

Städte im Klimawandel – Maßnahmen zur Eindämmung städtischer Wärmeinseln

Dr. Maja Žuvela-Aloise

Urban Modelling Team

Fachabteilung Modellapplikationen / Abteilung Vorhersagemodelle

Bereich Daten, Methoden, Modelle

ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

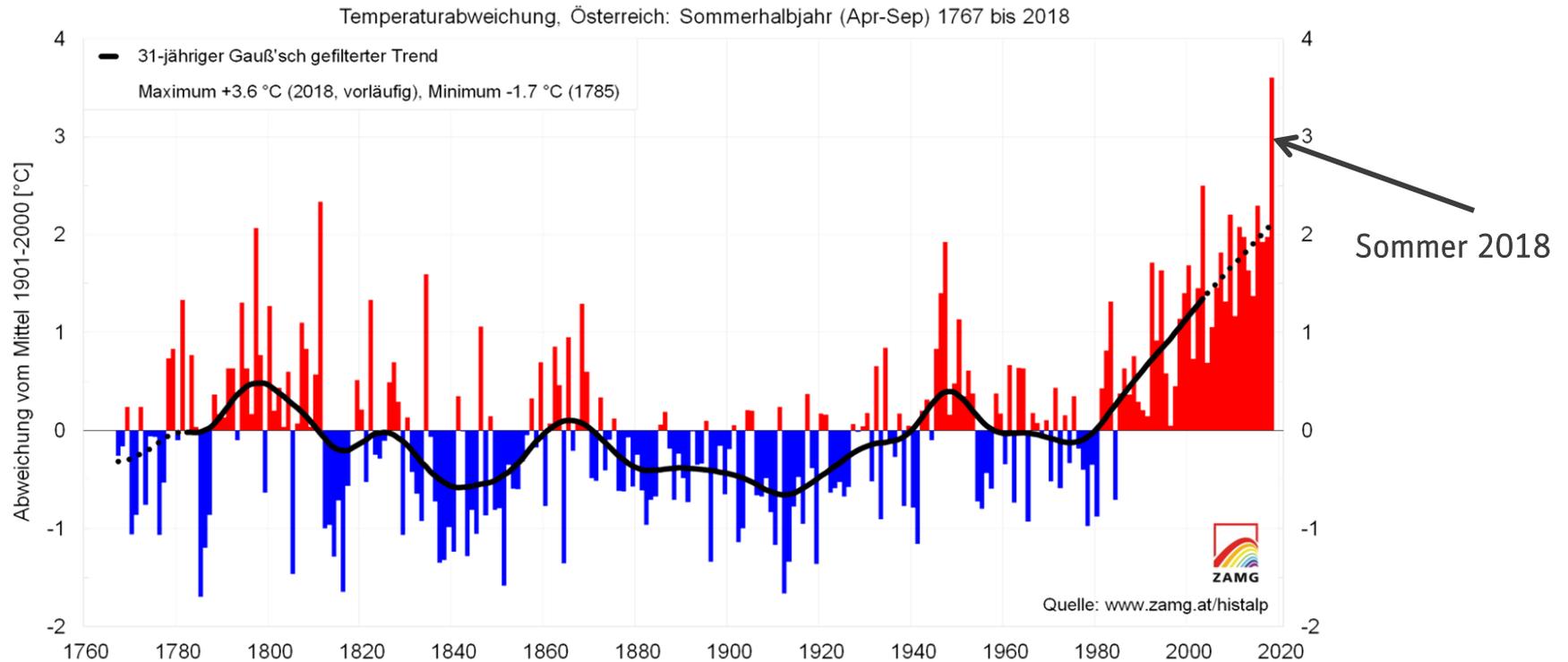
1190 Wien, Hohe Warte 38



ZAMG

Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

Langfristige Temperaturanstieg in Österreich

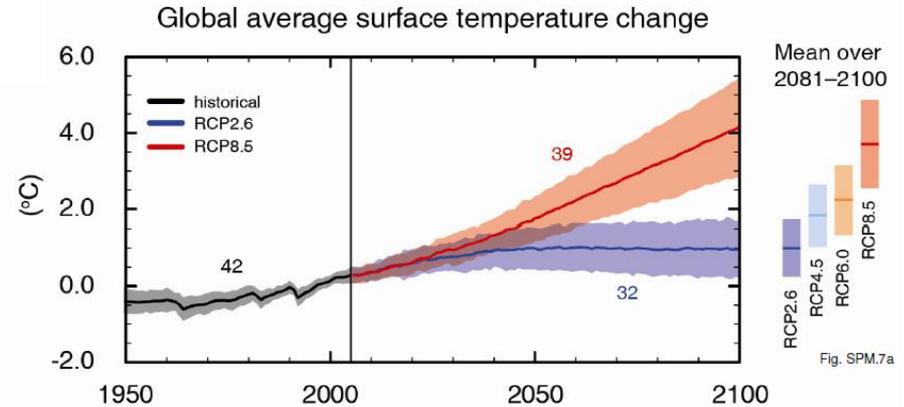


<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/waermstes-sommerhalbjahr-der-messgeschichte>

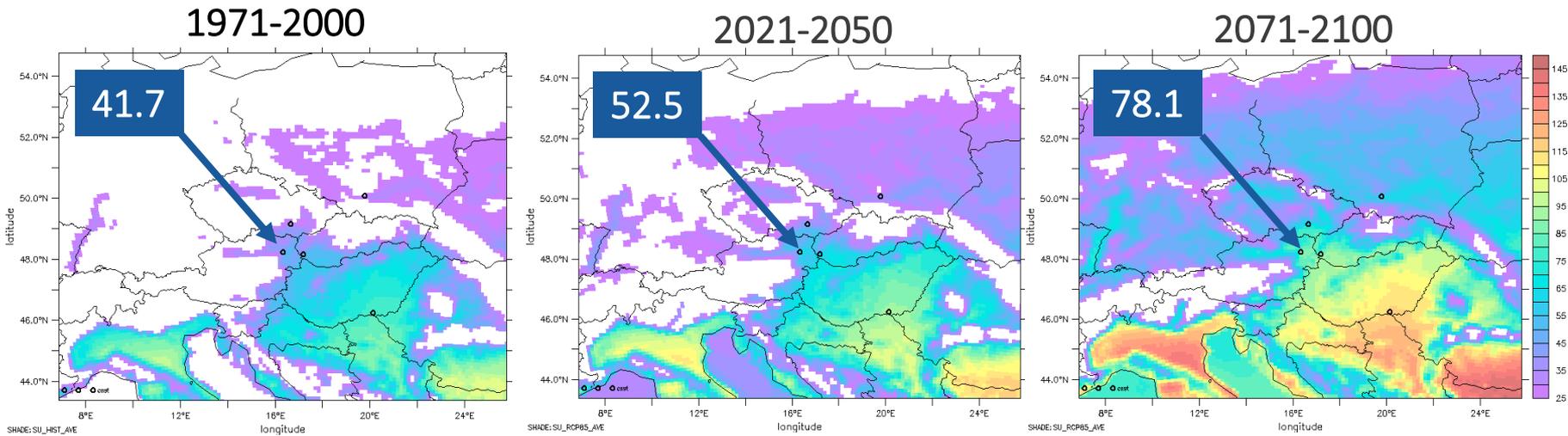
Klimawandel und zukünftige Klimaprojektionen



Zukünftige Klimaszenarien zeigen eine starke Zunahme in Hitze mit höherer Intensität und Häufigkeit der Hitzewellen bis Ende des 21. Jahrhunderts. (IPCC, 2007; 2013)



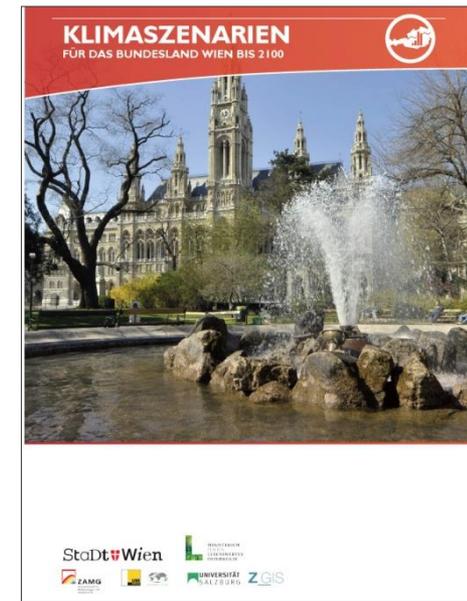
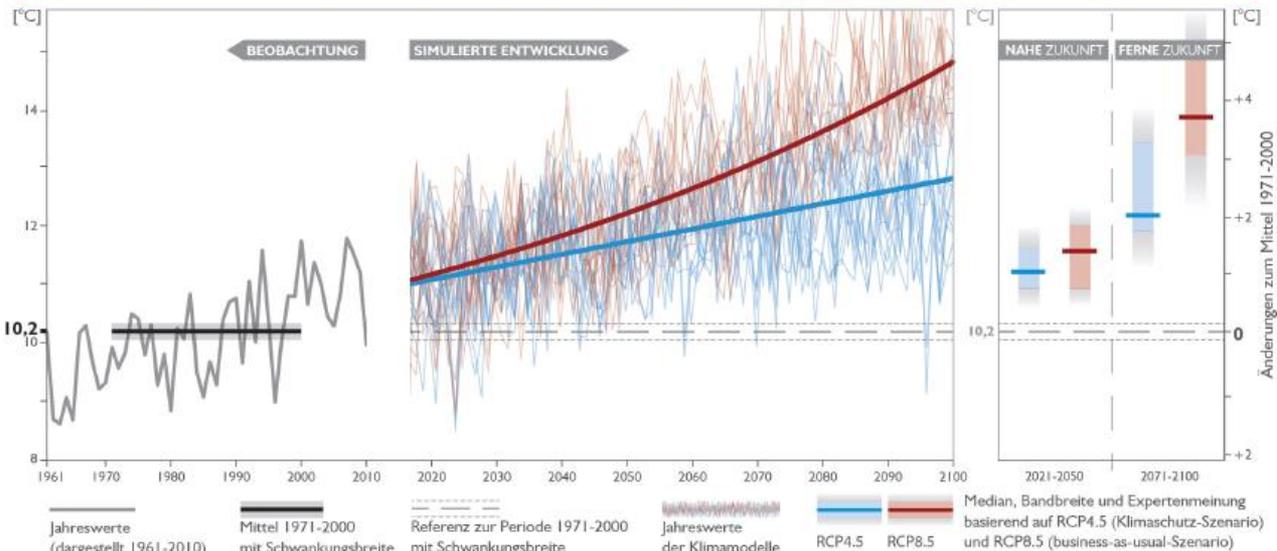
IPCC Scenario rcp85



Mittlere jährliche Anzahl der Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)
 Input: EURO-CORDEX (EUR-11), 11 regionale Klimamodelle

ÖKS15 Klimaszenarien für Wien - Temperatur

Vergangene und simulierte Entwicklung der mittleren Lufttemperatur



Beobachtete Werte und simulierte Änderungen der mittleren Lufttemperatur (in °C)

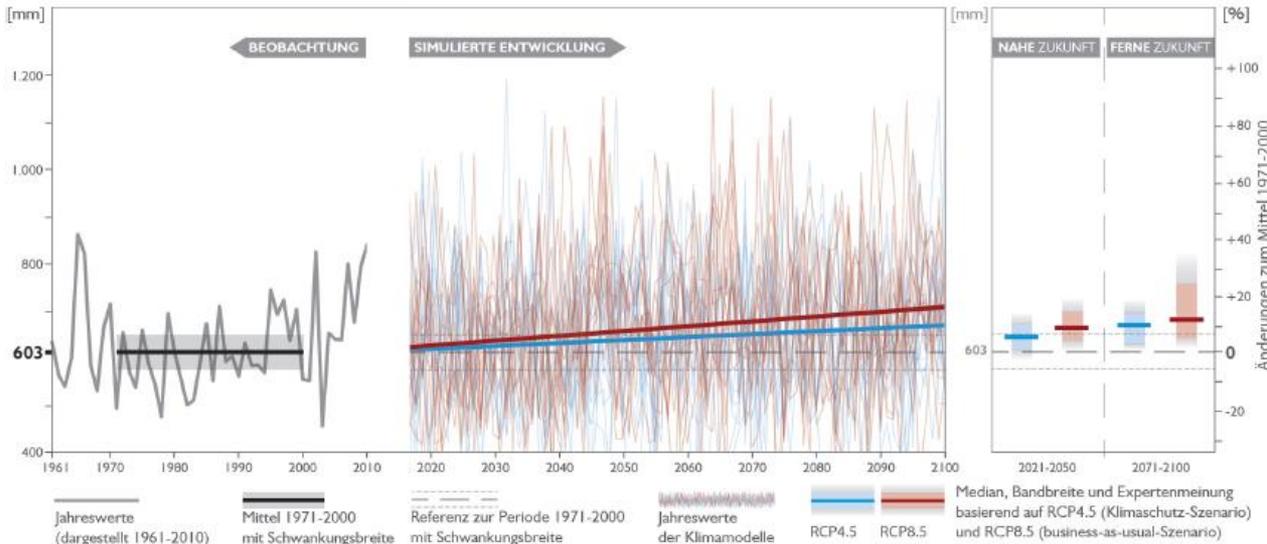
1971-2000		2021-2050				2071-2100				
Jahreswerte		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)		
bis	10,4	+1,6		+1,9		+3,3		+4,7		
Mittel	10,2	+1,2		+1,5		+2,2		+3,8		
von	10,0	+0,8		+0,8		+1,7		+3,1		
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
bis	1,4	19,6	+2,1	+1,6	+2,1	+1,9	+2,8	+2,8	+4,9	+5,4
Mittel	0,9	19,4	+1,4	+1,3	+1,5	+1,3	+2,5	+2,0	+4,2	+3,8
von	0,4	19,1	+0,7	+1,0	+0,6	+1,0	+1,8	+1,6	+3,6	+3,0

Winter: Dezember - Jänner - Februar / Sommer: Juni - Juli - August

https://data.ccca.ac.at/en/dataset/oks15_factsheets_klimaszenarien_fur_das_bundesland_wien-v01

ÖKS15 Klimaszenarien für Wien - Niederschlag

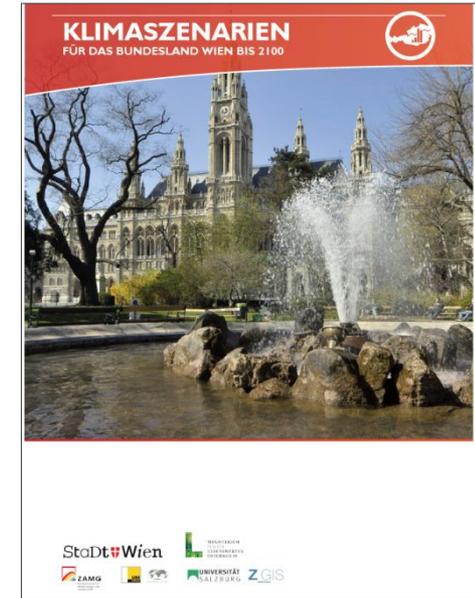
Vergangene und simulierte Entwicklung des mittleren Niederschlages



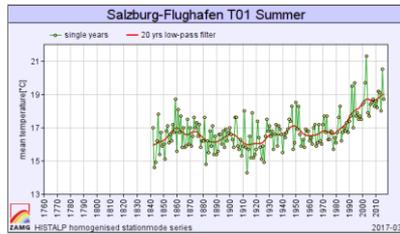
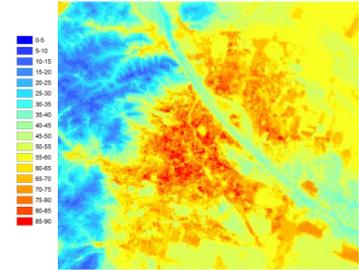
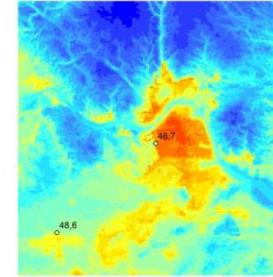
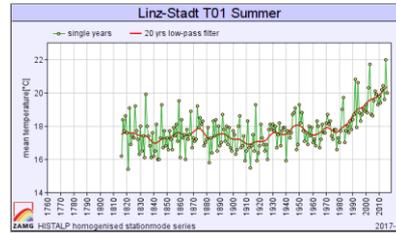
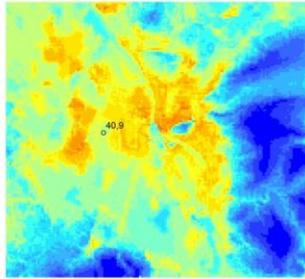
Beobachtete Werte (in mm) und simulierte Änderungen der mittleren Niederschlagssummen (in %)

	1971-2000		2021-2050				2071-2100			
	Jahreswerte	Mittel	RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)	
bis	630	603	+11,7		+16,8		+16,4		+25,0	
Mittel	603	603	+7,1		+9,1		+10,1		+12,7	
von	575	575	+1,3		+5,8		+4,3		+7,5	
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
bis	123	215	-30,5	+16,7	+28,9	+1,8	+20,2	+21,5	+38,6	+16,3
Mittel	113	195	+11,8	+2,0	+16,9	+0,5	+13,0	+3,9	+31,6	+4,0
von	102	175	+1,8	-5,4	-2,3	-6,1	+4,1	-7,9	+19,6	-17,1

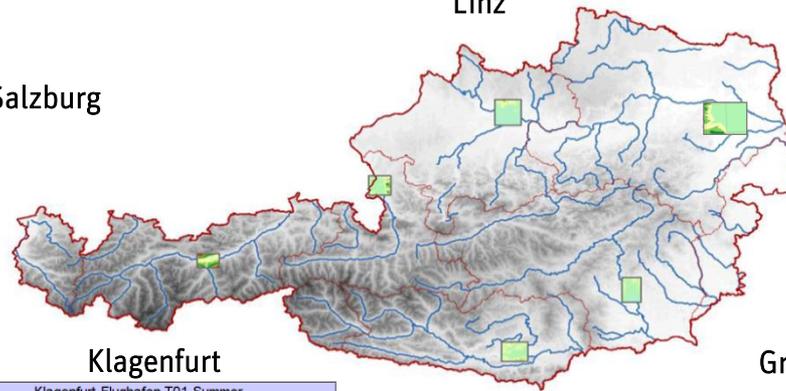
Winter: Dezember - Jänner - Februar / Sommer: Juni - Juli - August



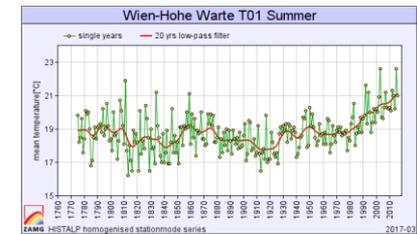
Stadtklima der österreichischen Städte



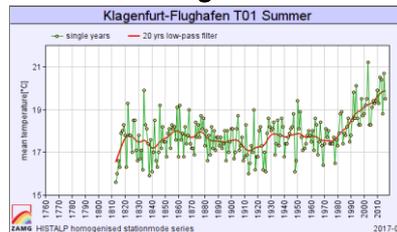
Salzburg



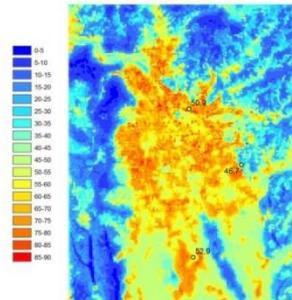
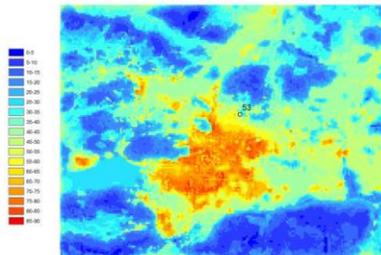
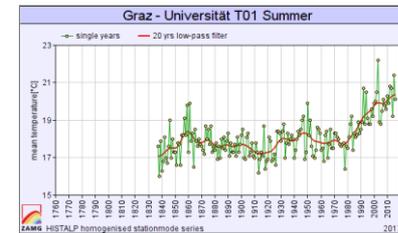
Wien



Klagenfurt



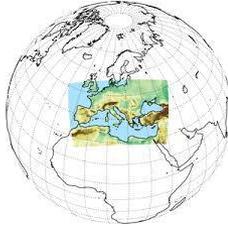
Graz



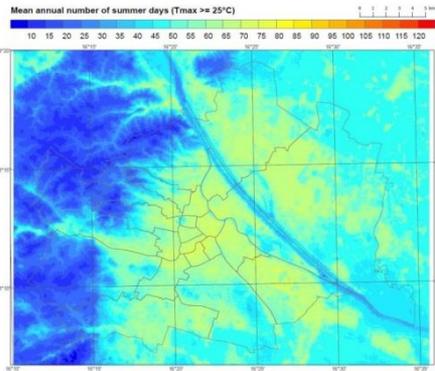
Beobachteter Anstieg der Lufttemperaturen im Sommer entnommen der HISTALP Datenbank und mittlere Anzahl der Sommertage ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$) im Zeitraum 1981-2010 basierend auf Modellsimulationen für österreichische Städte.

Zukunftsszenarien für Wien

Input: EURO-CORDEX (EUR-11)



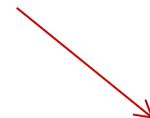
1971-2000



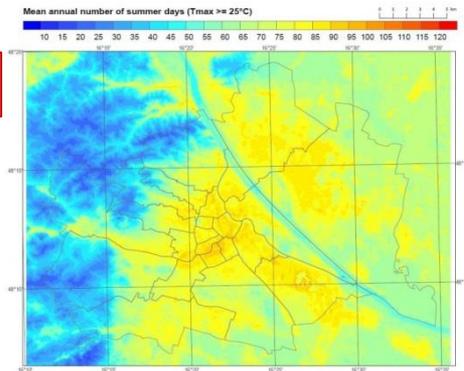
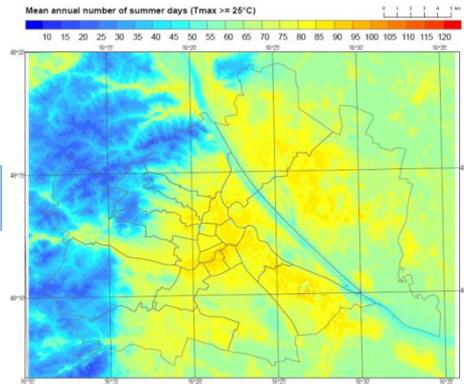
RCP4.5



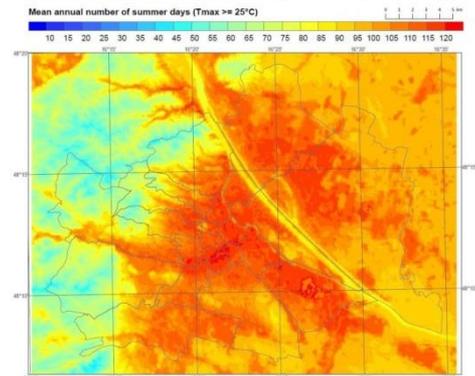
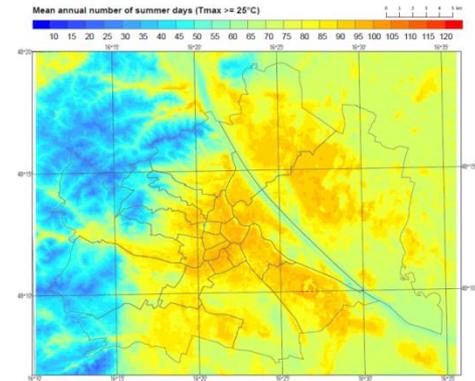
RCP8.5



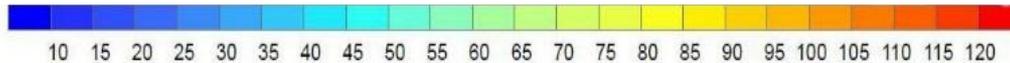
2021-2050



2071-2100



SU – mittlere Anzahl der Sommertage ($T_{max} \geq 25^{\circ}C$)



Mögliche Klimaanpassungsmaßnahmen

- kurzfristig: **Hitzewarnungssystem, Risikomanagement**
- langfristig: **Klimaanpassungsmaßnahmen in Stadtplanung:**
 - **Green City:** Höherer Anteil der begrünten Flächen (Entsiegelung, neue Parkflächen, Dachbegrünung)
 - Reduktion der Oberflächentemperatur
 - Abschattungseffekt
 - Verdunstungskühlung
 - Abflussverzögerung, Wasserrückhaltung
 - Geringere Staubbelastung
 - **Blue City:** Höherer Anteil der Wasserflächen
 - Verdunstungskühlung
 - Minderung der Tagesschwankungen
 - Verbesserung der Ventilation
 - **White City:** Änderung der Albedo (Reflexion) an Gebäuden und versiegelten Oberflächen
 - Reflexion der kurzwelligen Strahlung
 - Reduktion der Oberflächentemperatur

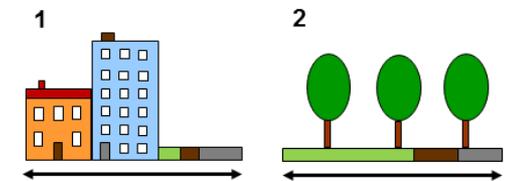
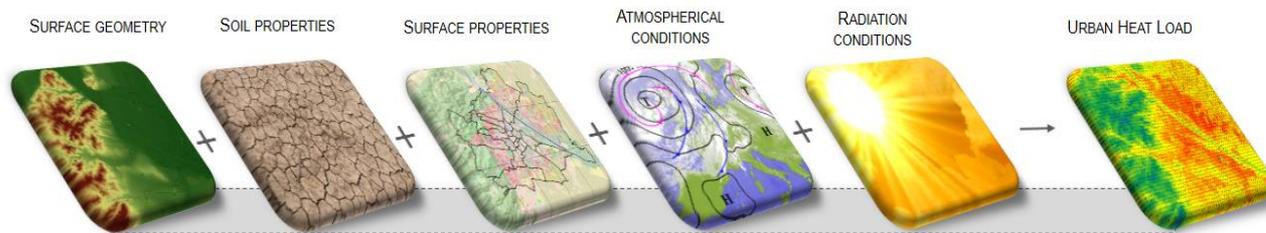
.... oder **Grey City:** Stadterweiterung und Verdichtung ?

Stadtklimamodell MUKLIMO_3



3D Mikroskaliges Urbanes KLIMA**MO**dell (*Sievers and Zdunkowski, 1986; Sievers, 1990; Sievers, 1995*)

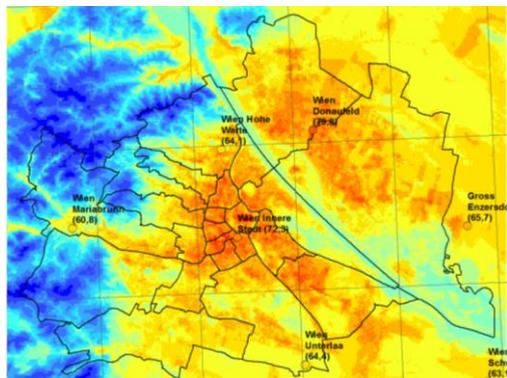
- Auflösung: horizontal 20-200 m, vertikal 10 – 100 m
- Eingangsdaten: Höhenmodell, Meteorologische- und Landnutzungsdaten
- Output: Tagesgang des Windes, der Temperatur und relativer Feuchtigkeit, solare und thermische Strahlung
- Auswertung der Klimaindizes mittels Quader Methode (*Früh et al., 2010*)



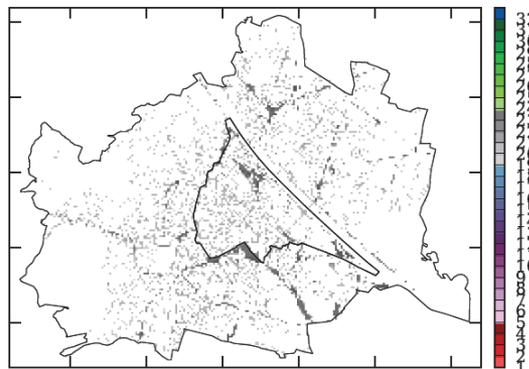
← Parametrisierung von Bebauung und Vegetation

Simulationen der Klimaanpassungsmaßnahmen

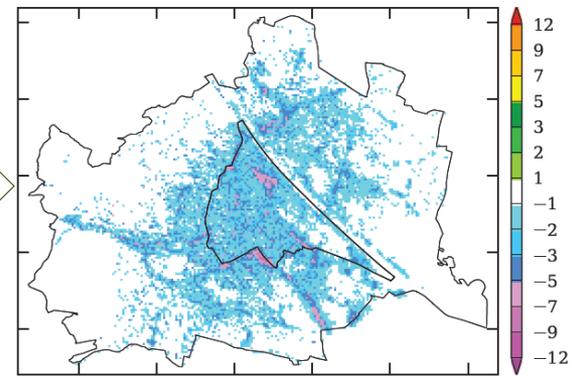
Referenzsimulation



Änderung in Landnutzung



Differenz in Hitzebelastung



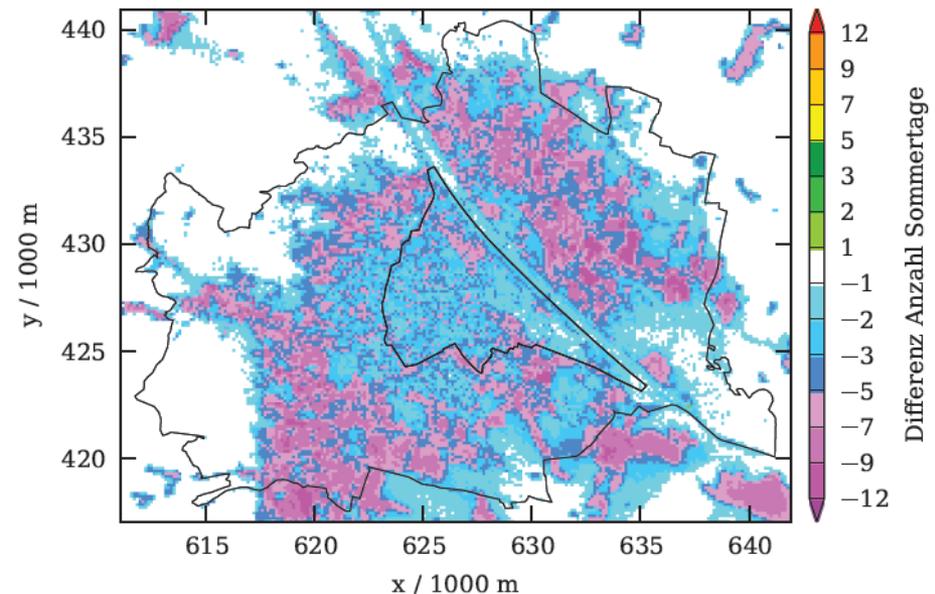
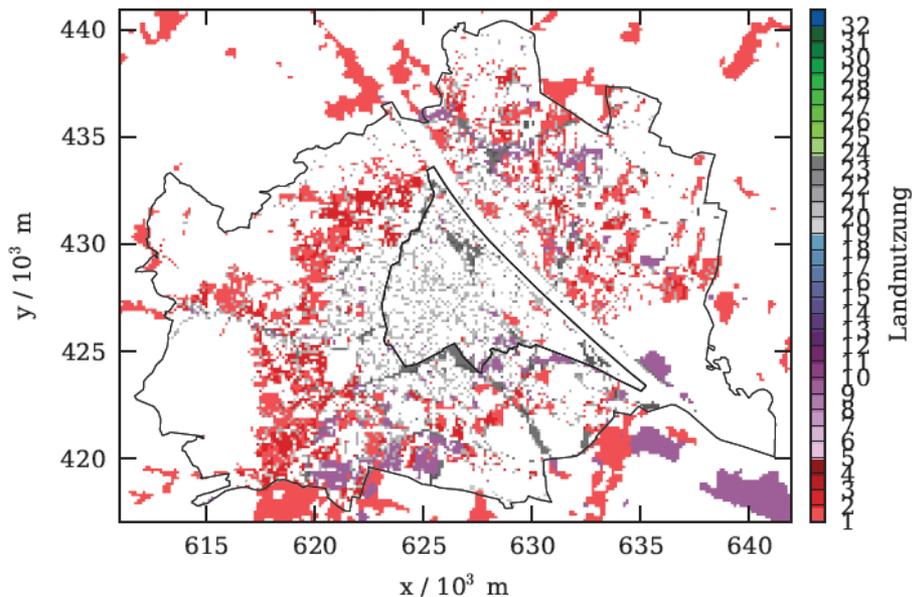
Beispiel: Begrünung und Entsigelung von Verkehrsflächen

Durch großräumige und flächenhafte Anwendung von Klimaanpassungsmaßnahmen (höherer Anteil der Vegetation, Wasserflächen und Erhöhung von Reflexionsvermögen der Gebäuden) sind mäßige bis starke Kühlungseffekte realisierbar.

Diff. in Anzahl der Sommertage	Einfluss auf Hitzebelastung
<1	unter Modellgenauigkeit
1-3	gering
4-9	mäßig
≥10	stark

Green City: Begrünung von Verkehrsflächen und lockere bis mittlere dicht Bebauung

- Anteil der Bebauung: -10%
- Anteil der Versiegelung: -20%
- Anteil der niedrigen Vegetation: +20%
- Anteil der Bäume: +20%



- gezielt und kombiniert \rightarrow mögliche erhebliche Auswirkungen

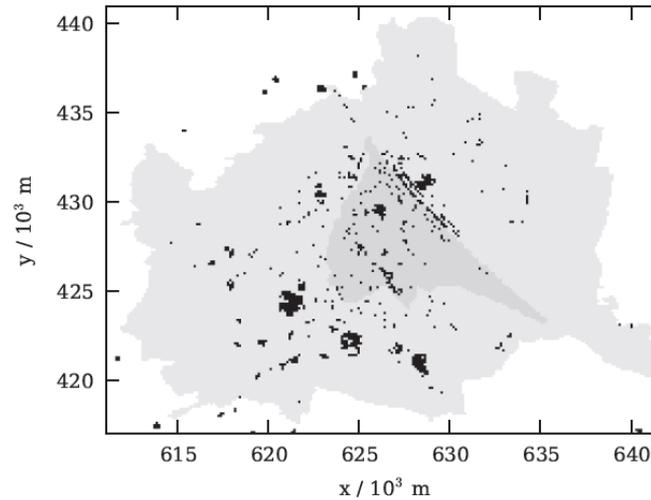
Green City: Erhöhung des Anteils von Grünflächen in der Stadt



Anzahl der Gitterpunkte von Grünflächen
in der Stadt: 1158 (ha)

- 10 % - 30% -> positive Effekte aber meistens lokalisierte Auswirkungen
- 100 % -> große Auswirkungen, aber nicht umsetzbar

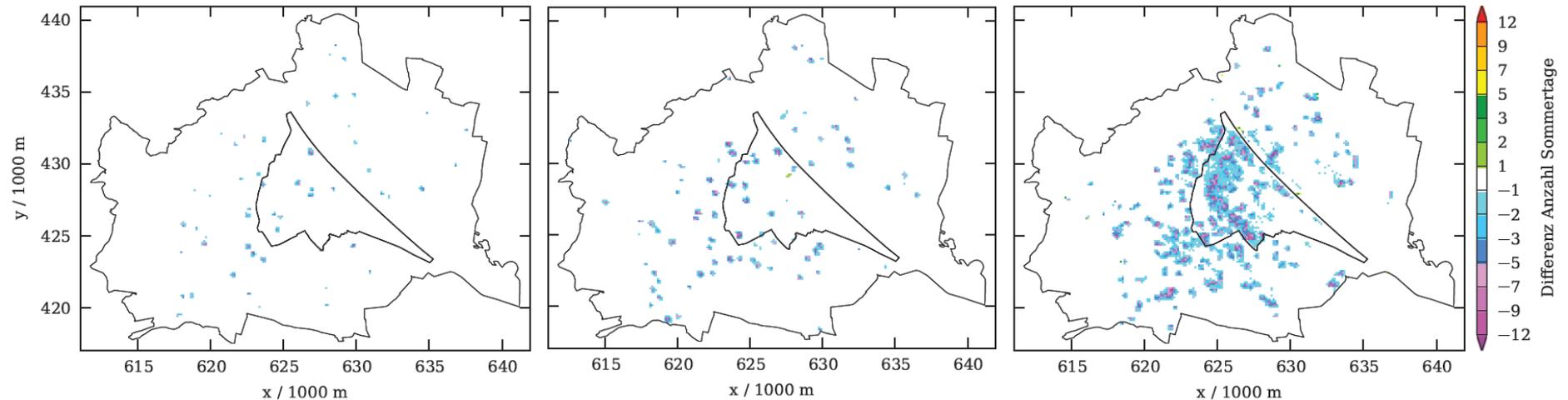
Grünflächen



+10%

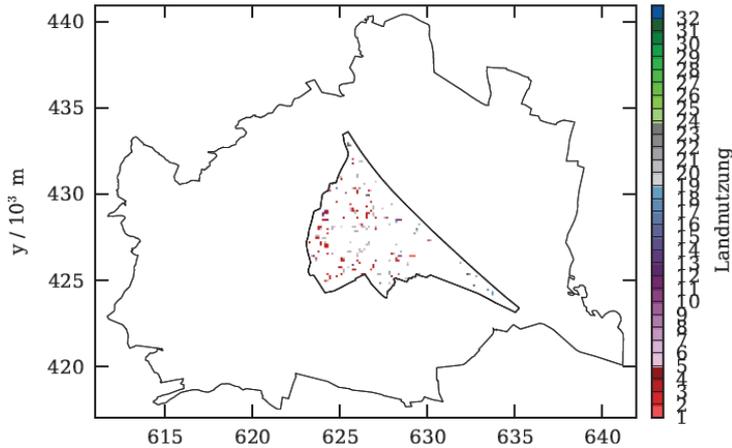
+30%

+100%

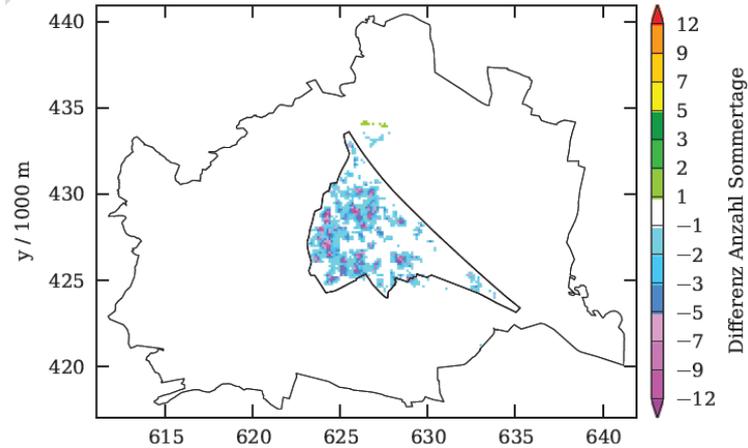


Green City: Konzentrierung vs. Fragmentierung der Grünflächen

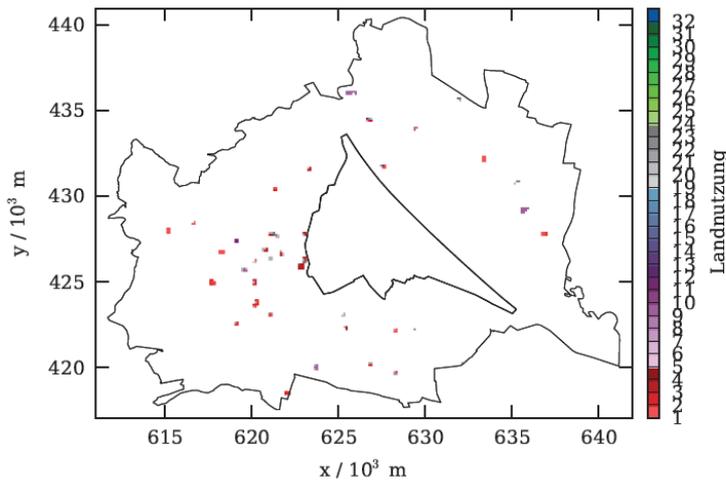
+30% im inneren Bereich



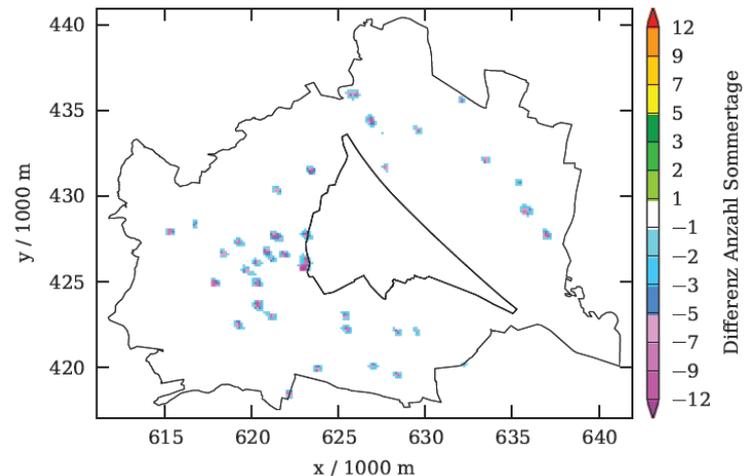
größere Auswirkungen Einfluss auf Umgebung



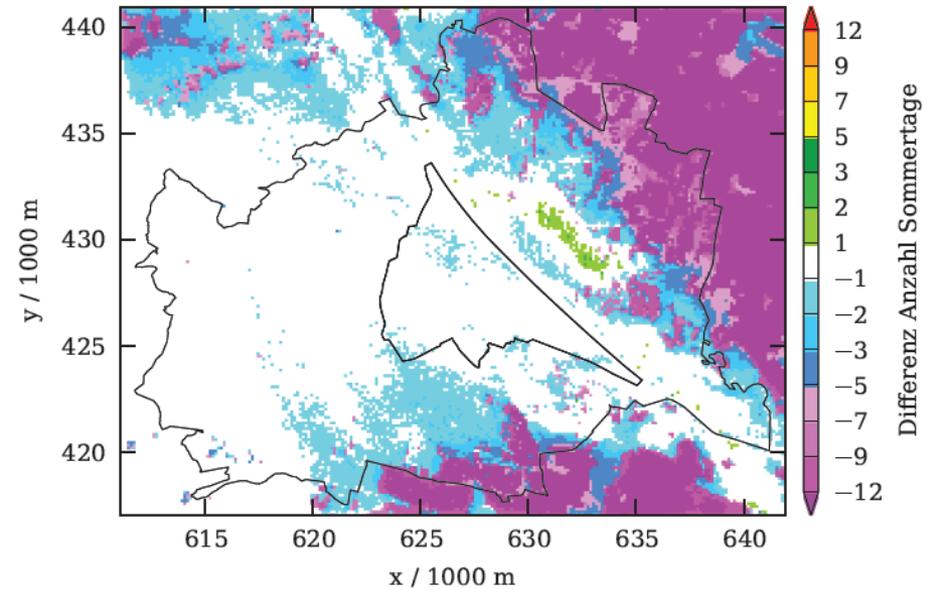
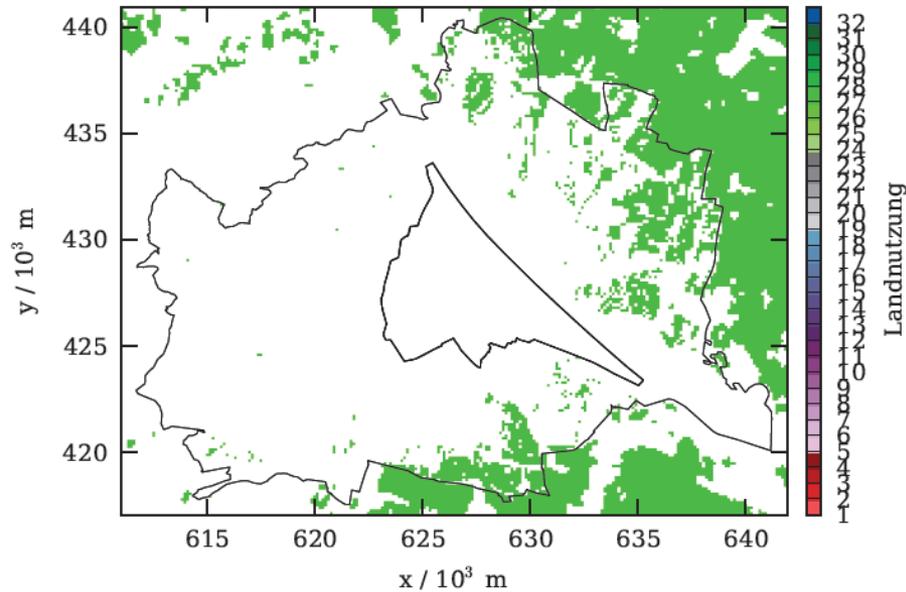
+30% im äußeren Bereich



lokale Auswirkungen abhängig von Umgebung und Position in der Stadt

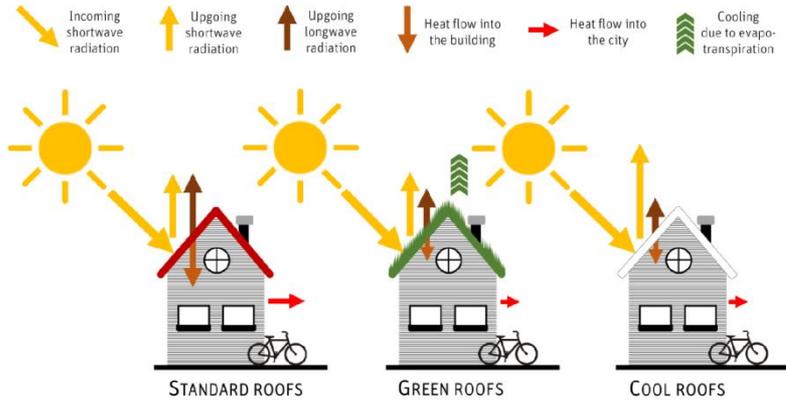


Umwandlung von Acker in Wald



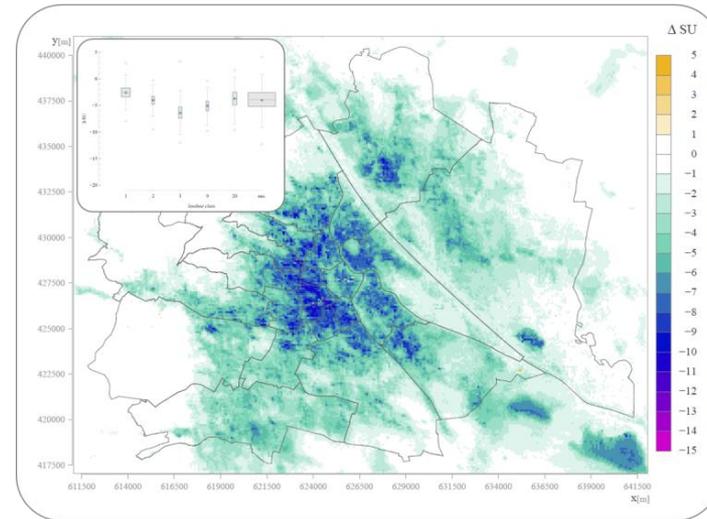
- großer Abkühlungseffekt
- Fernwirkungen möglich

Green & White City: Gründachpotential und weiße Dächer



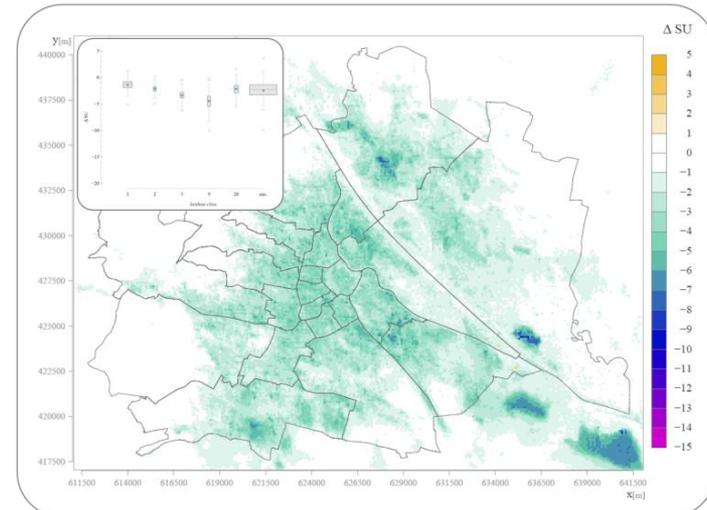
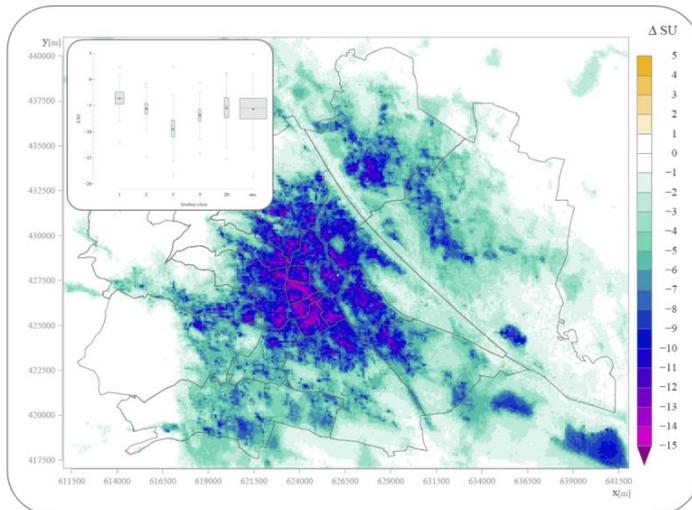
- positive Effekte bei Nutzung von Gründachpotential
- große Auswirkungen bei Umsetzung von Gründächern in Kombination mit hellen Dächern (Albedo=0.68)

Albedo +0.50



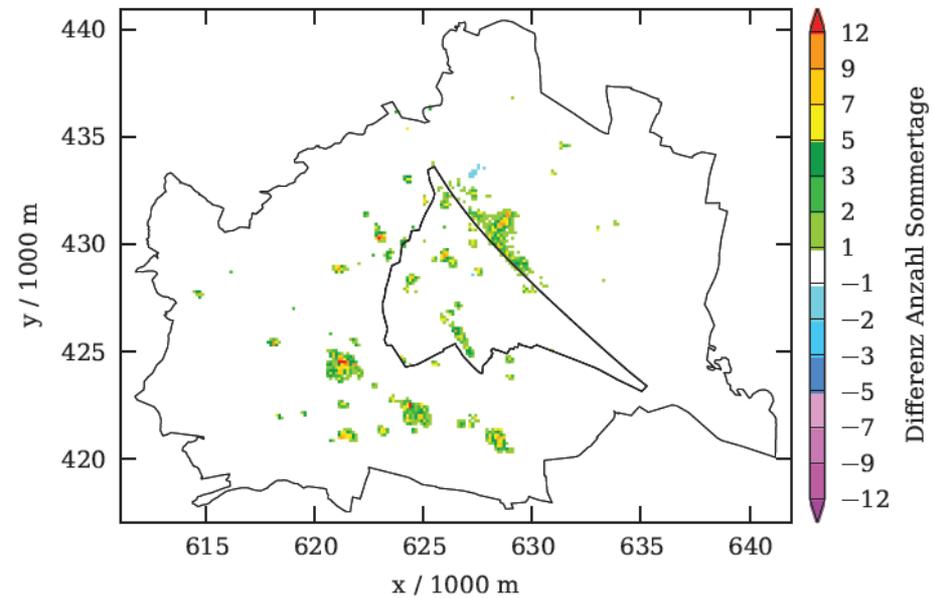
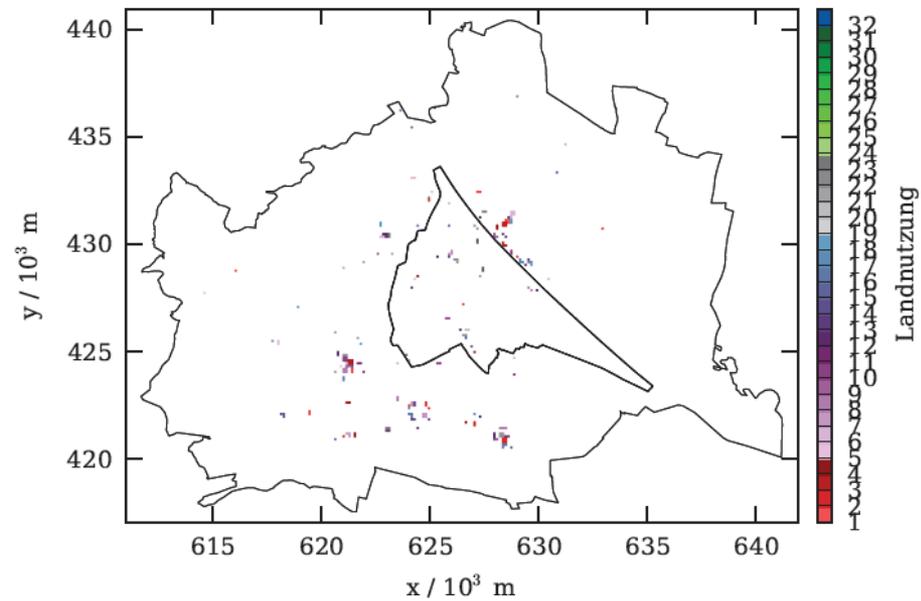
Gründachpotential

Gründächer 100%



Grey City: Urbanisierung

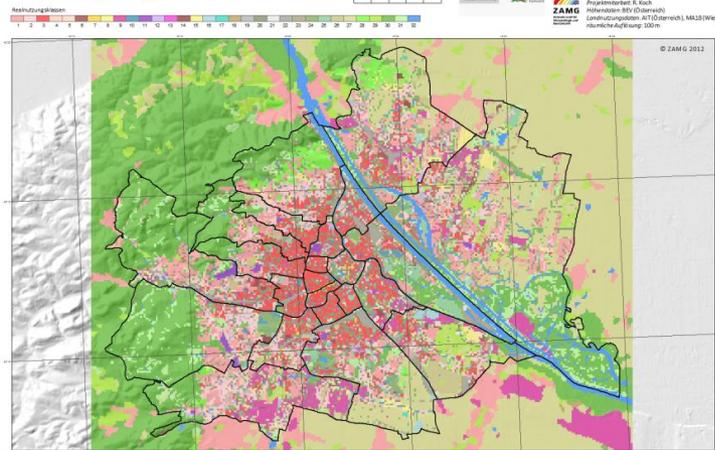
Reduzierung der vorhandenen Grünflächen um ca. -30%



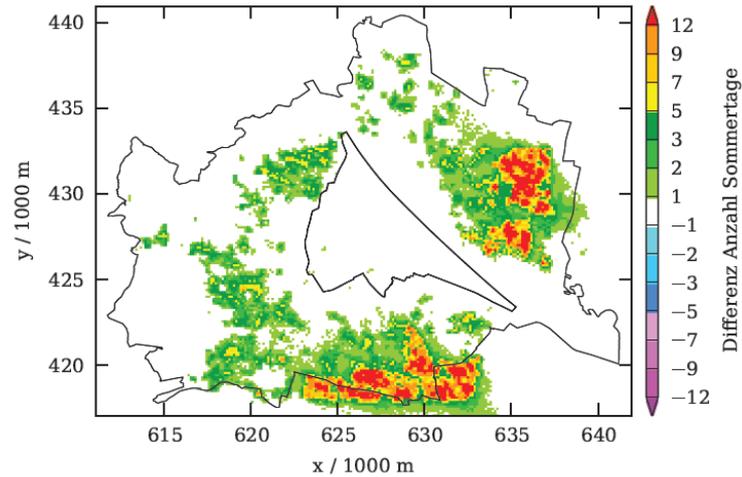
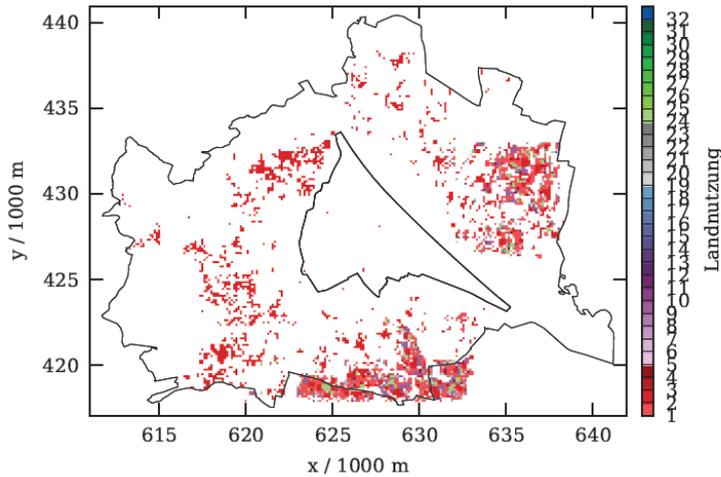
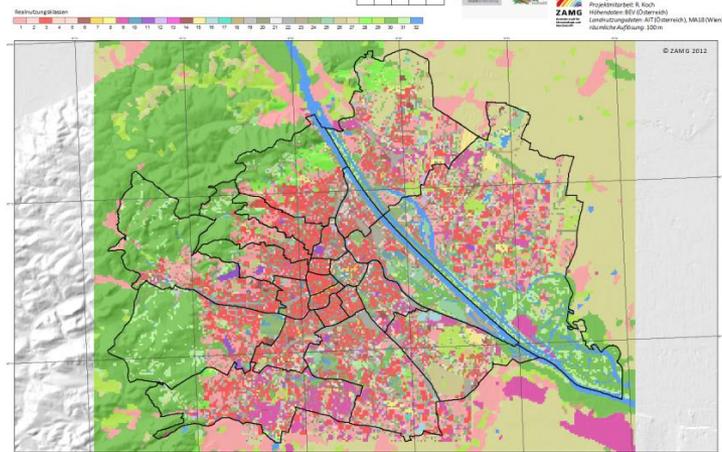
- Erwärmung und Einfluss auf die Umgebung

Grey City: Erweiterung und Verdichtung der Stadt

Landnutzung 2007/2008

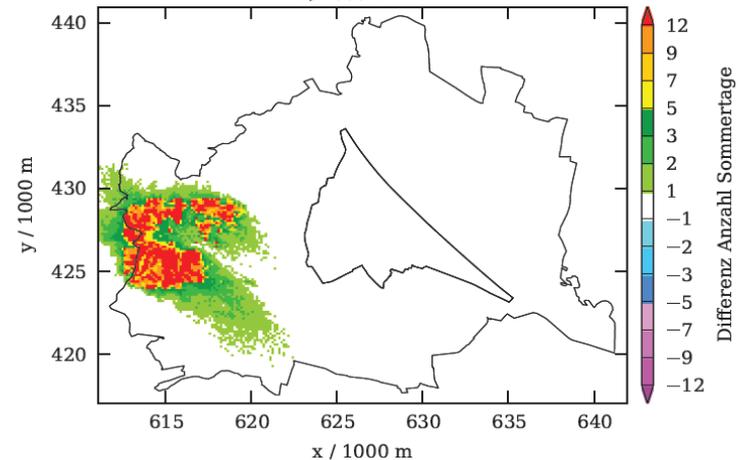
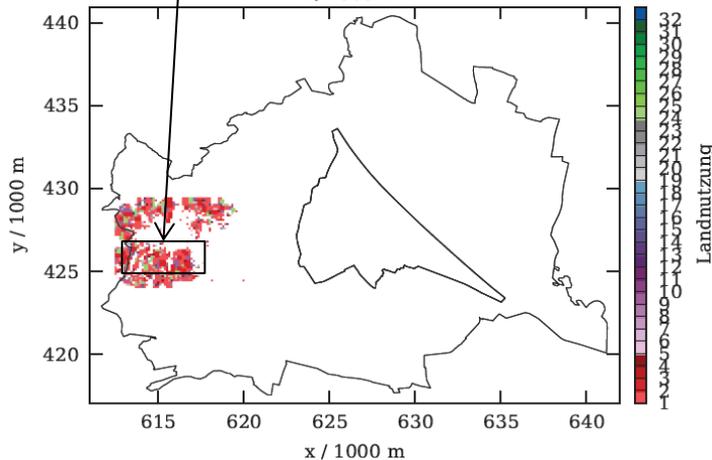
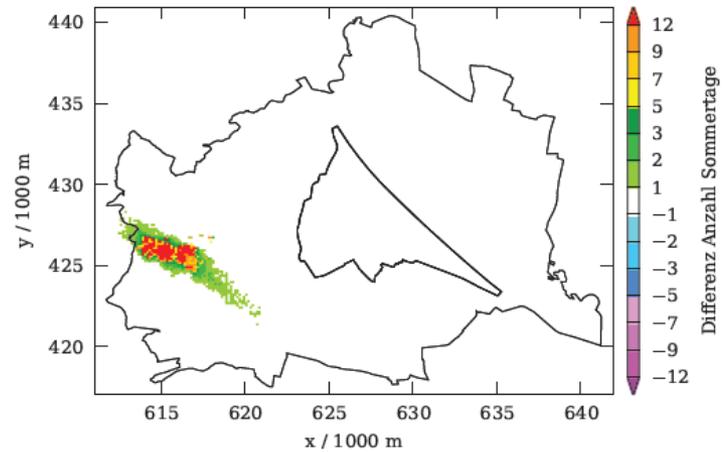
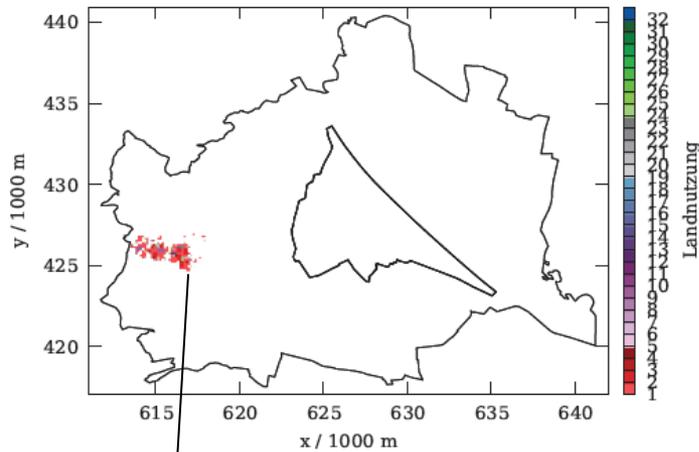


Landnutzung hypothetische Zukunft



- Erweiterung und/oder Verstärkung der urbanen Wärmeinsel

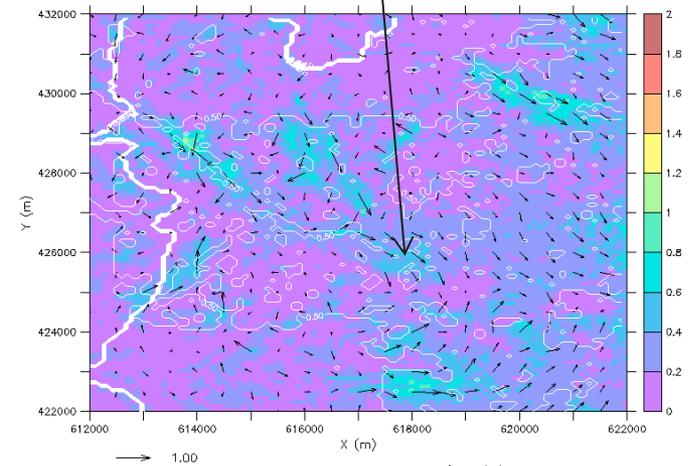
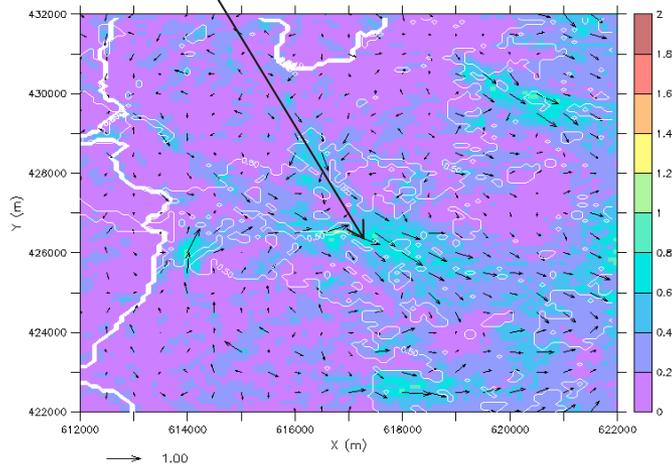
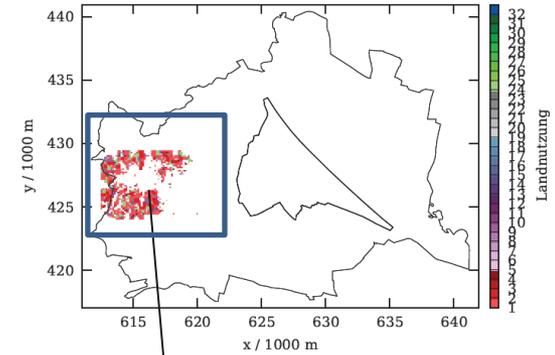
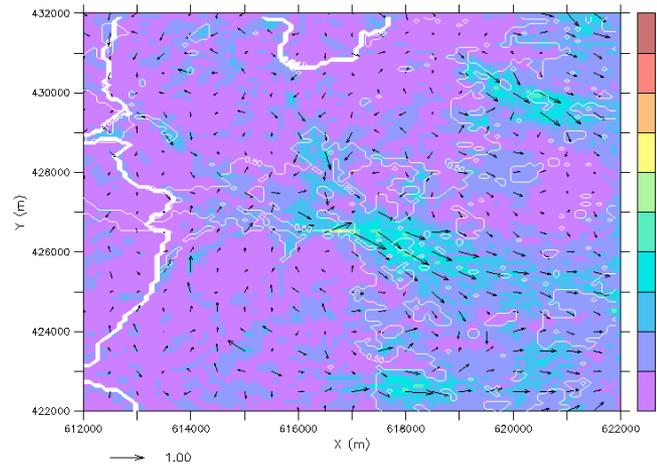
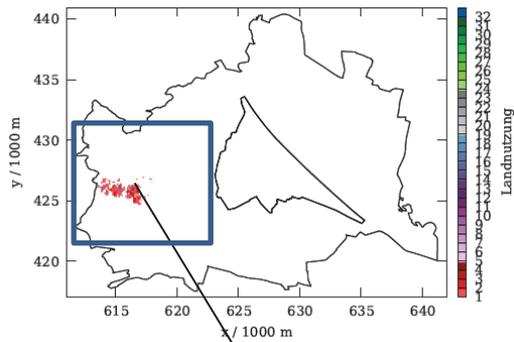
Grey City: Urbanisierung von Wienerwald



- hohe Erwärmung und Einfluss auf die Umgebung durch Topographie, Urbanisierung des Waldbestandes und vorherrschende Windrichtung

Grey City: Frischluftschneisen

Referenz

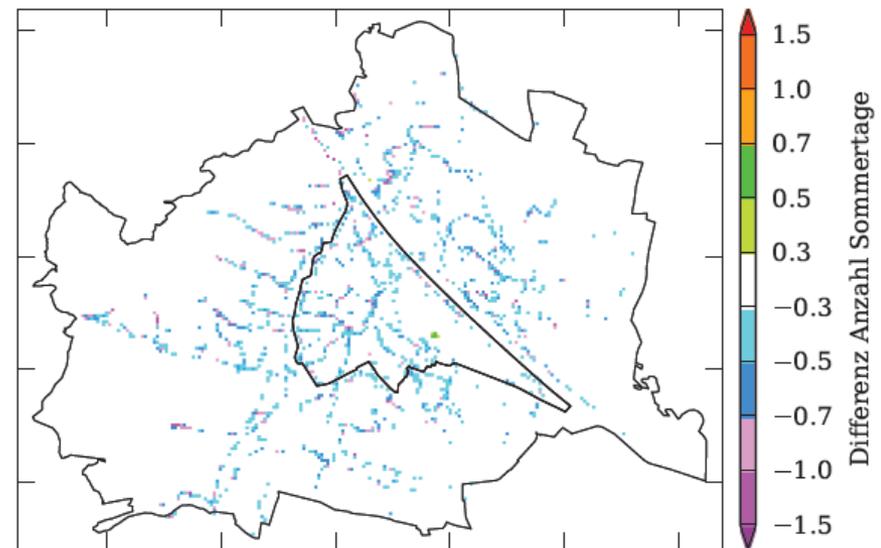
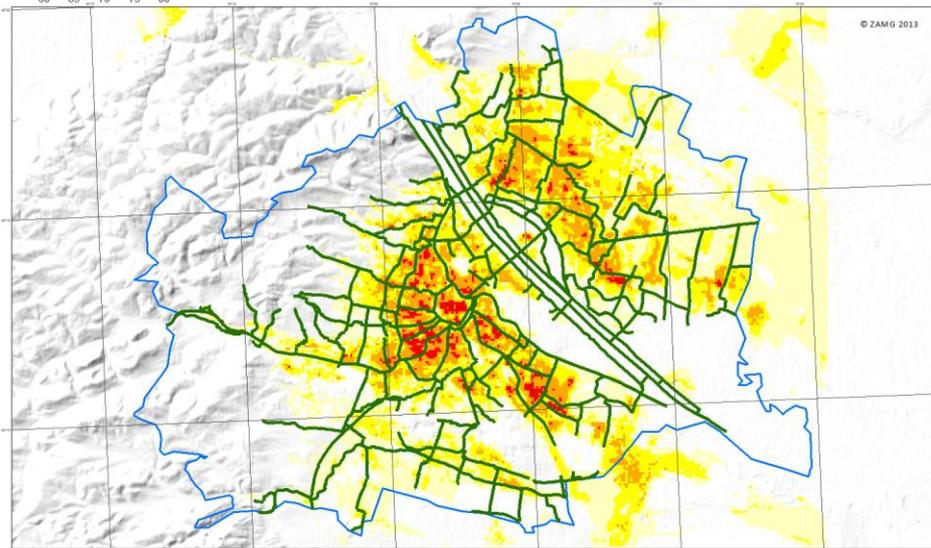
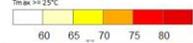


Windfeld auf Referenzniveau (5 m), $t = 0200h$

Wien Grün- und Freiraumnetz

Freiraumnetz und Wärmebelastung in Wien

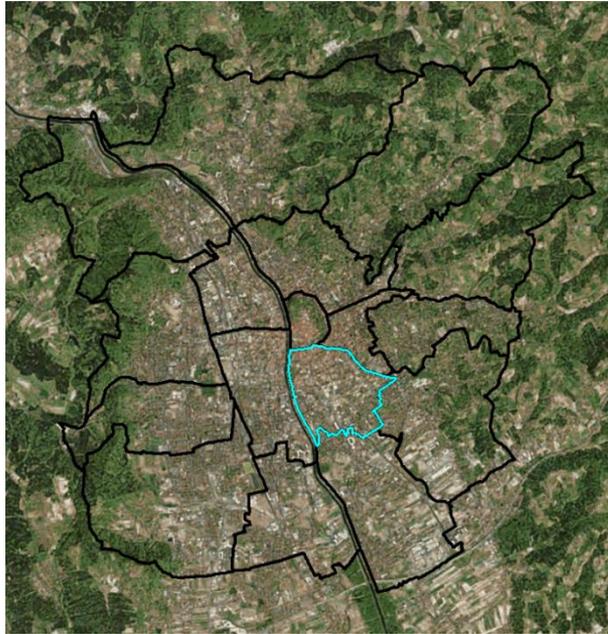
MUKLIMO_3: Anzahl der Sommertage (1981-2010)



- Prioritäten hinsichtlich der Realisierung geplanter Teilnetze
- Positive Auswirkung der Grün- und Freiraumnetz auf die Reduzierung der städtischen Wärmeinsel

Begrünungsszenarien für Graz

30.000 Bäume in Jakomini Bezirk



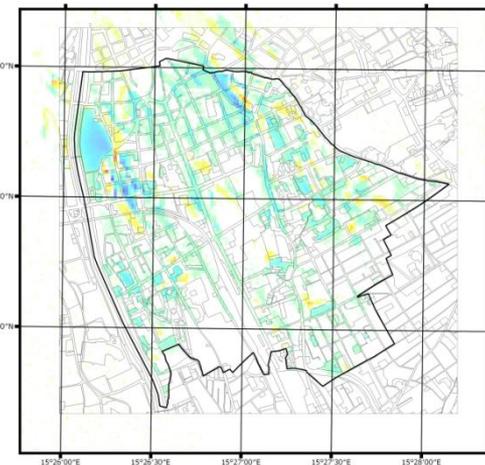
Straßenanlagen



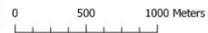
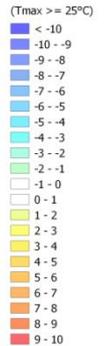
Straßen-, Bahn-, Parkanlagen, Erholungs-, Grün-, Sonstige Flächen



Differenz in Sommertage



Differenz in Sommertage
EXPO2 - REF

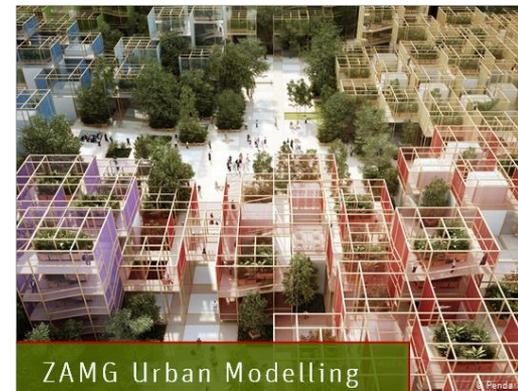


Smart Cities Demo
Projekt Jacky_cool_check
(2016-2018)

Zusammenfassung

- zukünftige Klimaszenarien für die österreichische Städte zeigen eine starke Zunahme in Hitzebelastung bis Ende des 21. Jahrhunderts
- höherer Anteil der Vegetation, Wasserflächen und Erhöhung von Reflexionsvermögen der Gebäuden reduzieren die städtische Wärmeinsel
- durch großräumige und flächenhafte Anwendung von Klimaanpassungsmaßnahmen sind mäßige bis starke Kühlungseffekte realisierbar
- lokale Auswirkungen sind von Umgebung und Position in der Stadt abhängig
- mit kombinierter Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen können größere Auswirkungen erzielt werden

Stadtklimamodellierung an der ZAMG



ZAMG Urban Modelling

- Wissenschaftliche Basis klimasensitiver Stadtplanung
- *Scientific base for climate sensitive urban planning*



Vielen Dank für Ihr Aufmerksamkeit!

Urban Modelling Team
Fachabteilung Modellapplikationen / Abteilung Vorhesagemodelle
Bereich Daten, Methoden, Modelle
ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
1190 Wien, Hohe Warte 38
Email: urbmod@zamg.ac.at



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

