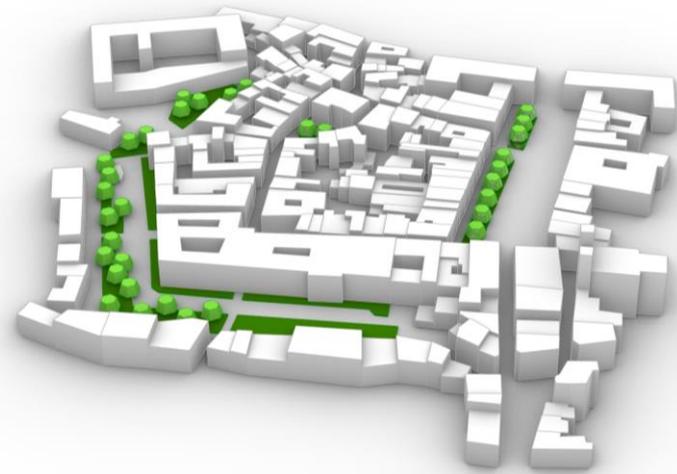
# LUFTBILD ALTSTADT (HAUPTPLATZ)



# LINZ ALTSTADT, HAUPTPLATZ



IST-ZUSTAND



SZENARIO

# LINZ ALTSTADT – DRAUFSICHT



IST-ZUSTAND

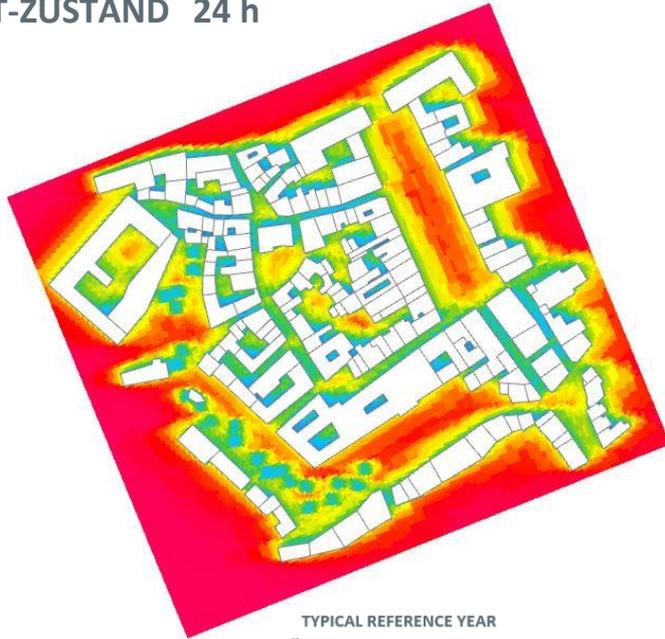


SZENARIO

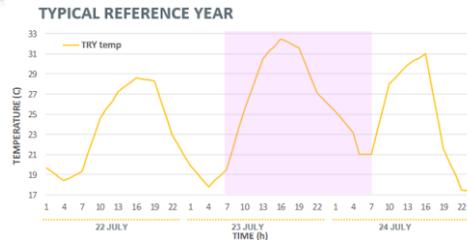
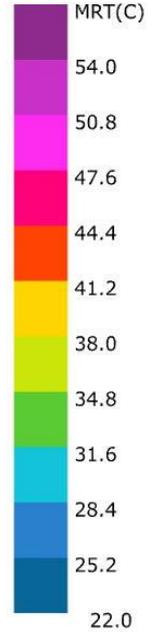
# LINZ ALTSTADT

## MITTLERE STRAHLUNGSTEMPERATUR (MRT)

IST-ZUSTAND 24 h



SZENARIO 24 h



Hitzetag

max daily temp.: 33 °C

min night temp.: 17 °C

max MRT: 43.90 °C

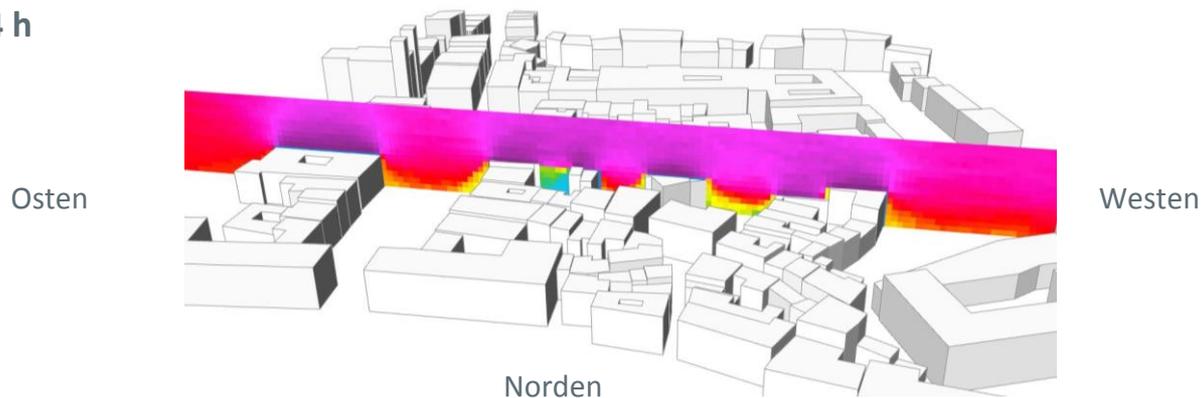
min MRT: 22.58 °C

# LINZ ALTSTADT - OST-WEST SCHNITT

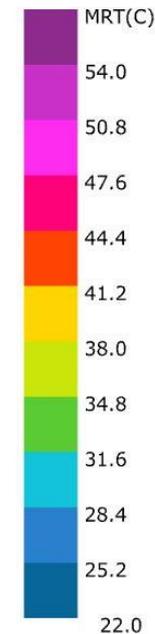
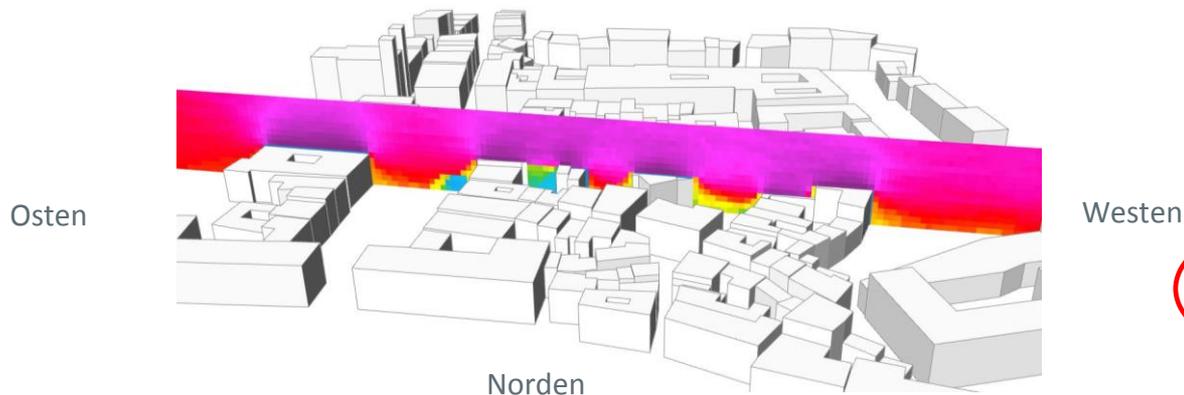
## MITTLERE STRAHLUNGSTEMPERATUR (MRT)



IST-ZUSTAND 24 h



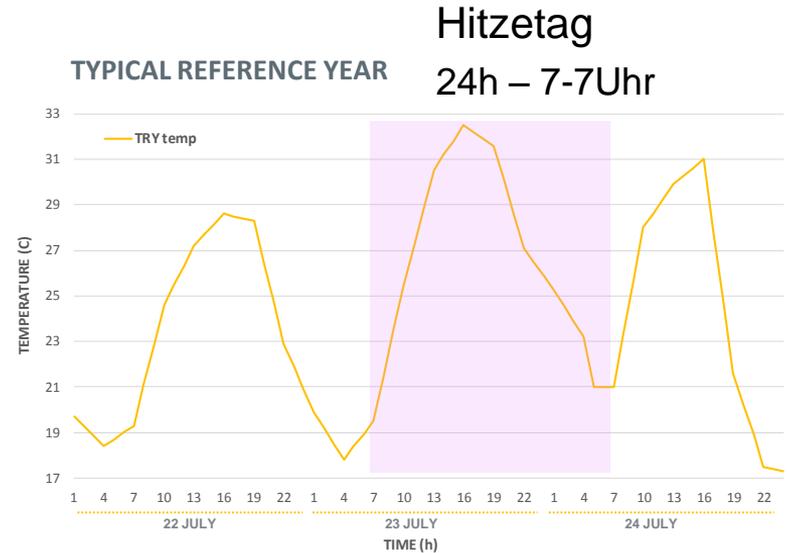
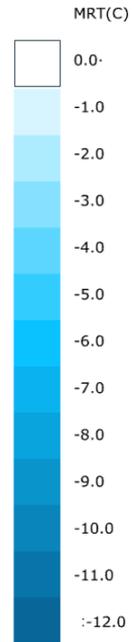
SZENARIO 24 h



max MRT: 55.30 °C

min MRT: 22.58 °C

# LINZ ALTSTADT – MITTLERE STRAHLUNGS-TEMPERATUR (MRT)

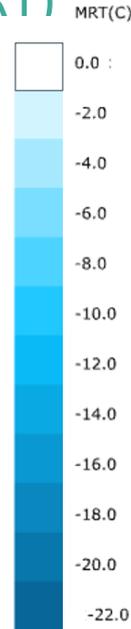


An heißen Tagen kann die MRT durch  
Begrünung um bis zu 11,2 ° C gesenkt werden

max MRT: 0 °C  
min MRT: -11.2 °C

DIFFERENZKARTE 24 STUNDEN

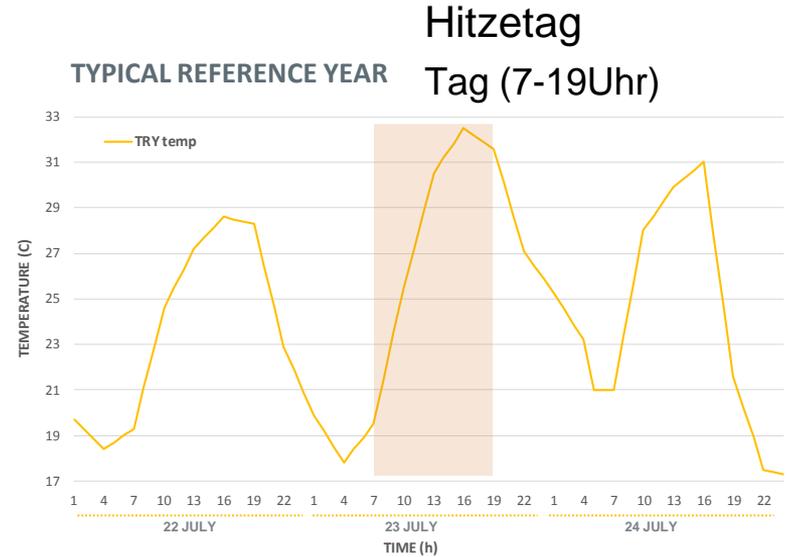
# LINZ ALTSTADT – MITTLERE STRAHLUNGSTEMPERATUR (MRT)



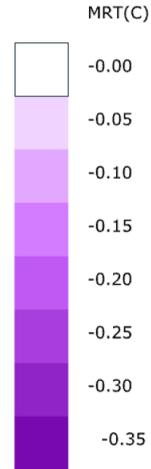
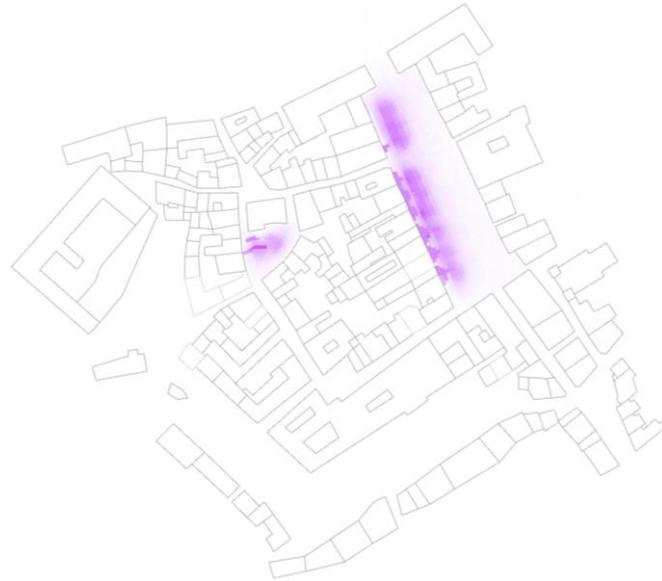
Während des Tages kann die MRT durch Begrünung um bis zu 22,3 ° C gesenkt werden

DIFFERENZKARTE - 12 STUNDEN - TAG

max MRT: 0 °C  
min MRT: -22.3 °C



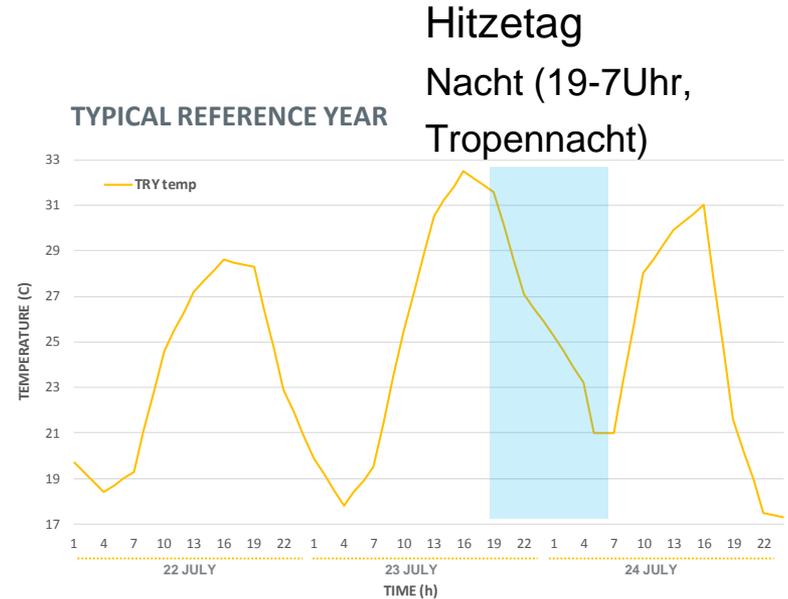
# LINZ ALTSTADT – MITTLERE STRAHLUNGSTEMPERATUR (MRT)



max MRT: 0 °C

min MRT: -0.21 °C

TYPICAL REFERENCE YEAR



Während der Nacht reduziert Begrünung ebenfalls die MRT, jedoch deutlich geringer als tagsüber

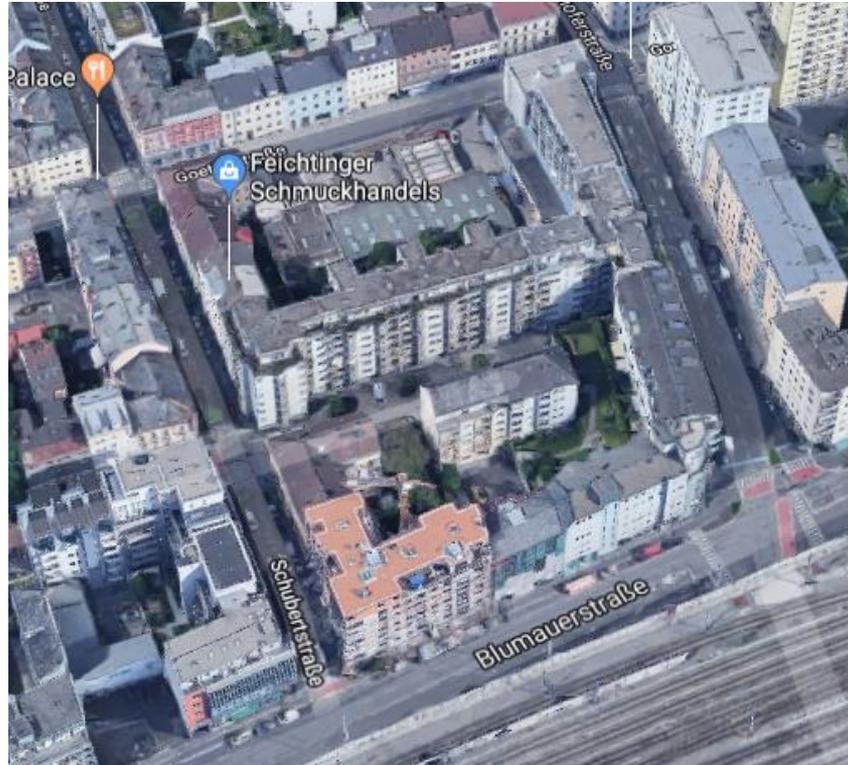
DIFFERENZKARTE - 12 STUNDEN - NACHT

## INTERACTIVE VIEW

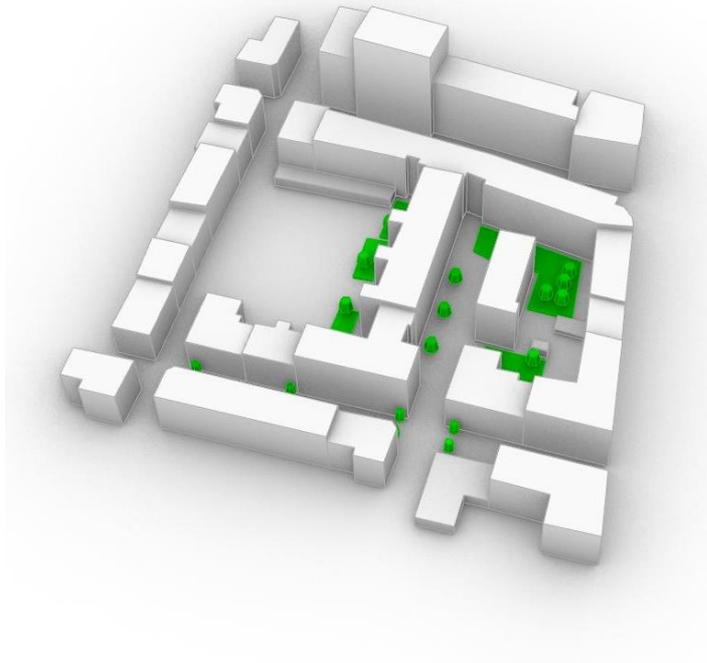
<https://output.jsbin.com/zovibap/13>

(funktioniert mit Firefox, ...  
nicht mit Internet Explorer)

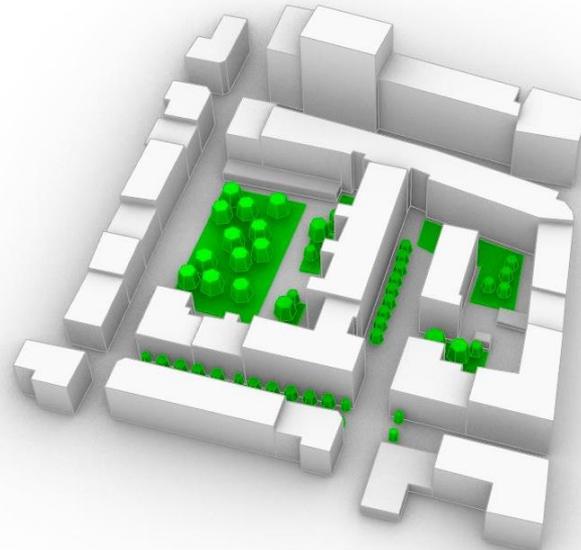
# INNERSTÄDTISCHER BLOCK (GOETHESTR./SCHUBERTSTR./BLUMAUERSTR./DINGHOFERSTR.)



# INNERSTÄDTISCHER BLOCK (GOETHEGASSE / SCHUBERTGASSE...)



IST-ZUSTAND

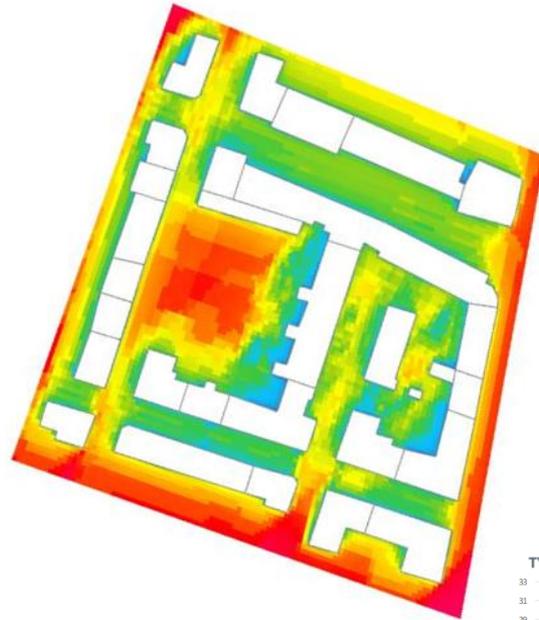


SZENARIO 2: begrünter Hof und Strassen

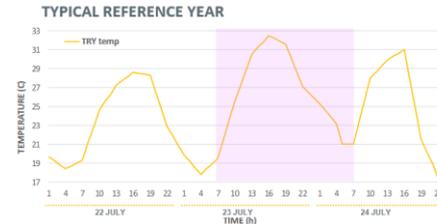
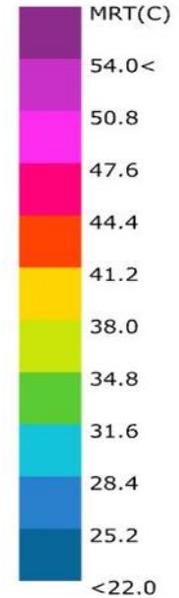
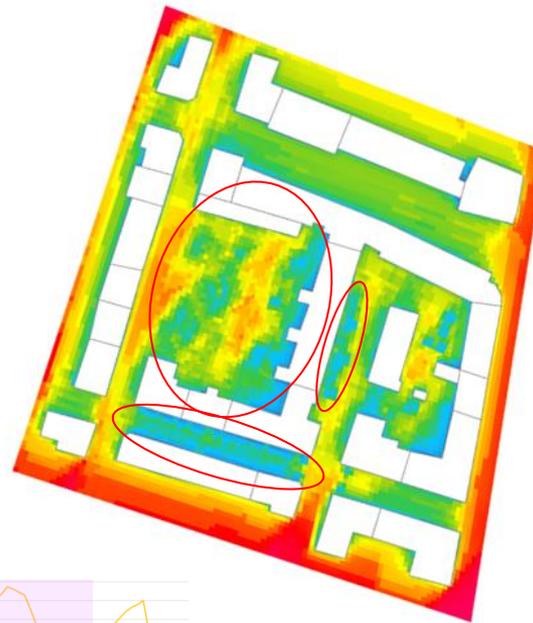
# LINZ – INNERSTÄDTISCHER BLOCK

## MITTLERE STRAHLUNGSTEMPERATUR (MRT)

IST-ZUSTAND



SZENARIO 2: begrünter Hof und Strassen



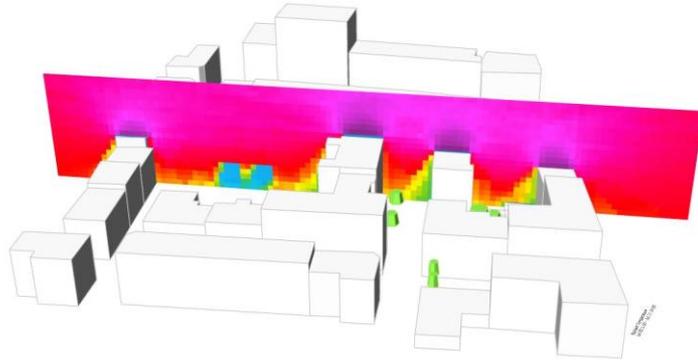
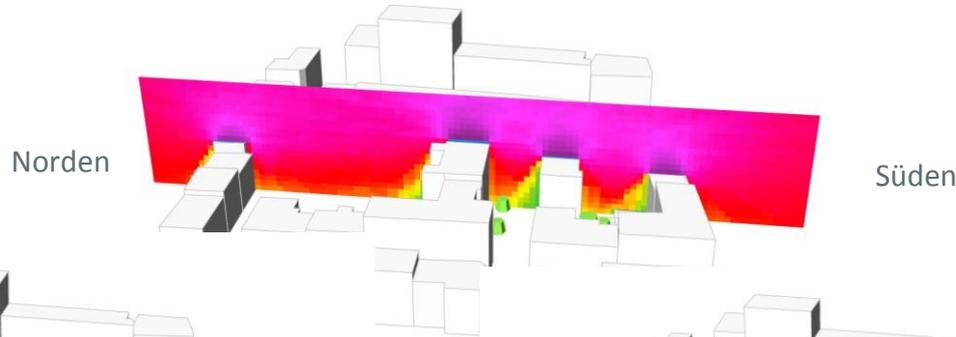
AIT  
AUSTRIAN INSTITUTE  
OF TECHNOLOGY

max MRT: 43.90 °C

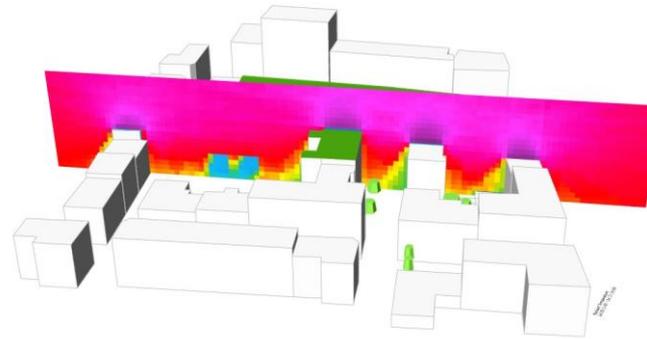
min MRT: 22.58 °C

# LINZ – INNERSTÄDTISCHER BLOCK (N-S SCHNITT, BLICK RICHTUNG WESTEN)

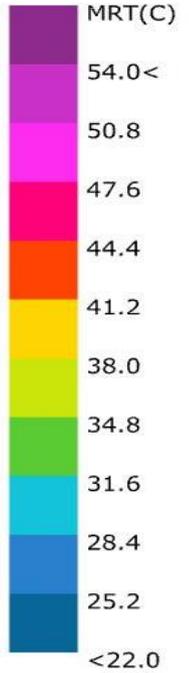
IST-ZUSTAND



SZENARIO 2 begrünter Hof und Strassen



SZENARIO 3 begrünter Hof, Strassen u. Dachbegrünung



## INHALT:

EU-Projekt CLARITY im Überblick

Klimawandel und Städte: urbane Hitzeinseln

Klimawandels und dessen Auswirkung auf den Großraum Linz

Linz im Wandel – Stadtentwicklung und Klimawandel

Anpassungsmaßnahmen – Wirkung in Linz insgesamt

Anpassungsmaßnahmen – Details: Wirkungen in Testgebieten

Zusammenfassung

Ihre Fragen und Antworten

# ANPASSUNGSMASSNAHMEN IN STÄDTEN ZUR MINDERUNG URBANER HITZEINSELEFFEKTE (1)

## Generelle Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen

- **Entsiegelung, Begrünung**
  - begünstigt den Kühlungseffekt durch Evaporation von Bodenfeuchtigkeit, durch Transpiration der Pflanzen
- **Beschattung**
  - reduziert die Strahlungstemperatur
  - beschattete Oberflächen absorbieren weniger Sonneneinstrahlung
  - beschattete Gebäude haben weniger Kühlbedarf
- **Wasserretention und verzögerter Wasserabfluss**
  - reichert das Grundwasser im Boden an
  - entlastet das Kanalsystem
- **Ökologie und Biodiversität**
  - größere Artenvielfalt sorgt für mehr Widerstand bei Trocken- und Hitzeperioden, reduziert die städtische Luftbelastung
- **Lebensqualität**
  - Lärmreduzierung durch erhöhte Adsorption, verminderte Reflexion
  - Verbesserte Luftqualität – Schadstofffilter, CO<sub>2</sub> – Photosynthese
  - Unterstützung der physischen und mentale Gesundheit



<https://smartcities.at/stadt-projekte/smart-cities/#iila4green>

# ANPASSUNGSMASSNAHMEN IN STÄDTEN ZUR MINDERUNG URBANER HITZEINSELEFFEKTE (2)

## Straßen- und Platzgestaltung: Entsiegelung, Begrünung, Baumpflanzung

- **Baumpflanzungen besonders effektiv in**
  - **Breite Straßen**, da sie stärker besonnt werden als enge
  - **großen Kreuzungsbereiche** - sind besonders sonnenexponiert und von FußgängerInnen stark frequentiert
  - **entlang von Süd- und Westfassaden** – Bäume beschatten während stärkster Sonneneinstrahlung
- **Breitere Straßen und größere Plätze** soweit als möglich **entsiegeln** und **begrünen**; Stellplätze etwa durch Rasengittersteine. Auch Straßenbahntrassen können entsiegelt und begrünt werden.
- **Wasserflächen**, Brunnen, Feuchtwiesen: Verdunstung des Wassers erhöht den lokalen Kühleffekt. Öffentliche **Trinkbrunnen** stellen der Bevölkerung Trinkwasser zur Verfügung.
- Ein **Netz von Grünkorridoren** → durchgehend beschattete Fuß- und Radwege, begünstigt die Durchlüftung und bereichert das Stadtökosystem.
- **Pergolen**, wo keine Beschattung durch Bäume möglich ist



<https://afasiaarchzine.com/2012/02/tredje-natur/>

# ANPASSUNGSMASSNAHMEN IN STÄDTEN ZUR MINDERUNG URBANER HITZEINSELEFFEKTE (3)

## Höfe: Entsiegelung und Begrünung

- **Große Höfe:** viel Sonneneinstrahlung tagsüber, stärker Abstrahlung nachts → starke mikroklimatische Schwankungen → **Baumpflanzungen** wirken ausgleichend und reduzieren die Erwärmung
- **Offene Höfe** werden besser durchlüftet, erhalten jedoch auch mehr Sonneneinstrahlung → **Baumpflanzungen** reduzieren deutlich die Luft- und mittlere Strahlungstemperatur
- **Kleine bzw. dicht-verbaute, kleinteilige Höfe** sind durch die umgebende Bebauung **mehr beschattet**, wodurch (weitere) **Baumpflanzungen weniger effektiv** sind. Zu dichte und hohe Baumkronen reduzieren mit den umliegenden Fassaden den Skyviewfaktor – damit wird der Luftaustausch und eine Nachtabkühlung reduziert
- Jedes **Grundstück sollte eine Mindestmaß an unversiegelter Fläche** aufweisen – d.h. eine vollständige Unterkellerung sollte jedenfalls vermieden werden! Offenporige Flächen ermöglichen die Versickerung des Regenwassers, und erhöhen – gemeinsam mit Bäumen - die Verdunstung und damit den lokalen Kühleffekt.

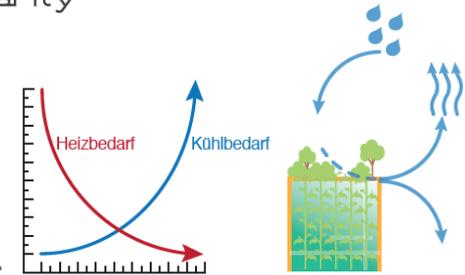


<https://www.grueneliga-berlin.de/themen-projekte2/stadtbegruenung/projektarchiv/film-zum-hofwettbewerb/>

# ANPASSUNGSMASSNAHMEN IN STÄDTEN ZUR MINDERUNG URBANER HITZEINSELEFFEKTE (4)

## Dach- und Fassadenbegrünung

- **Dachbegrünung** → Wärmedämmung und geringere Wärmespeicherung, bei geeigneter Bepflanzung (und Bewässerung) für Beschattung und Verdunstung.
- **Fassadenbegrünung (v.a. Süd- und Westfassaden)** → geringere Wärmespeicherung, Beschattung und Evaporation → Verbesserung des thermischen Komforts der Wohnungen, wie auch des Straßenraumes.



## Strassenorientierung

- **Nord-Süd orientierte Straßen** werden nur während der Mittagsstunden voll besonnt. Die Hausfassaden sorgen vorher und nachher für Schatten
- **Ost-West orientierte Straßen** dagegen am längsten besonnt, wobei während der heißesten Mittags- und frühen Nachmittagszeit die Sonne im steilsten Winkel strahlt → Baumpflanzungen bringen eine maximale Verbesserung des thermischen Komforts.
- Drehen der Straßenorientierung um 45 ° (NW – SO bzw. SW-NO) bringt die besten Beschattungsergebnisse für das Straßennetz insgesamt

Übersicht auch auf: <https://csis.myclimateservice.eu/adaptation-options-overview>

VIELEN DANK !  
WIR FREUEN UNS ÜBER IHRE FRAGEN!

*Dr. Wolfgang Loibl: +43(0)664/8251186; E-mail: [wolfgang.loibl@ait.ac.at](mailto:wolfgang.loibl@ait.ac.at)*

*Dr. Tanja Tötzer: +43(0)664/8251002; E-mail: [tanja.toetzer@ait.ac.at](mailto:tanja.toetzer@ait.ac.at)*

AIT – Austrian Institute of Technology -  
Digital Resilient Cities Unit

[www.ait.ac.at/city](http://www.ait.ac.at/city)

<http://clarity-h2020.eu>