

URBANIA

Einfluß von Stadterweiterung auf die Wärmeinsel der Stadt Wien im Kontext des Klimawandels

1.Juni 2016 – 31.Mai 2018

ACRP 8th call: KR14AC7K11944

Inst. für Meteorologie, Dep. Wasser, Atmosphäre, Umwelt, BOKU Wien:

BOKU-Rad: Philipp Weihs, Heidelinde Trimmel, Sandro Oswald

BOKU-Klim: Herbert Formayer, Imran Nadeem

BOKU-Biomet: Erich Mursch-Radlgruber, Christian Gützer

MA22: Jürgen Preiss, Christian Härtel

Météo-France: Valéry Masson

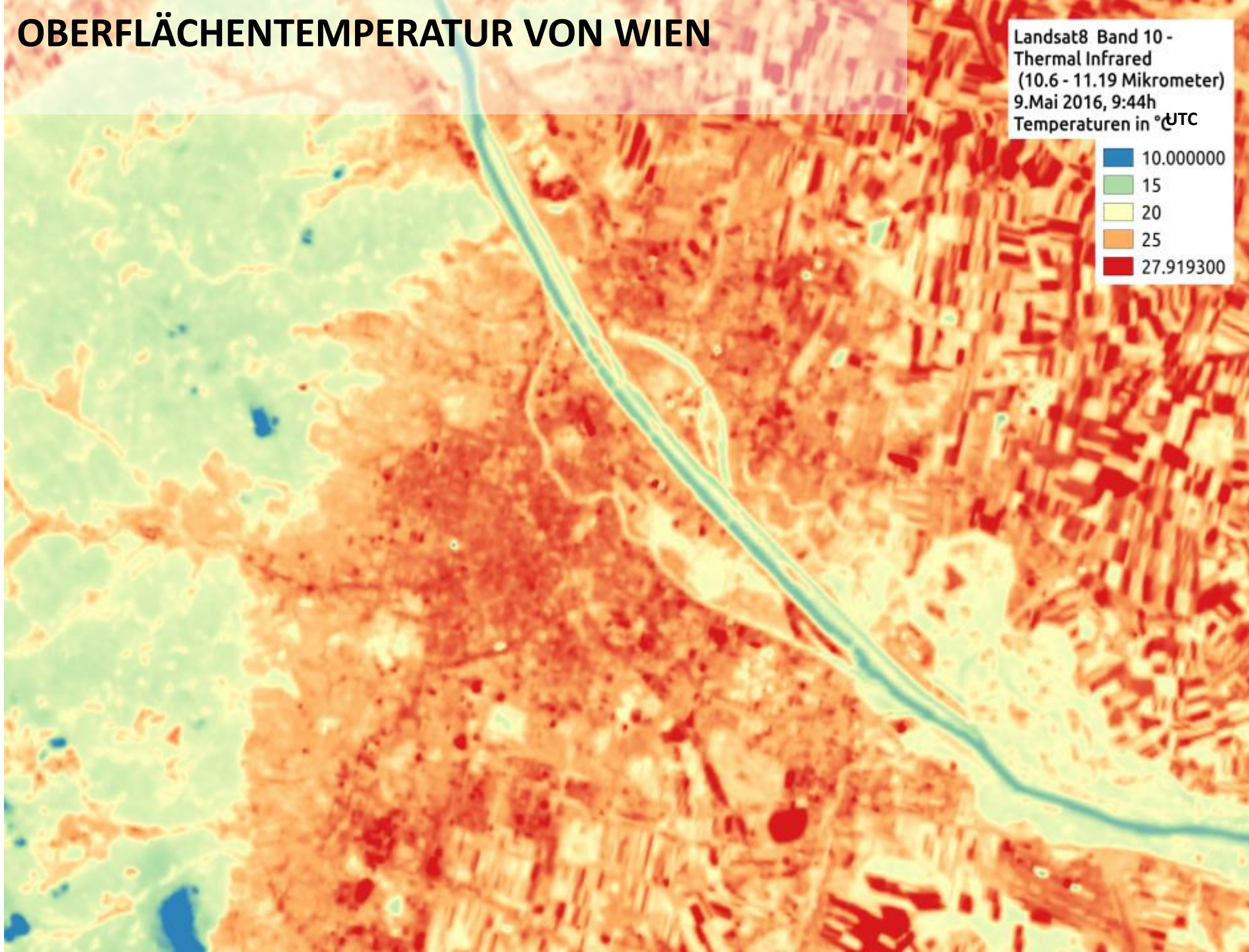
Wärmeinseleffekt von Wien beträgt im Schnitt $1,6^{\circ}\text{C}$ (Schwab und Steinicke, 2003) und kann an einem typischen Wärmeinseltag (Wintertag mit geringer Windgeschwindigkeit 4 bis 5°C erreichen (Baumann, 2000)

Urbane Wärmeinsel wird hauptsächlich durch Absorption der Strahlung durch die versiegelten und bebauten Flächen (durch größere Oberfläche) und durch einen kleineren Vegetationsanteil verursacht

Wien erwartet einen Zuzug von ca. 200000 Menschen bis zum Jahr 2030. Deswegen müssen Wohnflächen geschaffen werden (Quelle: Statistik Austria) .

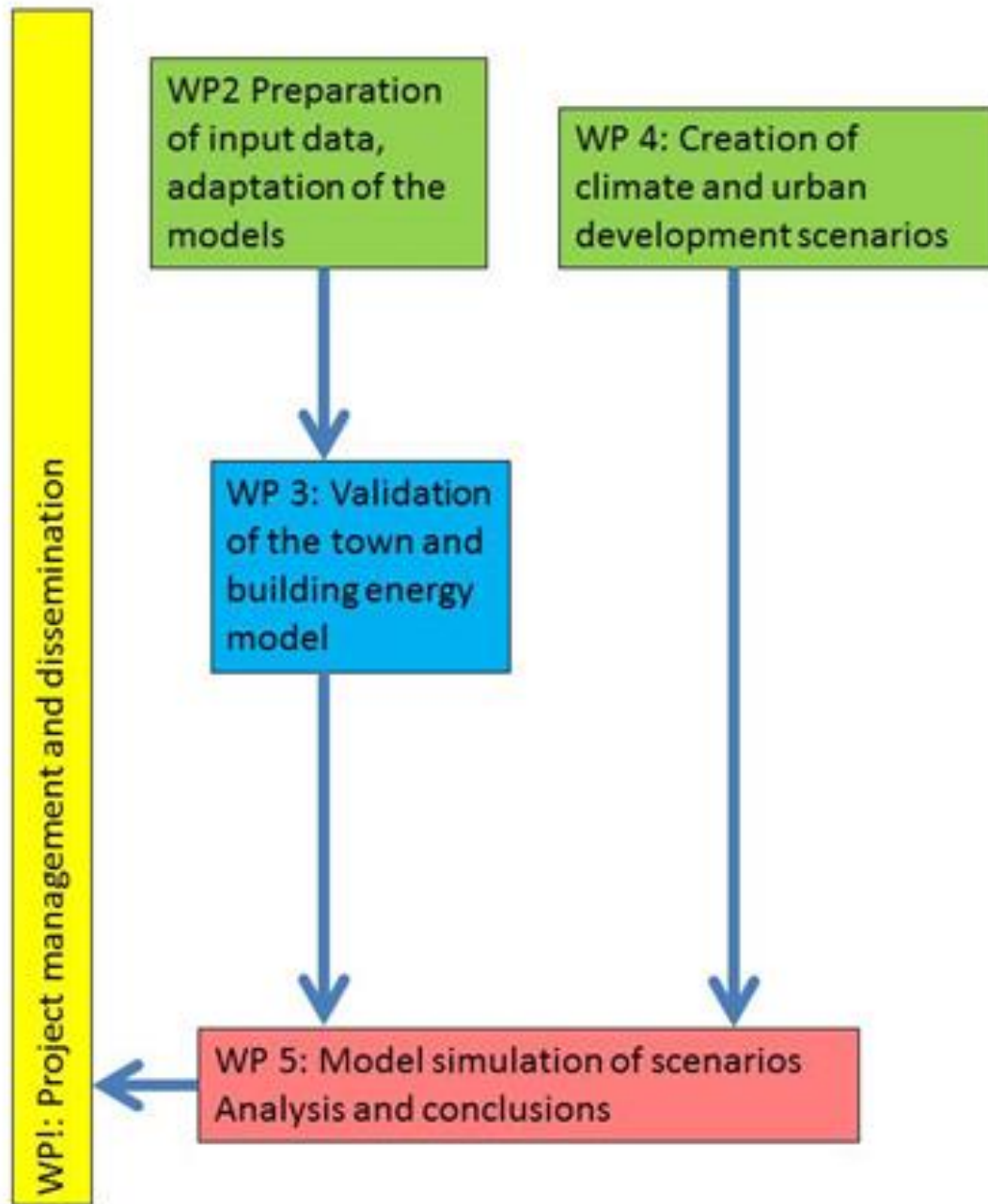
OBERFLÄCHENTEMPERATUR VON WIEN

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



METHODIK

- Kopplung von Mesoskaligem Modell Weather research and Forecasting (WRF) Modell mit mikroskaligem Modell Town Energy Balance (TEB) Modell
- Adaptierung, Überprüfung und Validierung der Modelle
- Simulation von Klima und Stadtentwicklungsszenarien



Town Energy Balance Modell



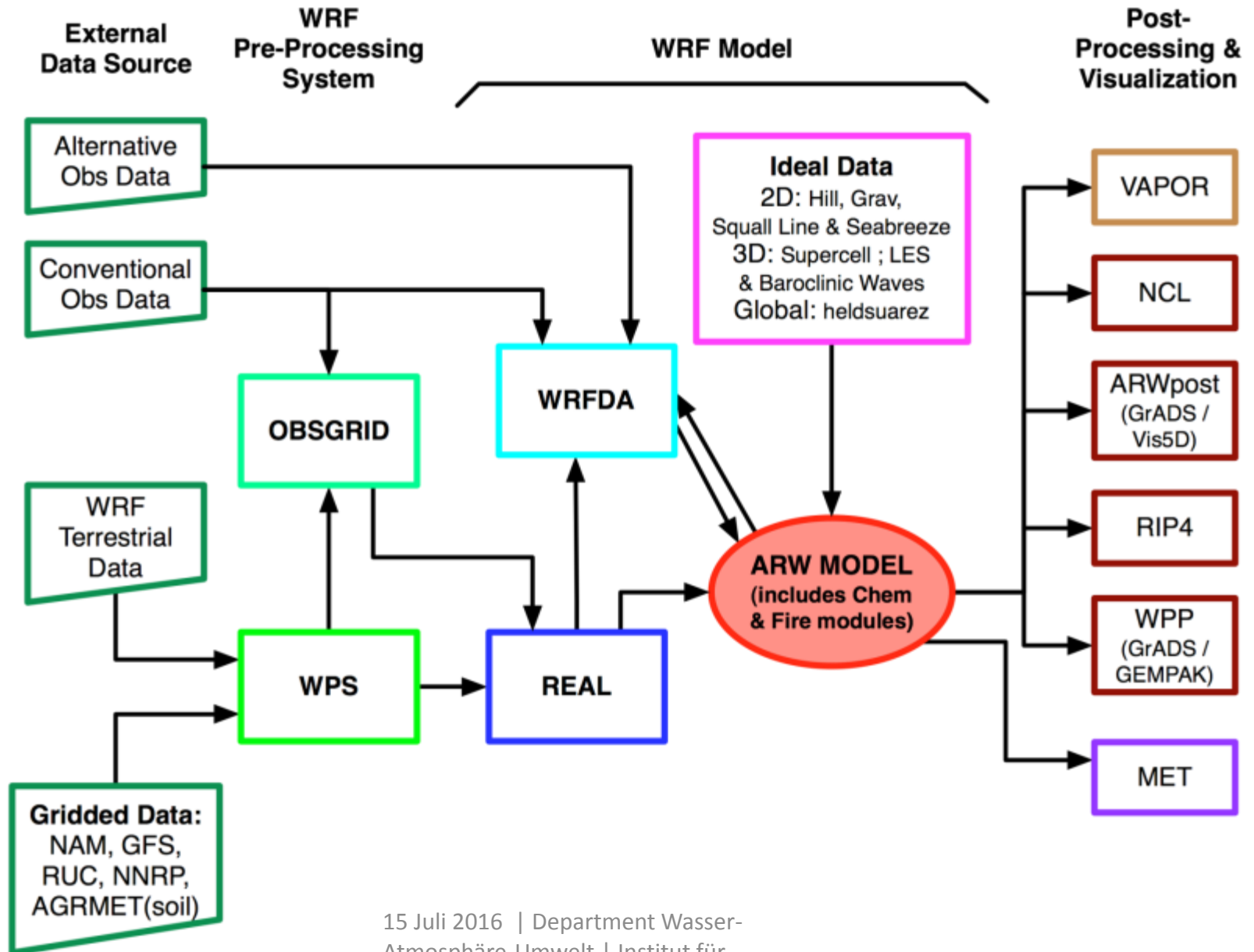
Bei der Kopplung zu übergebende Größen zw. TEB und WRF: (Auswahl)

WRF zu TEB: u.a. potentielle Lufttemperatur (niedrigste atm. Schicht), Mischungsverhältnis, Wind, diffuse und direkte kurzwellige Strahlung

TEB zu WRF

u.a. 2 Meter Lufttemperatur, Kurzwellige nach oben, Langwellige nach oben, fühlbare Wärme, latente Wärme, (diagnostischer) Wind

WRF Modeling System Flow Chart



WRF Modeling System Flow Chart

External
Data Source

WRF
Pre-Processing
System

WF

Processing &
Visualization

Zeitabhängige Punktdaten...
(für Nudging)
Lufttemperatur,
Windgeschwindigkeit,
Luftdruck,
Luftfeuchte,
Bodenfeuchte,
...

Datenvorbehandlung

WRF Data Assimilation

Berechnet aus astronomischen und statistischen Daten (zB. Bewegung der Kaltfront)

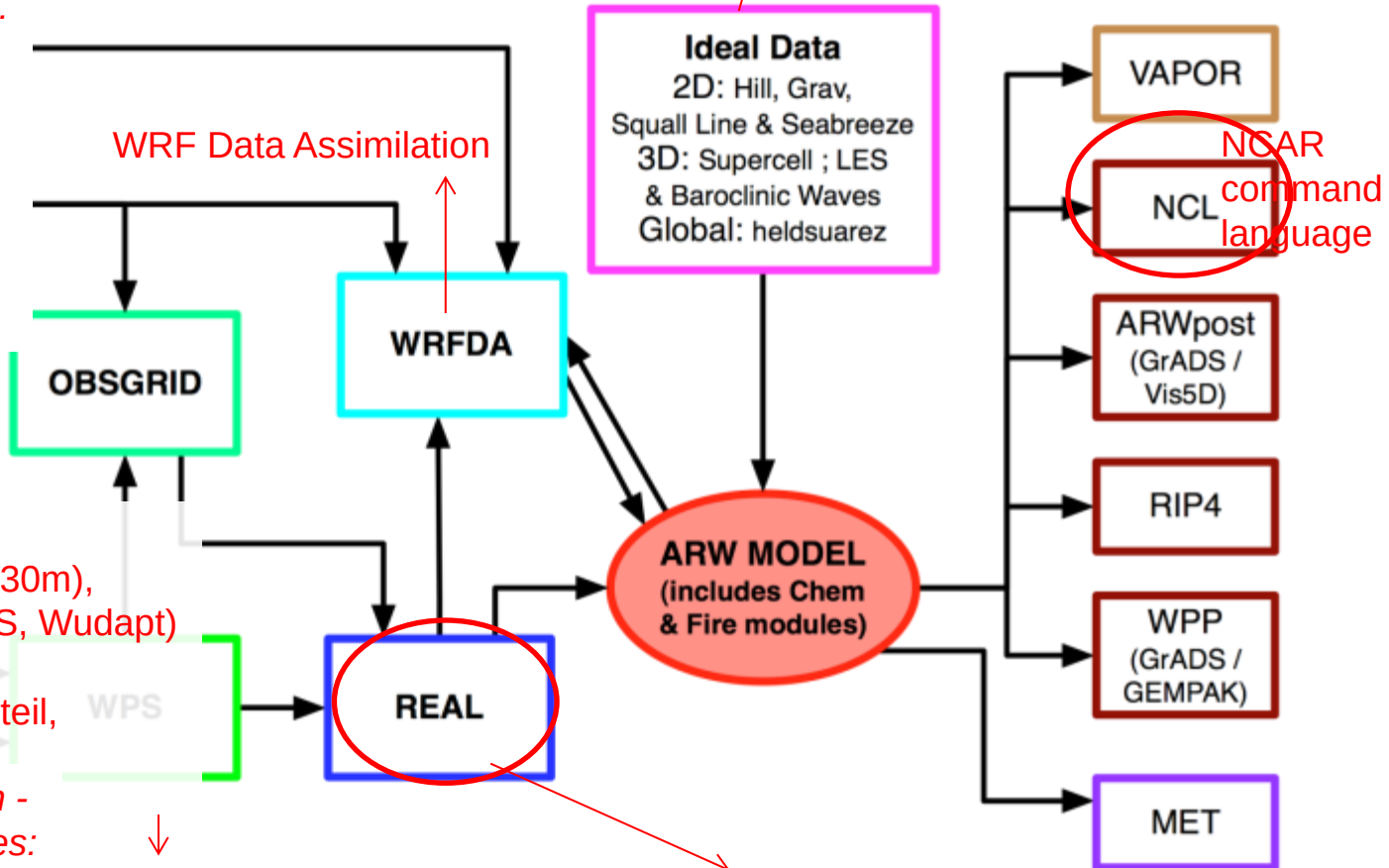
Nachbearbeitung und Darstellung Ergebnisse

Statische Daten:
Geländehöhe (SRTM1Arc:30m),
Land cover (Corine->USGS, Wudapt)
Bodentyp
Monatlicher Vegetationsanteil,

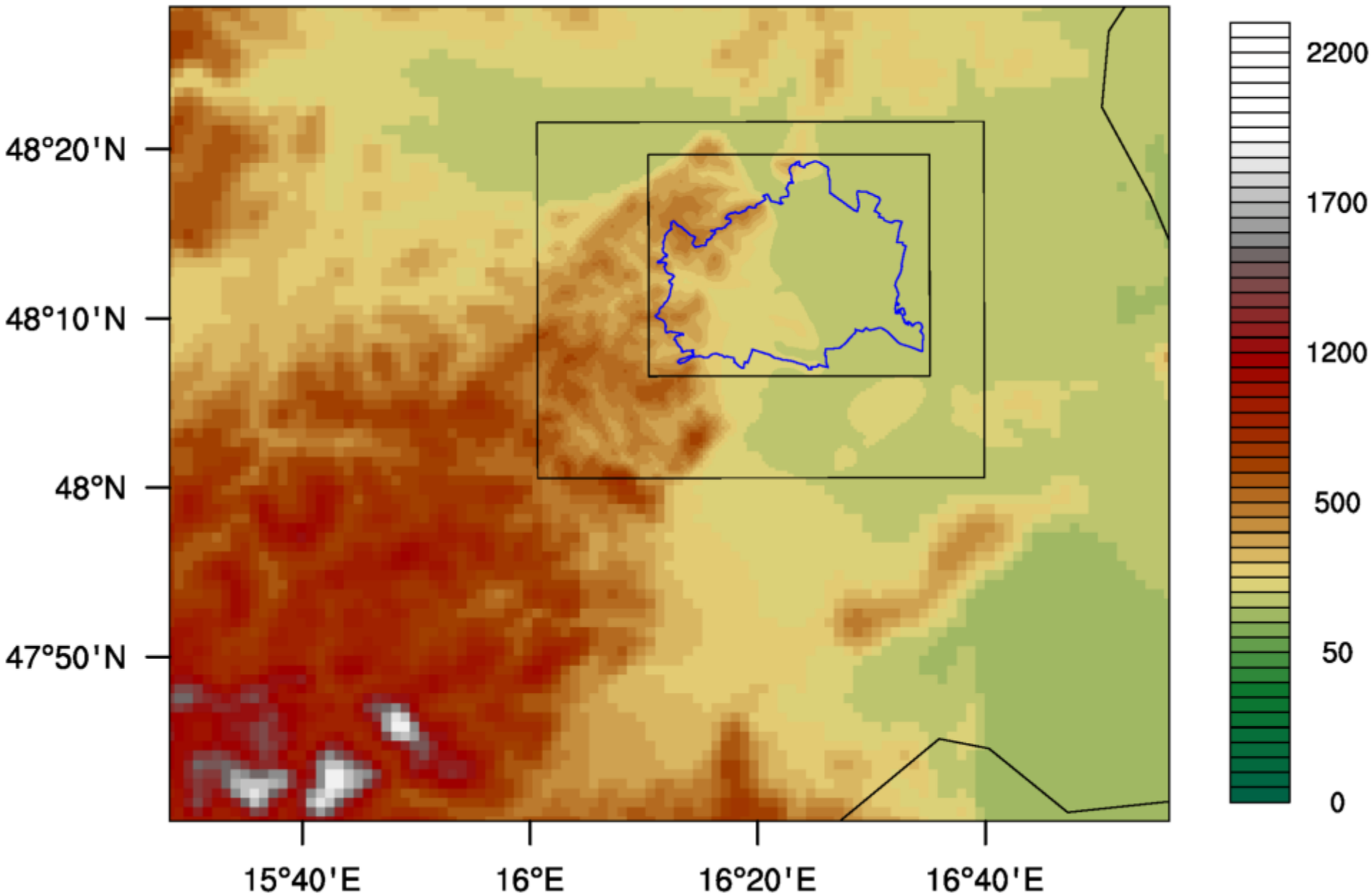
Zeitabhängige Rasterdaten - initial+lateral (6h) boundaries:
ECMWF Analysis
(Lufttemperatur,
Windgeschwindigkeit,
Luftdruck, Luftfeuchte,
Bodenfeuchte,...)

*WRF Preprocessing System
Projektion und horizontale Interpolation
zu der in WRF verwendeten Auflösung
und Domaingröße*

*vertikale Interpolation
zu den in WRF verwendeten
Höhenschichten*



1km ==> 0.33km ==> 0.11km



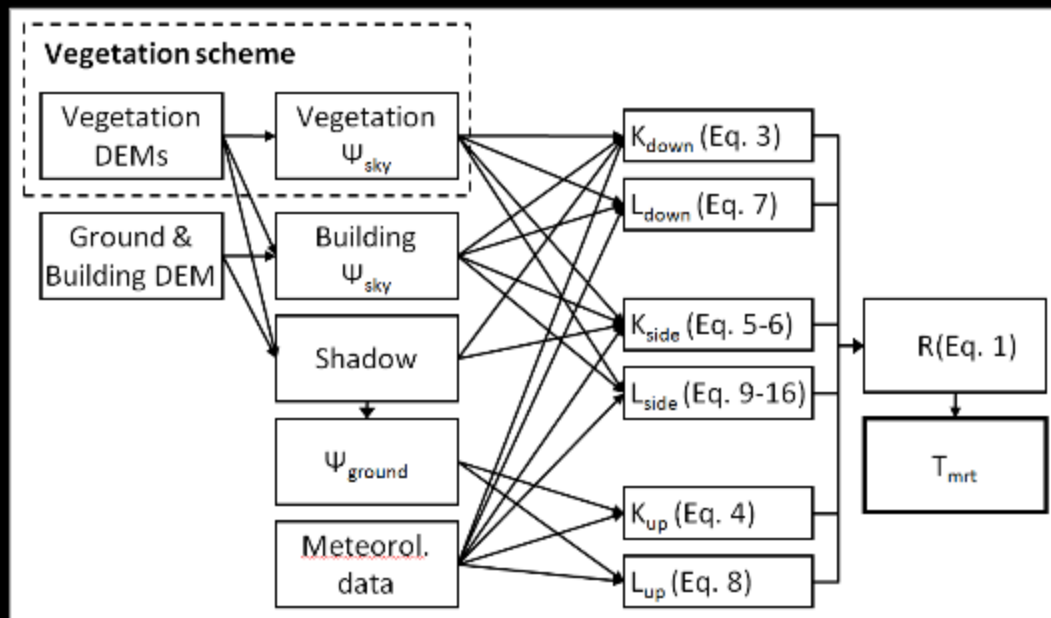
The Modelling system

THE SOLWEIG MODEL (Solar and LongWave Environmental Irradiance Geometry)

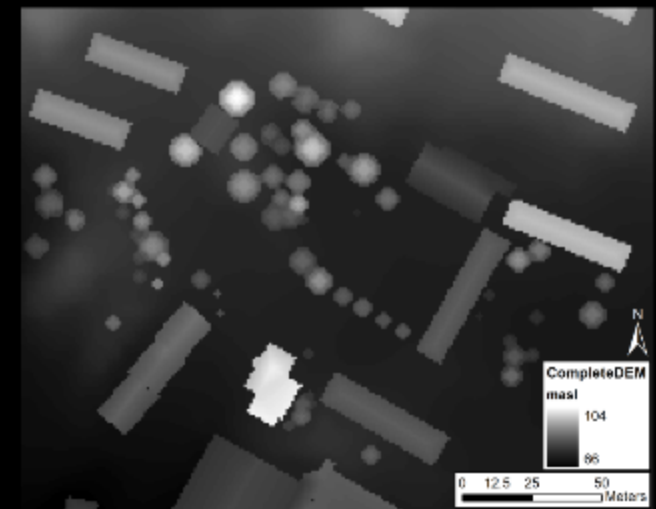
(Lindberg et al. 2008 and Lindberg & Grimmond 2011)

- Simulates spatial variations of 3D radiation fluxes and T_{mrt} in complex urban settings
- T_{mrt} derived by modelling shortwave and longwave radiation fluxes
- Sky view factor and shadow patterns are a central elements when estimating the fluxes

Mean radiant temperature (T_{mrt}) = A sum of all shortwave and longwave radiation fluxes to which the human body is exposed.



Digital Surface Model, Göteborg (Sweden)



Arbeitspaket 2:

Vorbereitung der Modellinputdaten

Adaptierung der Modelle

(1) TEB Input

land use surface ratios

- ratio of built surface
- ratio of sealed surface
- ratio of unsealed surface

urban morphology parameters

- building height
- building roughness height
- vertical to horiz. wall ratio

physical parameter
of walls, roofs and roads

- heat capacity
- thermal conductivity
- layer depth
- glazing ratio (only walls)
- albedo
- emissivity

(2) Categorization of Buildings

(sources: EPISCOPE, OIB(Österr. Inst.f.Bautechnik), Berger et al. (2012), KulturGut)

building periods

- before 1918
- 1919 - 1945
- 1946 - 1976
- 1976 - 2020
- past 2020

building typology

- single house
- Reihenhäus
- Mehrfamilienhaus
- Block
- alter Stadtkern
- Hochhaus
- Industrie

use

- residential
- office
- industry

(3) Spatial preparation

urban fraction
(Corine)

(urban) land use
(FMZK)

reclassified
land use
(FMZK)

urban morphology
(BKM)

physical road
parameters

assigned to each
sealed surface
type (FMZK)

physical building
parameters

assigned to each
building category
(BKM)

calculated

aggregated

land use surface ratios, urban morphology + physical param.
on block scale (Realnutzungskartierung)

exported to

equidistant model grid layer (raster)

Land Cover Zones
(Steward + Oke 2012)

Anteil unversiegelter Fläche

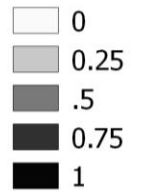


Anteil bebauter Fläche

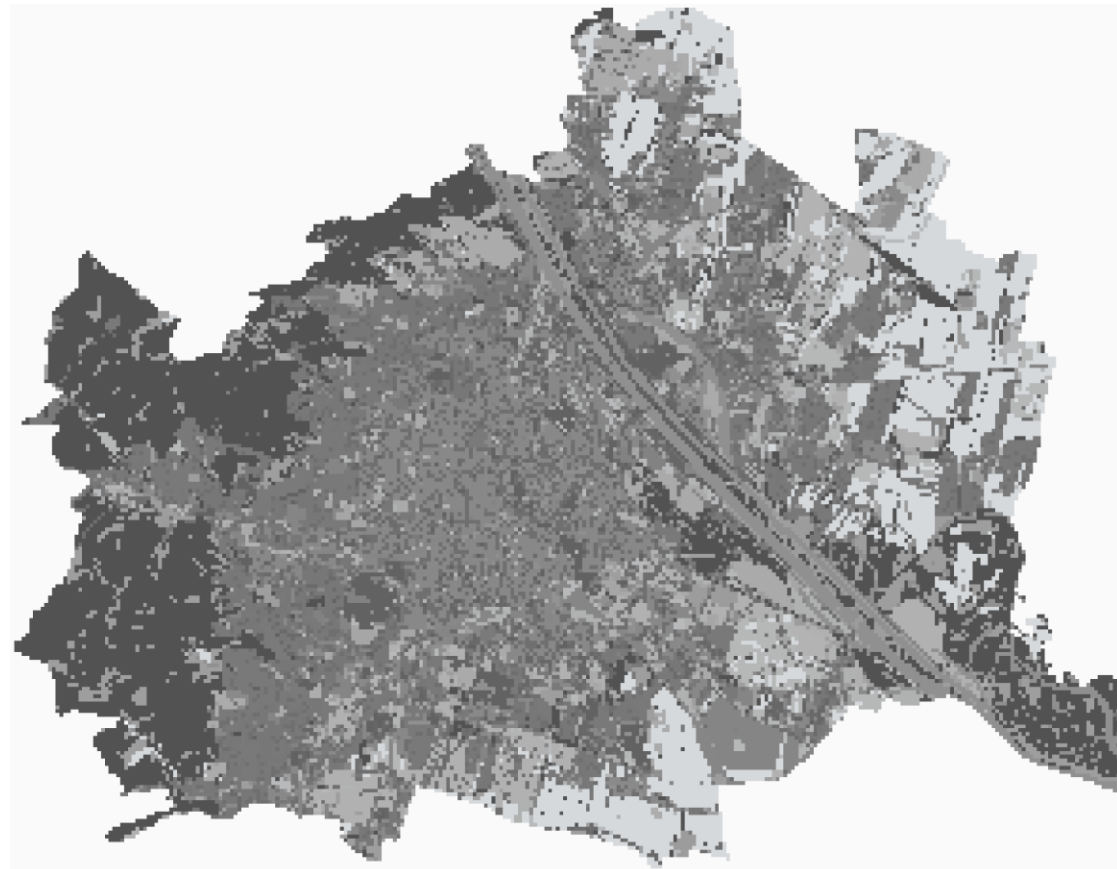


built fraction
[0 - 1]

Real_R_100m

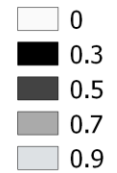


Sky view Factor (SVF)



sky view factor
[0-1]

Real_SVF_100m



Arbeitspaket 3:

Validierung der Modelle

Überprüfung von Modellen in zwei Schritten

1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon

a) mit Hilfe von Messungen.
(Strassencanyon oft nicht regelmäßig wie von TEB vorgegeben)

b) Vergleich der Strahlungsflüsse mit
anderem Modell (SOLWEIG od. Envi-Met)

2. Validierung der berechneten Temperaturverteilungen

a) Satellitendaten

b) Bodenstationen

- Bestehende kontinuierliche Stationen**
- Ergänzende kontinuierliche Stationen**
- ergänzende Messungen im Zuge von Messkampagnen**

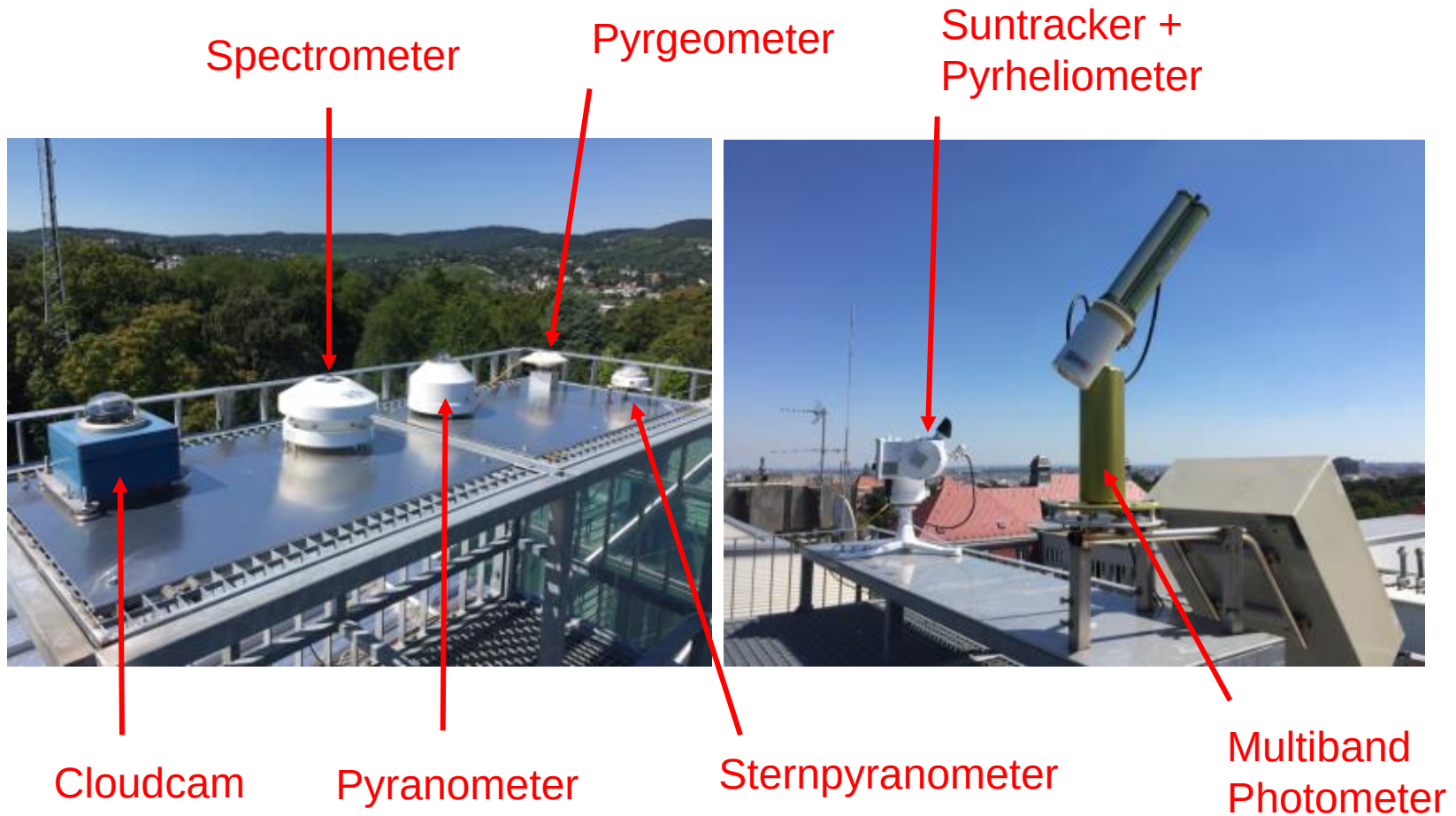
- TEB wurde bereits für viele Städte validiert (Mexiko City, Oklahoma City, Marseille, Toulouse, Vancouver, Paris, Nantes, Lodz, Montréal, ...)
- Noch nie für Wien verwendet

BOKU - Messstandort



3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon

Forcing data - Dach



Air temperature, humidity, pressure,
wind speed and direction at the BOKU weather station

Fotos: S.Oswald

3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon Canyon Messungen 1

Detailed additional measurements:

- Long-wave and short wave radiation balance
- At the top, in the middle (vertical and horizontal) and bottom of canyon

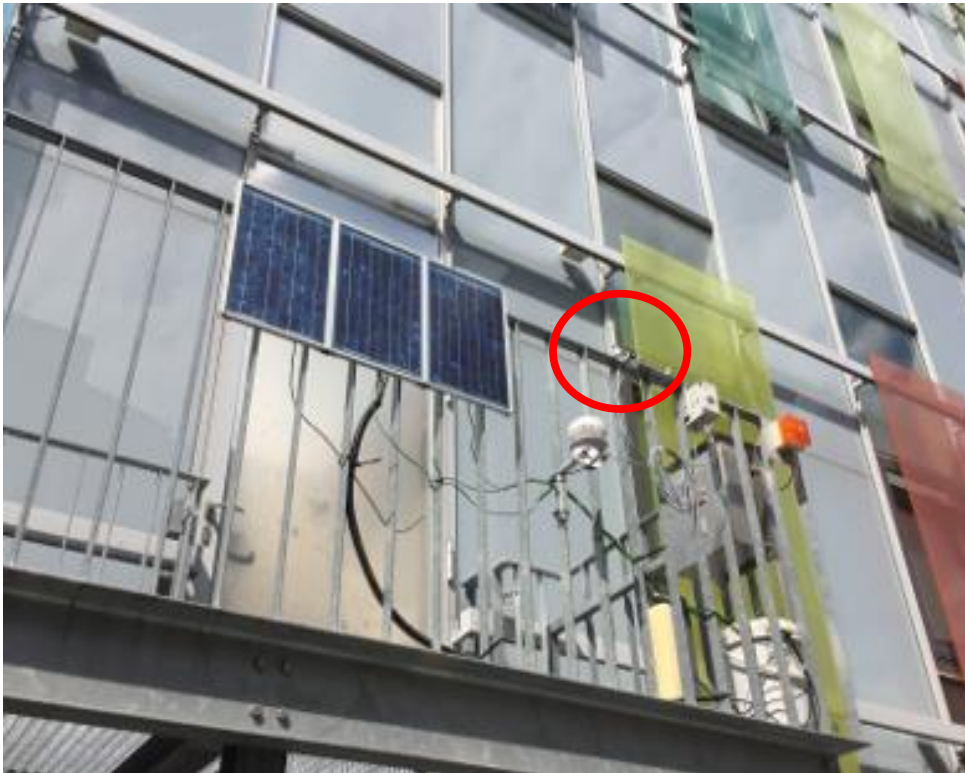


Fotos: S.Oswald

3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon

Canyon Messungen 2

- Incoming / reflected short wave radiation in canyon
- Three points, in six directions

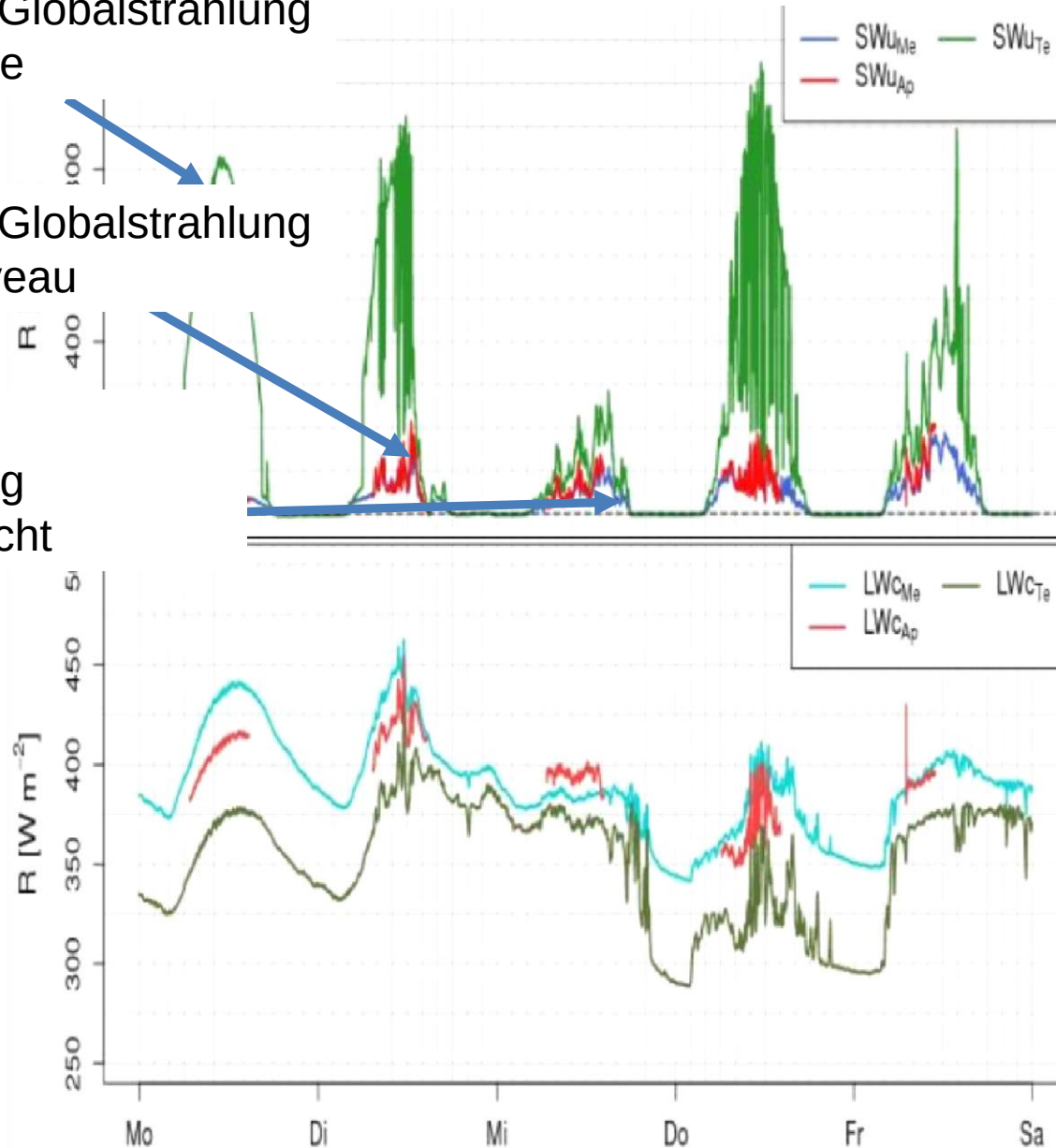


3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon

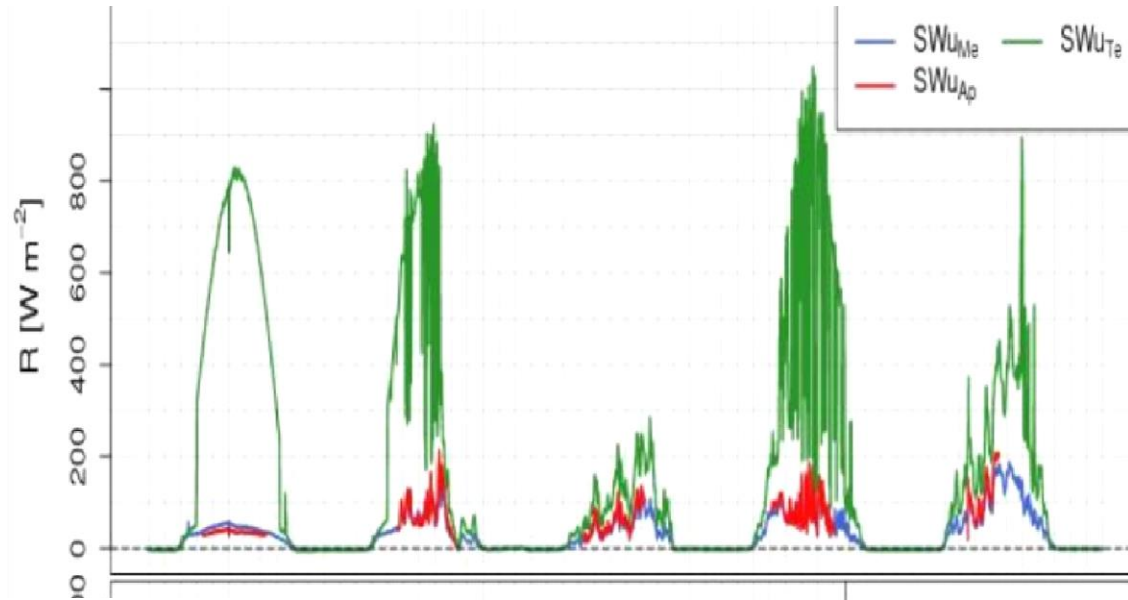
Kurzwellige Globalstrahlung
Messterrasse

Kurzwellige Globalstrahlung
Zwischenniveau

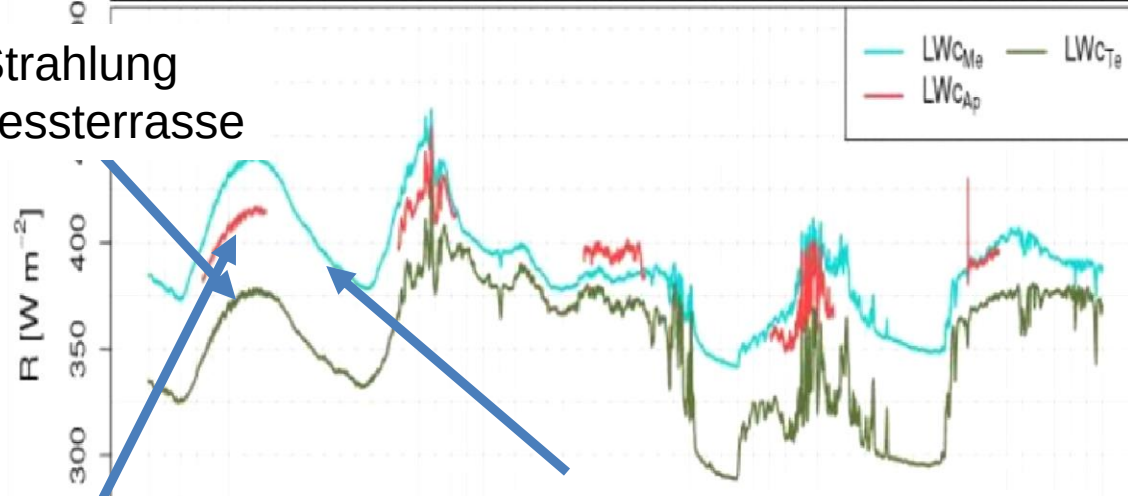
Kurzwellige
Globalstrahlung
Strassenschlucht



3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon



Langwellige Strahlung
nach unten Messterrasse

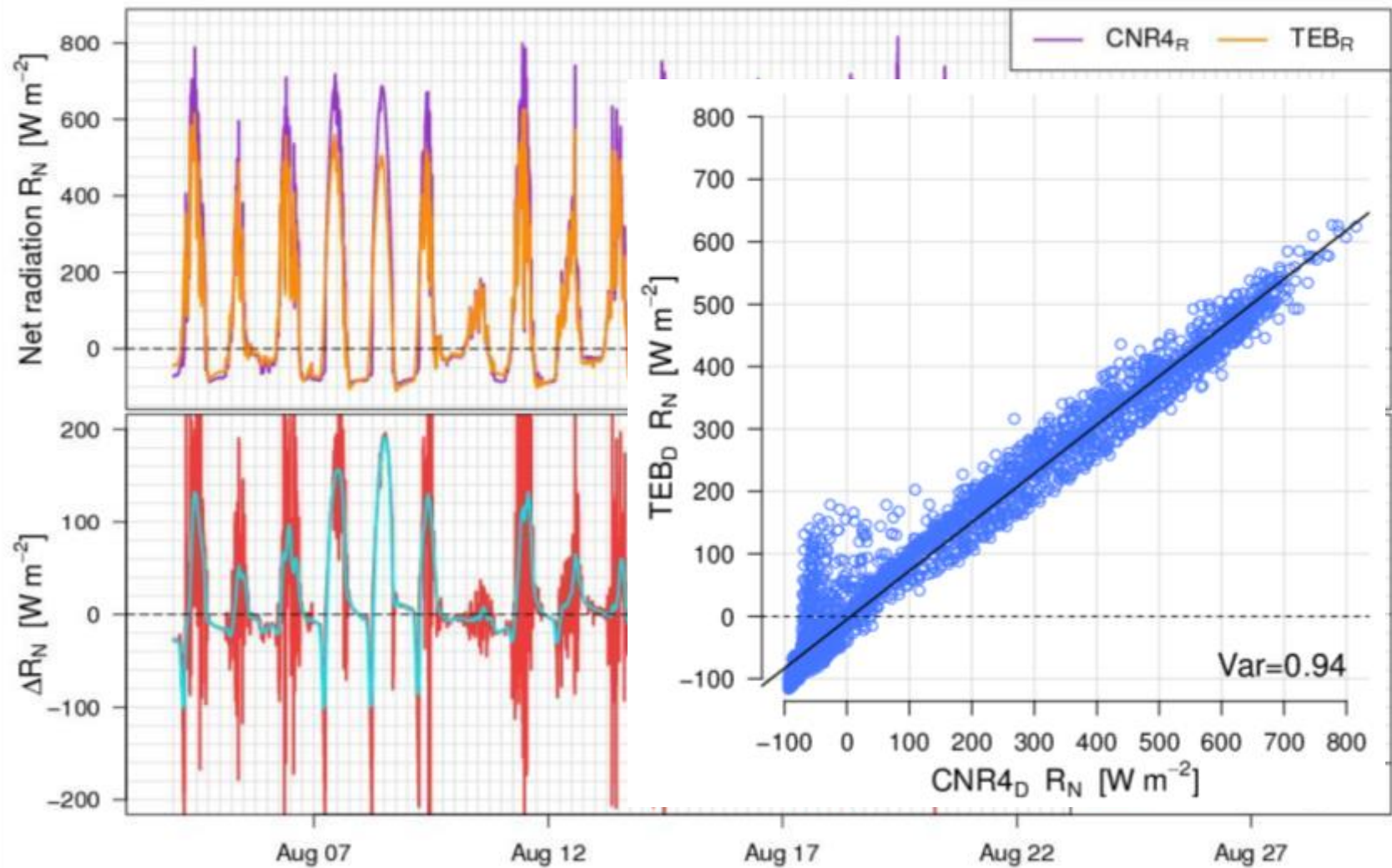


Langwellige Strahlung
nach unten Zwischenniveau

Langwellige Strahlung
nach unten
Strassenschlucht

3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon

1. Ergebnisse – Vergleich TEB mit



3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon

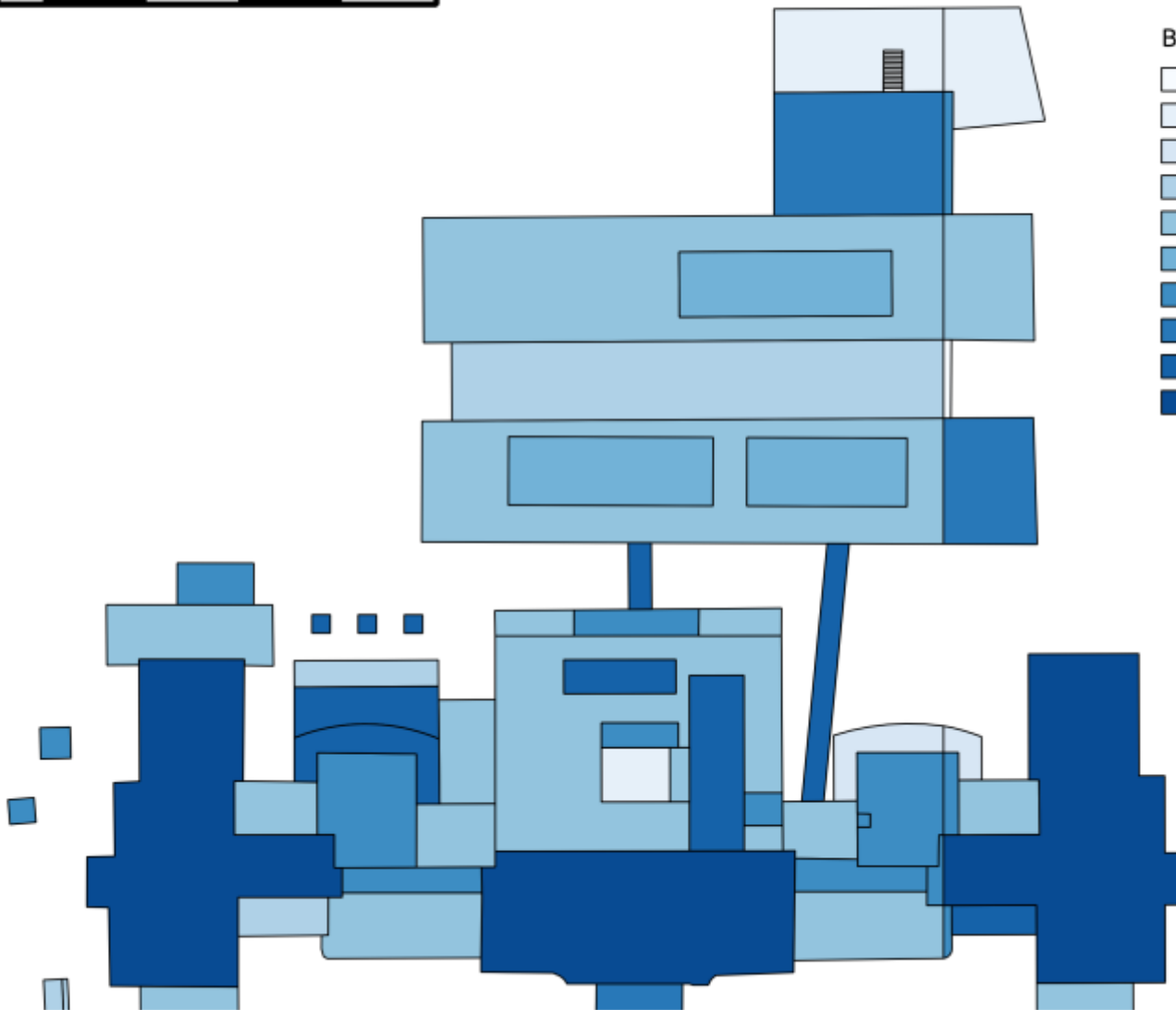
10 0 10 20 30 40 m



Legend

BKM_BOKU

- 
-  beton
-  dachpappe
-  glass
-  kies
-  poliertesAlu
-  pulverbeschichtetesMetall
-  waschbeton
-  weissesDach
-  ziegel



3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon

Mit SOLWEIG simulierte mittlere Strahlungstemperatur
Strassenschlucht zwischen Schwackhöferhaus und Exnerhaus

09:00 UTC



12:00 UTC



[°C]

60

55

50

45

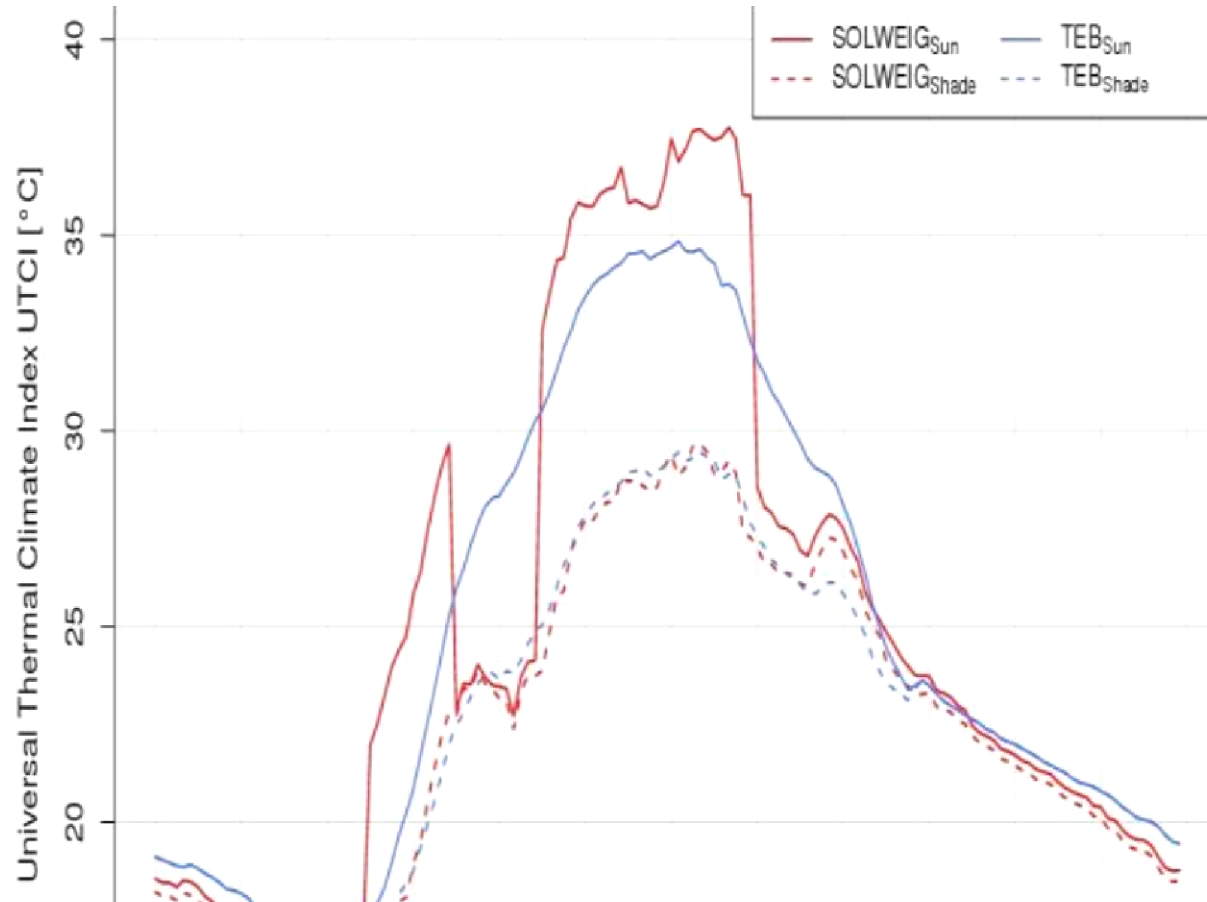
40

35

30

25

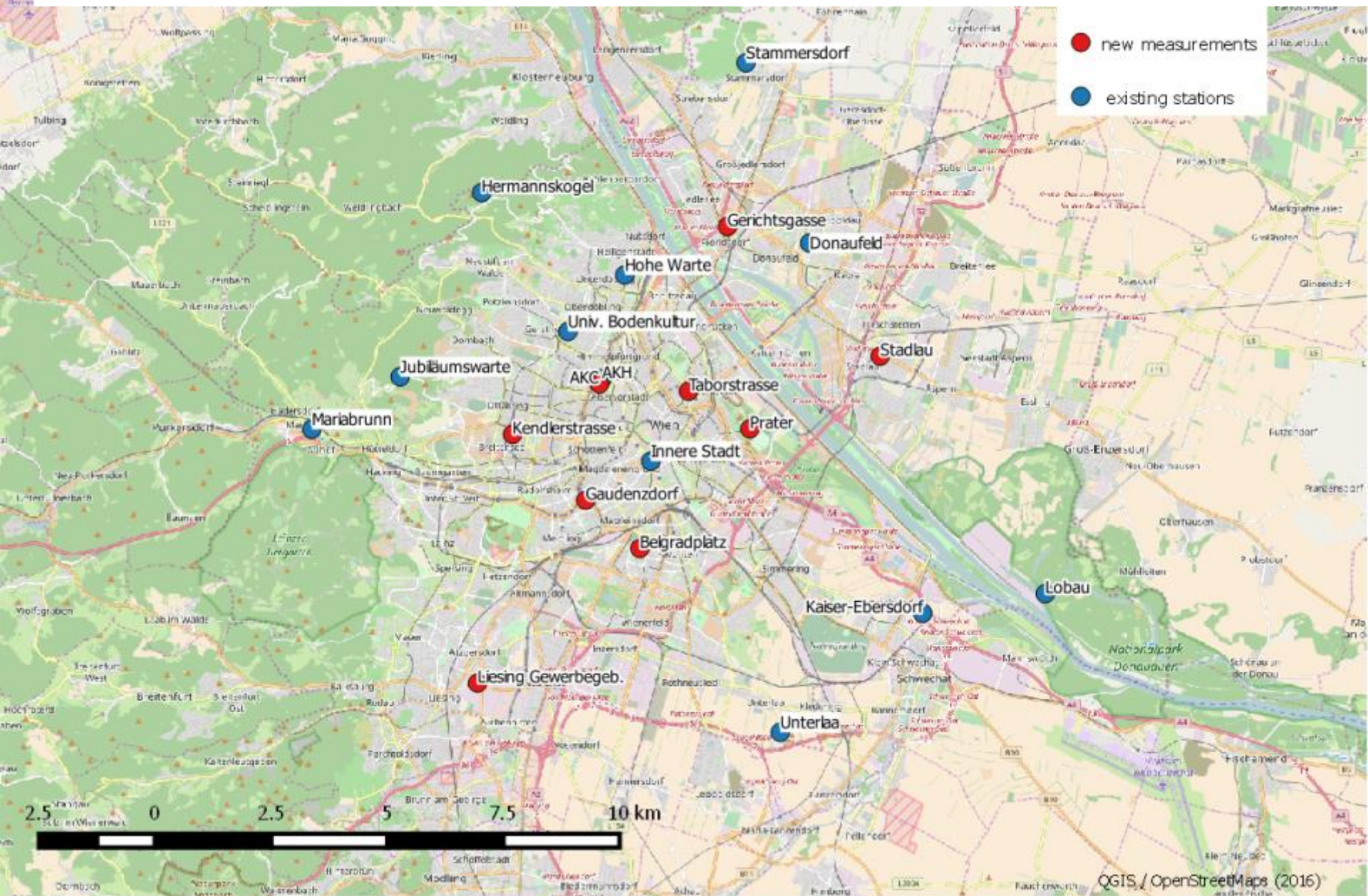
3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon



Weitere Schritte:

- Validierung SOLWEIG durch Vergleich mit Messungen
- Vergleich SOLWEIG TEB für klassischen Strassencanyon

3.1. Überprüfung der von WRF-TEB berechneten Lufttemperaturverteilungen





METEO FRANCE



Erste Simulationen mit TEB

3.2. Erste Simulationen mit TEB

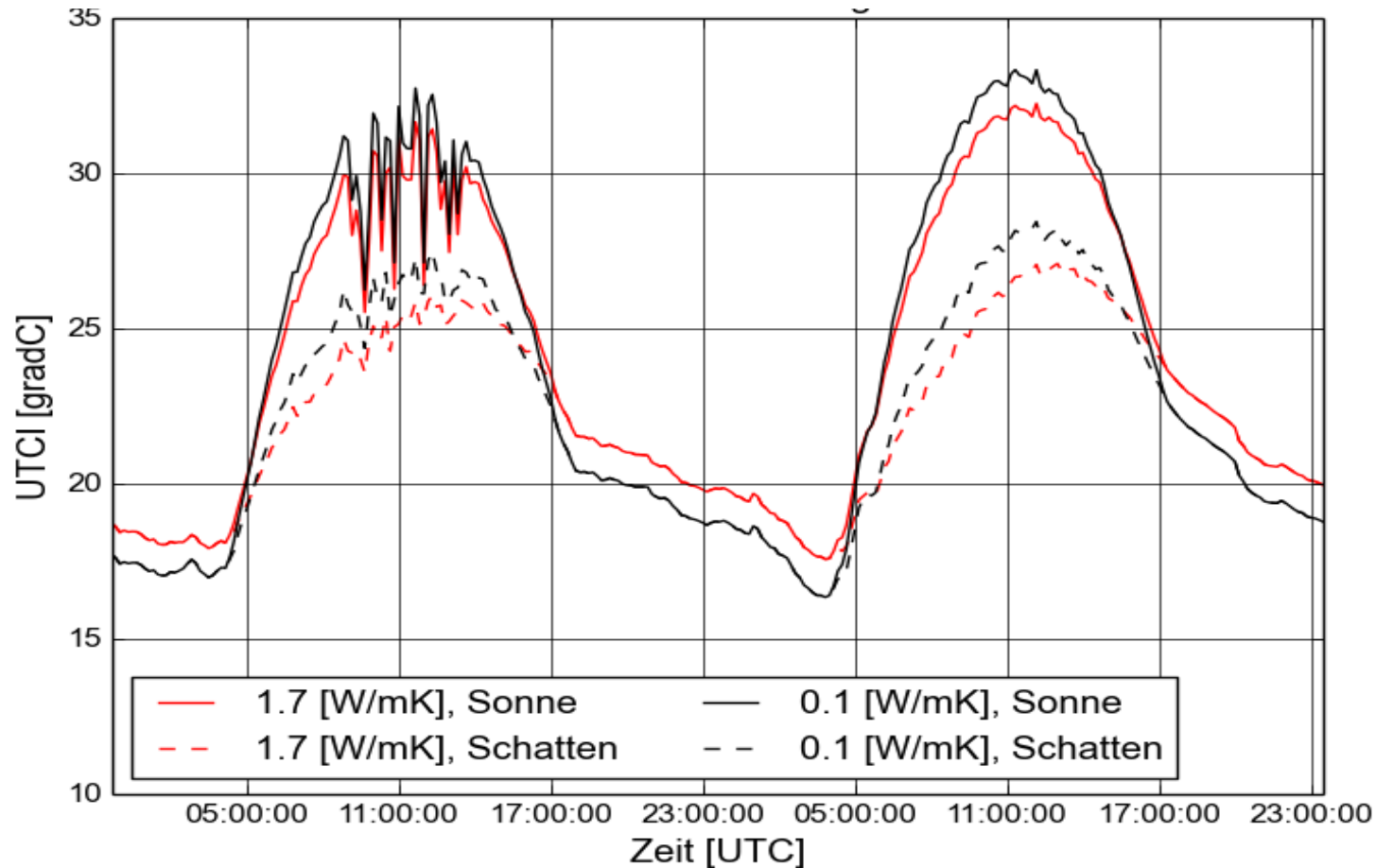


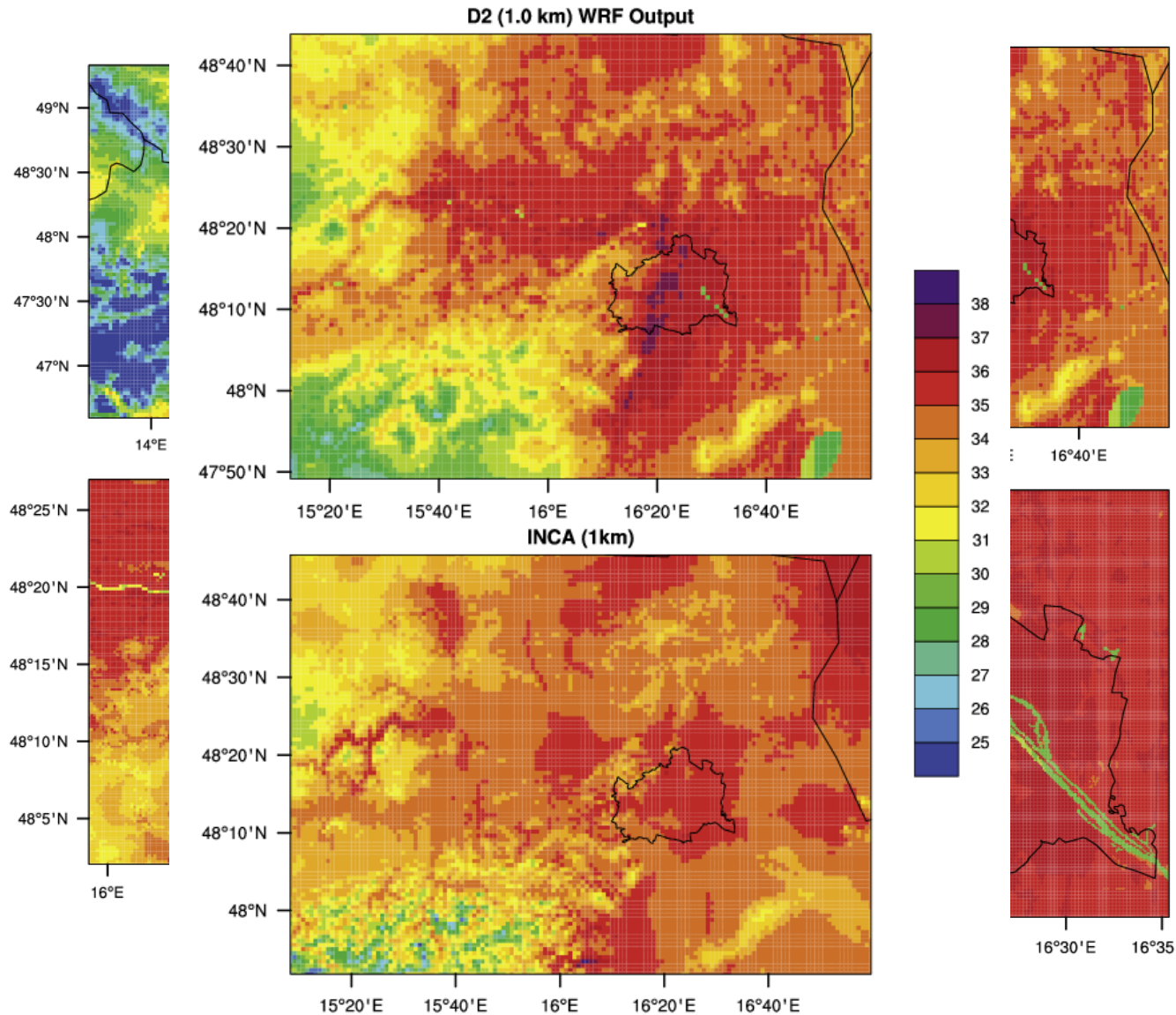
Abb. 16: Simulation des Tagesgangs des universellen thermalen Klimaindex (UTCI) mit dem open source Town Energy Balance Modell (TEB) (Masson, 2000)^[4] für zwei ausgewählte Tage.

In einer Strassenschlucht mit gut wärmegeprägten Häuserreihen, kommt es zu einem höheren thermischen Stress als bei Häusern mit normaler Wärmedämmung

Erste Simulationen mit WRF

1. Ergebnisse – WRF Simulation

2m Temp (degC) on 19 July 2015 12:00 UTC (WRF Vs INCA)



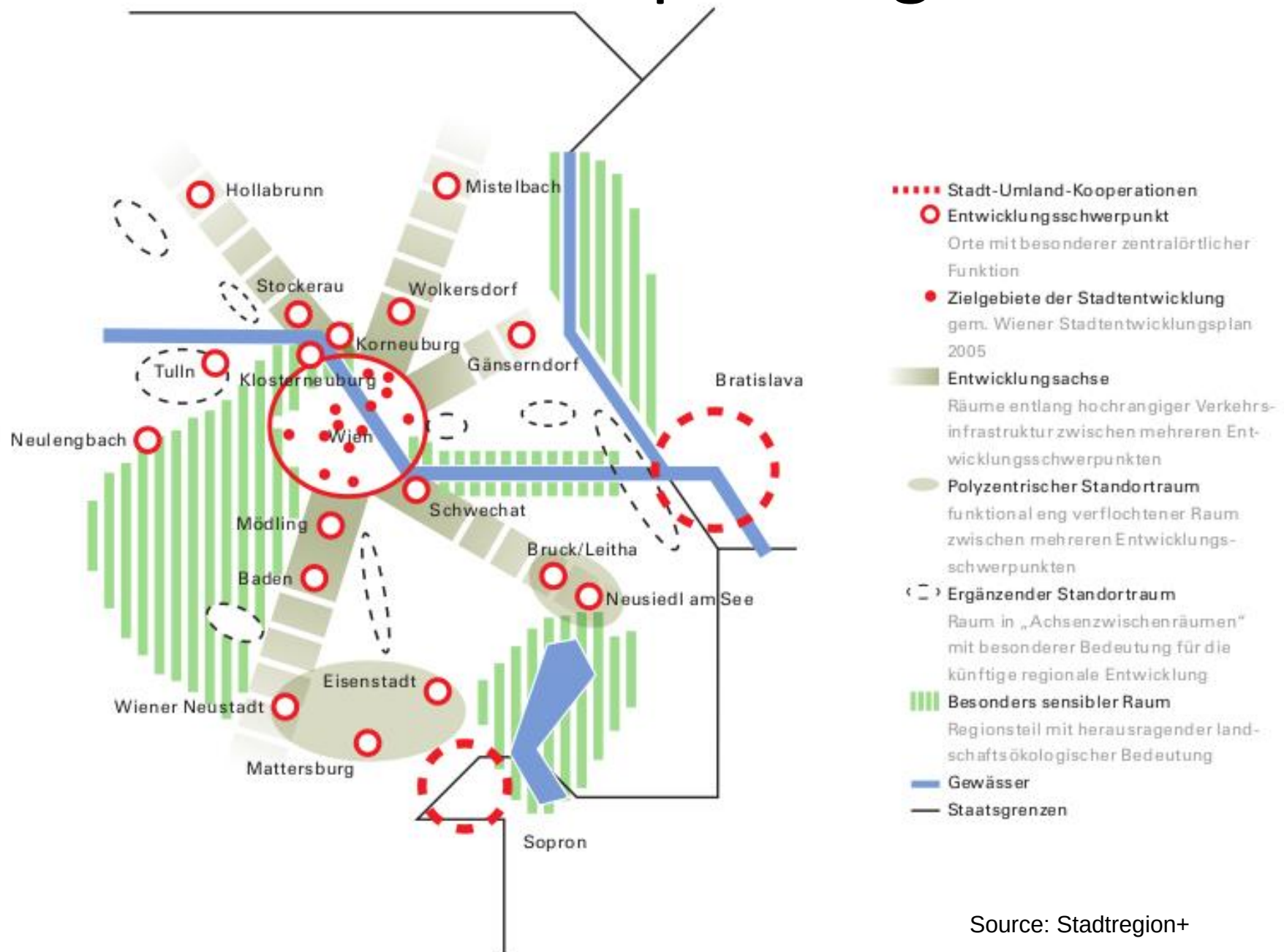
Arbeitspaket 4:

Berechnung der Szenarien und Analyse

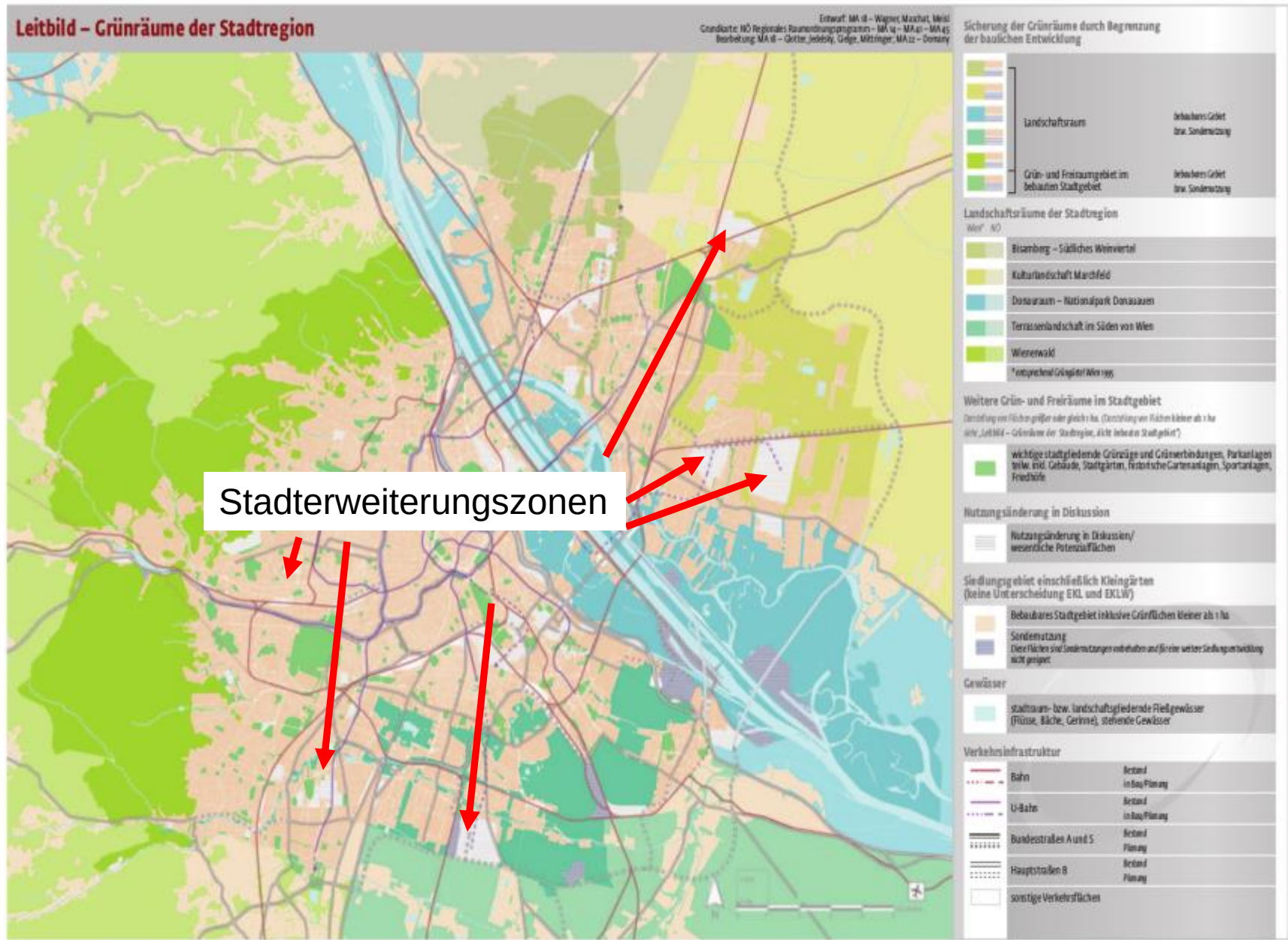
Szenarien - Klimawandel

- Timeframe: 2030 + 2050
- Selection of typical heat waves
- Preparation of meteorological data

Szenarien - Stadtplanung



Szenarien - Stadtplanung



Nächste Schritte

- **Validierung WRF-TEB für alle Messtationen in Wien (Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Luftfeuchte, Bodenfeuchte,...)**
- **weitere Vergleiche SOLWEIG-TEB**
- **Vergleich Simulationen WRF-UCM mit WRF-TEB**
- **Test der 1km Bodenfeuchtedaten SCATSAR-SWI**

(Copernicus SCATSAR-SWI (Scatterometer – SAR – Soil Water Index) verarbeitet Bodenfeuchte-Zeitserien (Surface Soil Moisture, SSM) von Metop ASCAT und Sentinel-1 CSAR zu einem gemeinsamen SWI Produkt, das mit einer Auflösung von 1 km und einem täglichen Zeitstempel - derzeit in Entwicklung nur für Forschungszwecke, geplant als frei verfügbares Copernicus Produkt, Department für Geodäsie und

Geoinformation der Technischen Universität Wien)

- **Diskussion Zukunftsszenarien Bebauung**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Beispiel Messstandort

Taborsstrasse



Bilder © 2016 Google, Karte

“inner urban”

Land cover zone (LCZ) 2: compact mid-rise

Corine 111: continuous urban fabric

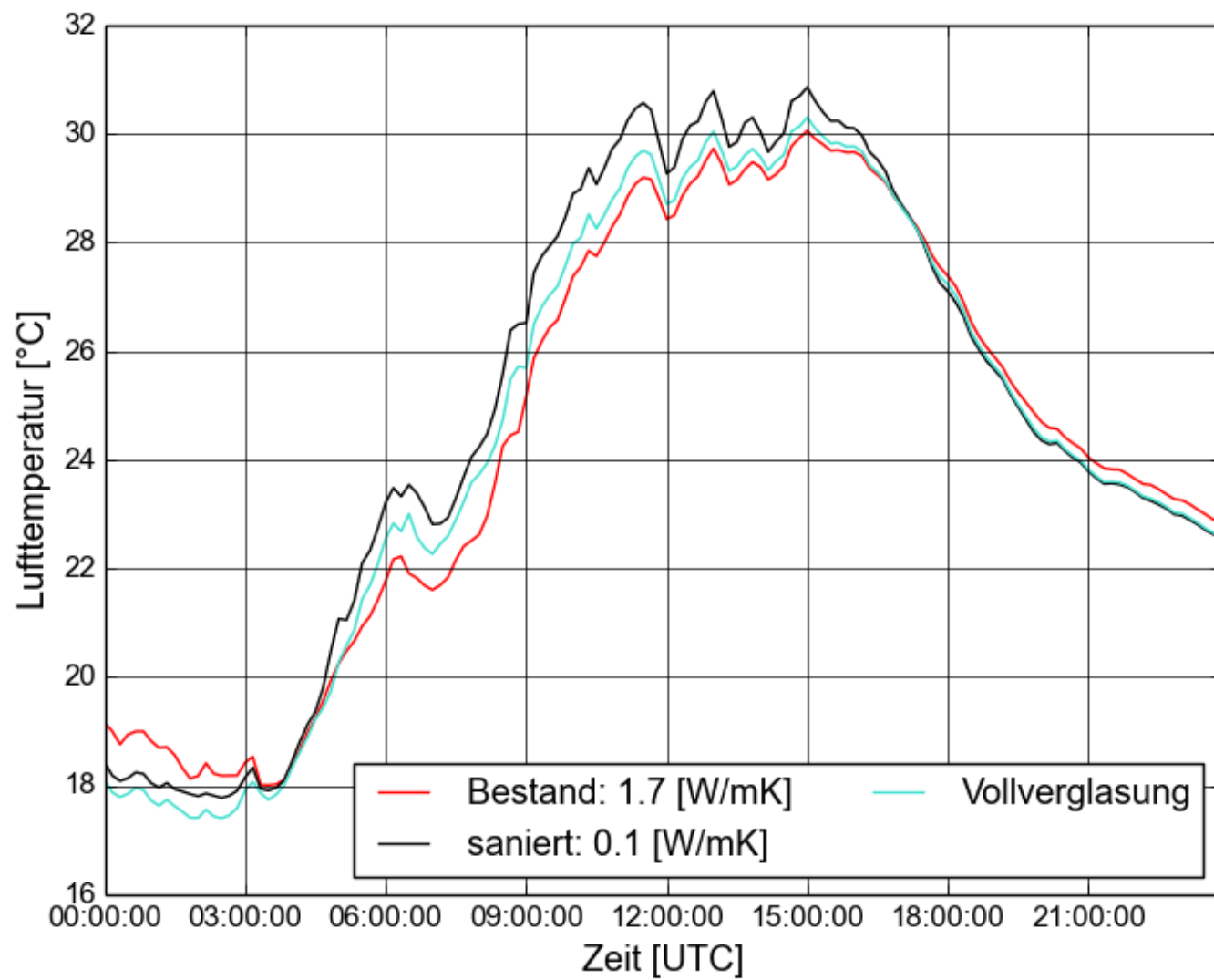
Urban Atlas: continuous urban fabric (S.L.>80%)

Urban Fabric Type (UFT) 2c: dichtes Stadtgebiet – erweiterter Stadtkern

Realnutzungskartierung: Wohn(misch)gebiet mittlerer Dichte

kontinuierliches Messsetup:

Lufttemperatur/Luftfeuchte



Zukunftsszenarien – Klimawandel/Stadtentwicklung

- Timeframe: 2030 + 2050
- Selection of typical heat waves, Preparation of meteorological data

Nachverdichtung / Sanierung im Bestand + Neue Stadtviertel

- 1) Starker Bevölkerungsanstieg (BV++)
 - 1a) Wachstum angepasst an Klimawandel (K+)
 - 1b) Profitorientiertes Wachstum (K-)
- 2) Schwacher Bevölkerungsanstieg(BV+)
 - 2a)Wachstum angepasst an Klimawandel (K+)
 - 2b) Profitorientiertes Wachstum (K-)

Erster Vergleich: Morphologische Szenarien

	2016 Wohn(misch)g ebiet	2016 Geschäfts- Kern u- Mischgebiet	BV+, K+ 20% dichter, grüner	BV++,K+ ~40% höher ~40% dichter	BV+,K- ~20% höher voll versiegelt	BV++, K- ~40% höher ~40% dichter voll versiegelt
Gebäudehöhe[m]	14.6	20.6	14.6	20.6	18	20.6
bebaute Fläche [0-1]	0.55	0.74	0.64	0.74	0.55	0.74
versiegelte Fläche [0-1]	0.28	0.16	0.4	0.2	0	0
Wärmekapazit ät Wand [J/m³K]	1520000	1520000	1496000	1496000	1496000	1496000
Wärmekapazit ät Dach[J/m³K]	1554000	1554000	1496000	1496000	1496000	1496000
Thermische Leitfähigkeit Wand [W/mK]	1.7	1.7	0.1	0.1	0.1	0.1
Thermische Leitfähigkeit Dach [W/mK]	1.4	1.4	0.1	0.1	0.1	0.1

SIEDLUNGSENTWICKLUNG

- Bestandsentwicklung
gründerzeitlich geprägter Gebiete
- Weiterentwicklung
Gebiete geprägt in den 1950er- bis
1970er-Jahren
- Gebiete mit Entwicklungspotenzial
für Wohnen und Arbeiten

ENTWICKLUNG WIRTSCHAFT
UND ZENTREN

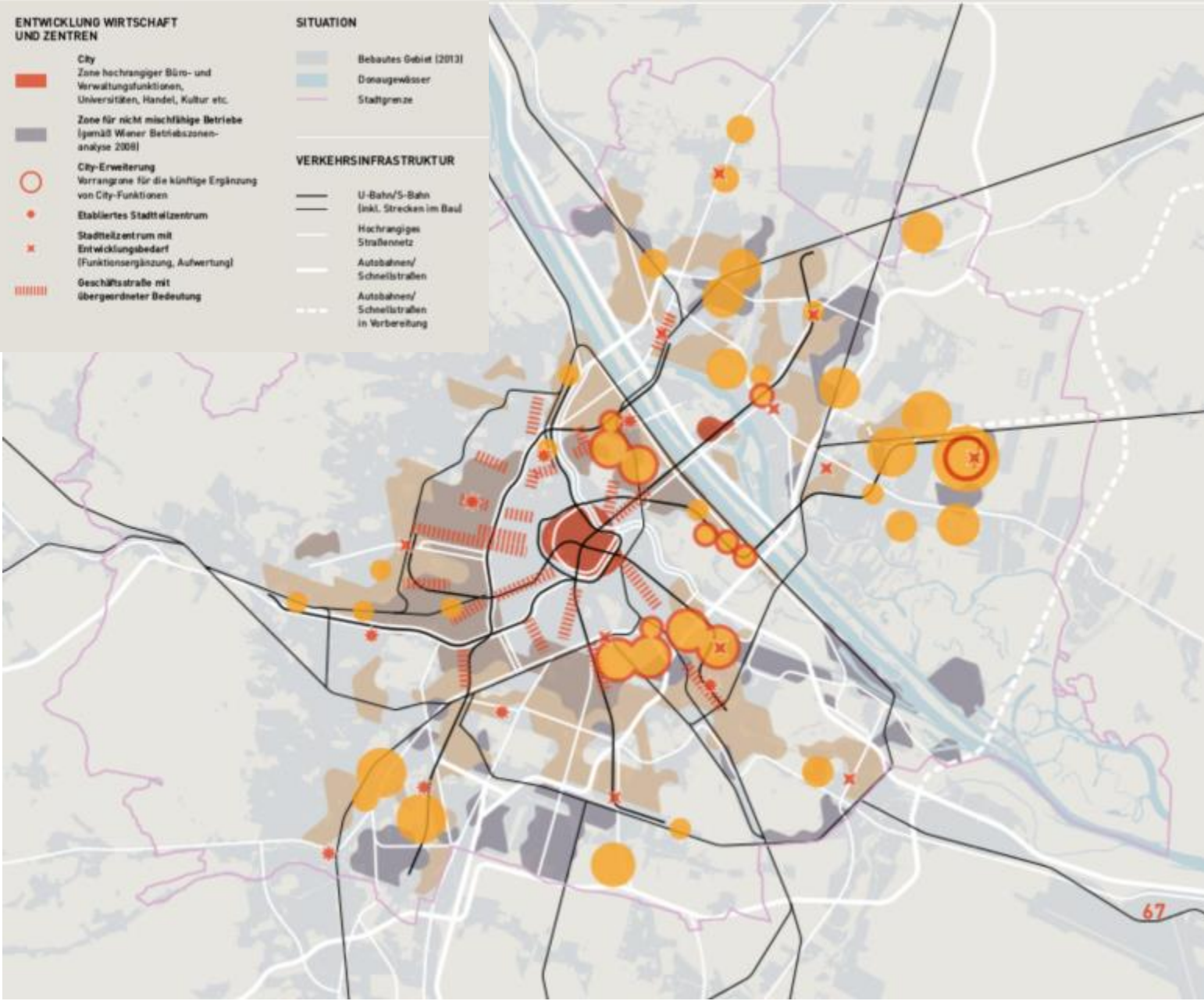
- City
Zone hochrangiger Büro- und
Verwaltungsfunktionen,
Universitäten, Handel, Kultur etc.
- Zone für nicht mischfähige Betriebe
(gemäß Wiener Betriebszonen-
analyse 2009)
- City-Erweiterung
Vorrangzone für die künftige Ergänzung
von City-Funktionen
- Etabliertes Stadtteilzentrum
- Stadtteilzentrum mit
Entwicklungsbedarf
(Funktionsergänzung, Aufwertung)
- Geschäftsstraße mit
übergeordneter Bedeutung

SITUATION

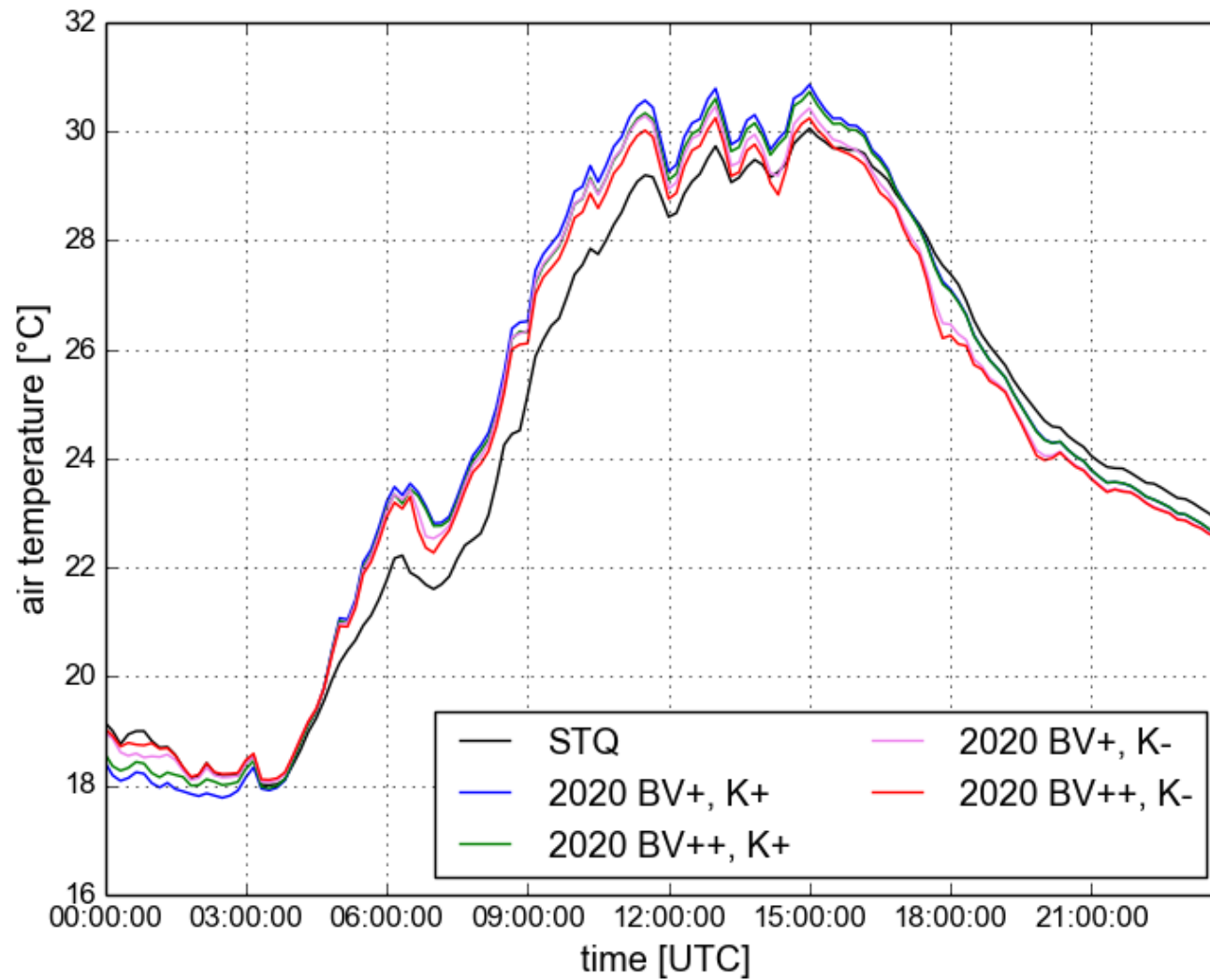
- Bebautes Gebiet (2013)
- Donaugewässer
- Stadtgrenze

VERKEHRSINFRASTRUKTUR

- U-Bahn/S-Bahn
(inkl. Strecken im Bau)
- Hochrangiges
Straßennetz
- Autobahnen/
Schnellstraßen
- Autobahnen/
Schnellstraßen
in Vorbereitung



Erster Vergleich: Morphologische Szenarien



Nr.	Szenario	Annahmen künftiger Entwicklung
S1	Rück- und Umbau in privater Verantwortung	Geringe öffentliche Mittel, suburbane Expansion
S2	Flourierender Wirtschaftsstandort und Anstieg des anthropogenen Flächenbedarfs	Hohe Priorität für Wirtschaftsförderung
S3	Kompakte Stadt als Zentrum für Innovationen im Bereich Umwelt	Starkes Wachstum, hohe Priorität für Umweltbelange

Tab. 2: Überblick über die im Rahmen von KLIMZUG-NORD entwickelten sozio-ökonomischen Entwicklungsszenarien und Anpassungsstrategien für das Modellgebiet Wandse

Einflussfaktor	Szenario 1 Rück- und Umbau	Szenario 2 Flourierender Wirt- schaftsstandort	Szenario 3 Kompakte Stadt
Bevölkerungsentwicklung	-	=	+
Flächenbedarf Innenstadt	-	+	+
Flächenbedarf Stadtrand und Umland	+	+	-
Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)	-	+	+
Motorisierter Individualverkehr (MIV)	+	-	-
Finanzielle Mittel der öffentlichen Hand	-	+	+
Investitionen in Umwelt und erneuerbare Energien	nur privat	privat und öffentlich	privat und öffentlich
Sensibilisierung für Klimaanpassung	niedrig	niedrig	niedrig
Umsetzung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen	nur privat	privat und öffentlich	privat und öffentlich
Steuerung durch Anreize von Seiten der öffentlichen Hand	nur negative Anreize	nur negative Anreize	positive und negative Anreize
Anpassungsstrategie	„Abwarten“	„Schützen“	„Anpassen“

Legende: - + =
Abnahme Zunahme in etwa gleich bleibende Verhältnisse

Tab. 3: Kurzgegenüberstellung der für die drei Szenarien verwendeten Treiber und der daraus resultierenden Strategien im Umgang mit dem Klimawandel

Stadtmorphologie
aufgrund FMZK, BKM, DOM,...
↓
urban land cover 2016

1 2 3 4 ...
Bebauungsant. 0.3 0.5
Gebäudehöhe 10 15
Versiegelung 0.2 0.3
...

zusätzliche Bruttogeschossfläche (zBG)
Neubebauungsanteil (NB)

Nachverdichtung=
 $zBG * (1-NB)$:

random sample

- innerhalb urban land cover'16
- gewichtet mit:
Wohnung/Baulandreserve:
-> neue Kategorie
+ ein Geschoss pro Gitterpunkt
mit verbesserter Isolierung

Neubebauung=
 $zBG * NB$

random sample

- max/min Dist. von urban land cover'16
- gewichtet mit Maske:
 - geplante Bauprojekte
 - Wohnungs/Baulandreserve
 - Entwicklungsachsen
 - vergangene Änderungen
- > neue Kategorie
mit verbesserter Isolierung

urban land cover 2030/2050

Stadtmorphologie
aufgrund FMZK, BKM, DOM,...
↓
urban land cover 2016

1 2 3 4 ...
Bebauungsant. 0.3 0.5
Gebäudehöhe 10 15
Versiegelung 0.2 0.3
...

zusätzliche Bruttogeschossfläche (zBG)
Neubebauungsanteil (NB)

Nachverdichtung=
 $zBG * (1-NB)$:

random sample

- innerhalb urban land cover'16
- gewichtet mit:
Wohnung/Baulandreserve:
-> neue Kategorie
+ ein Geschoss pro Gitterpunkt
mit verbesserter Isolierung

Neubebauung=
 $zBG * NB$

random sample

- max/min Dist. von urban land cover'16
- gewichtet mit Maske:
 - geplante Bauprojekte
 - Wohnungs/Baulandreserve
 - Entwicklungsachsen
 - vergangene Änderungen
- > neue Kategorie
mit verbesserter Isolierung

urban land cover 2030/2050

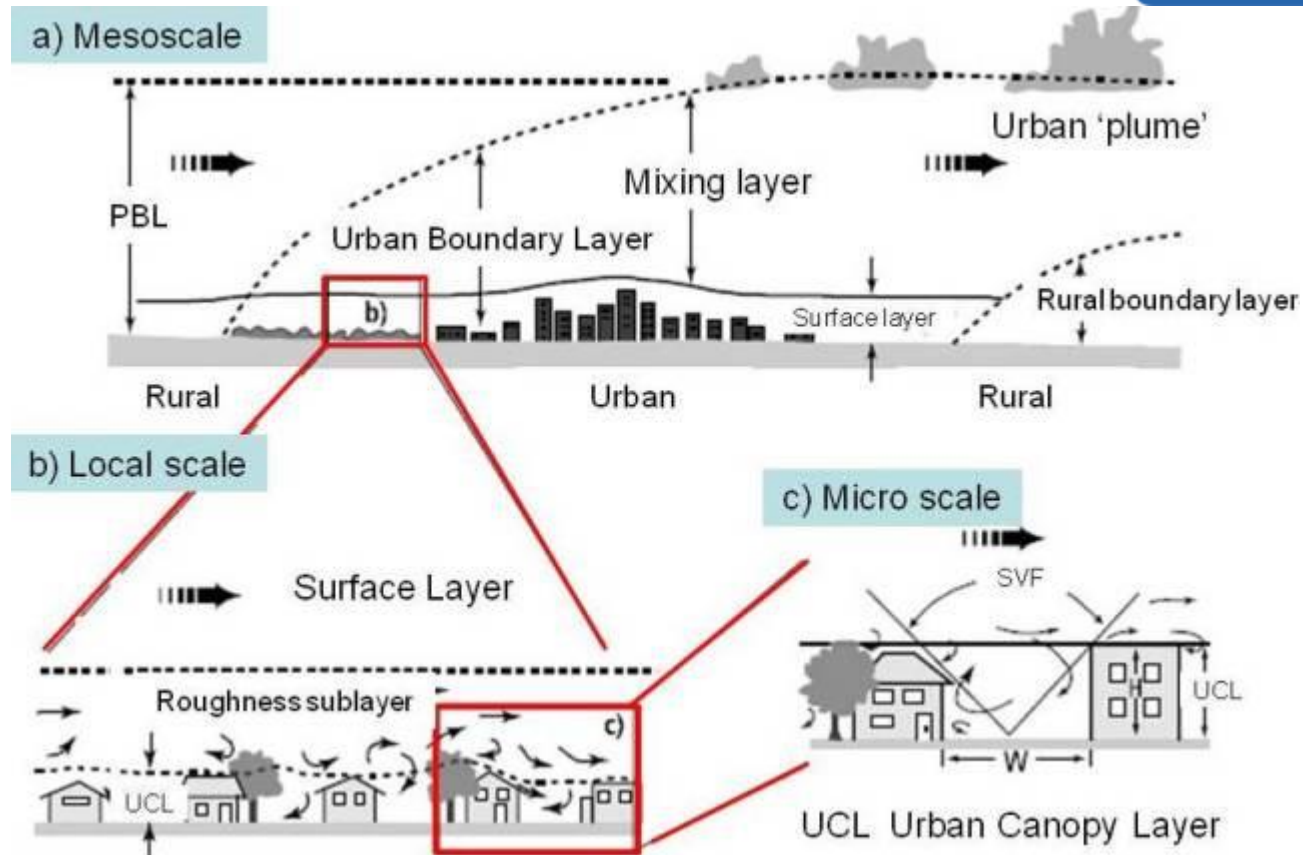
Nächste Schritte

- Validierung TEB für alle Messtationen in Wien
- Vergleich Simulationen WRF-UCM mit WRF-TEB
- Test der 1km Bodefeuchtedaten SCATSAR-SWI
- Diskussion Zukunftsszenarien Bebauung

Table 6: Time schedule

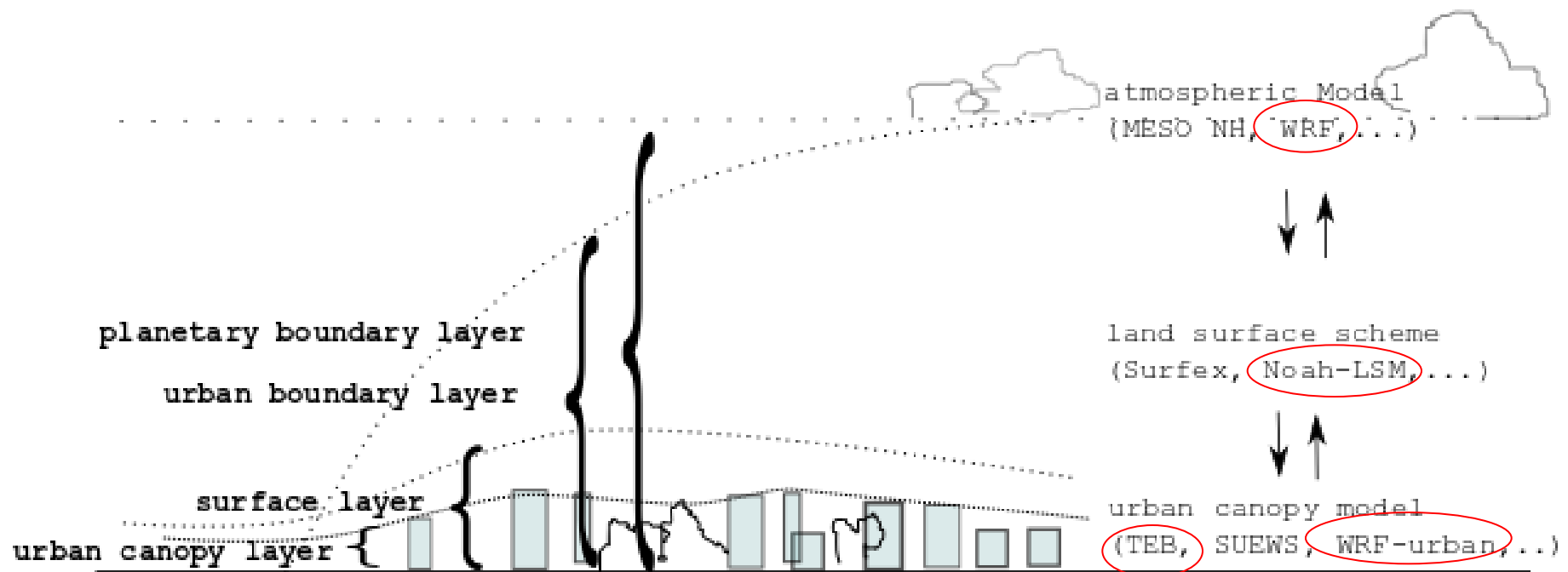
	Months 1-4	Months 5-8	Months 9-12	Months 13-16	Months 17-20	Months 21-24
WP1						
WP2						
WP3						
WP4						
WP5						

Simulation – Methode



Source: T.R. Oke

Simulation – Methode



Hypothesis to be tested: The project will focus on the following research questions:

- Does growing of the city influence the local climate of the central districts?
- Does this influence depend on the architectural design and on the planning of suburban districts?
- Do we improve the urban microscale climate modelling by using multiscale approaches?
- Can urban planning contribute to mitigate climate change impacts on urban microclimate?
- Can planning of the suburban districts mitigate climate change impacts on the central districts of Vienna?
- Will climate change lead to higher rise in temperature in central districts of Vienna as compared to the surrounding rural areas?

The anticipated project results will include

- A validation and adaptation of a multi scale climate model for the city of Vienna will be performed
- The accuracy of multiscale modelling will be determined and appropriate methods to improve the accuracy will be identified
- The influence of climate change on the climate of the districts of the city of Vienna will be determined
- The influence of city growth and the development of outlying districts on climate of the districts of Vienna will be determined
- The best urban planning measures for the outlying districts of Vienna for the mitigation of climate change impact on the urban heat island of Vienna will be identified

These measures include among others:

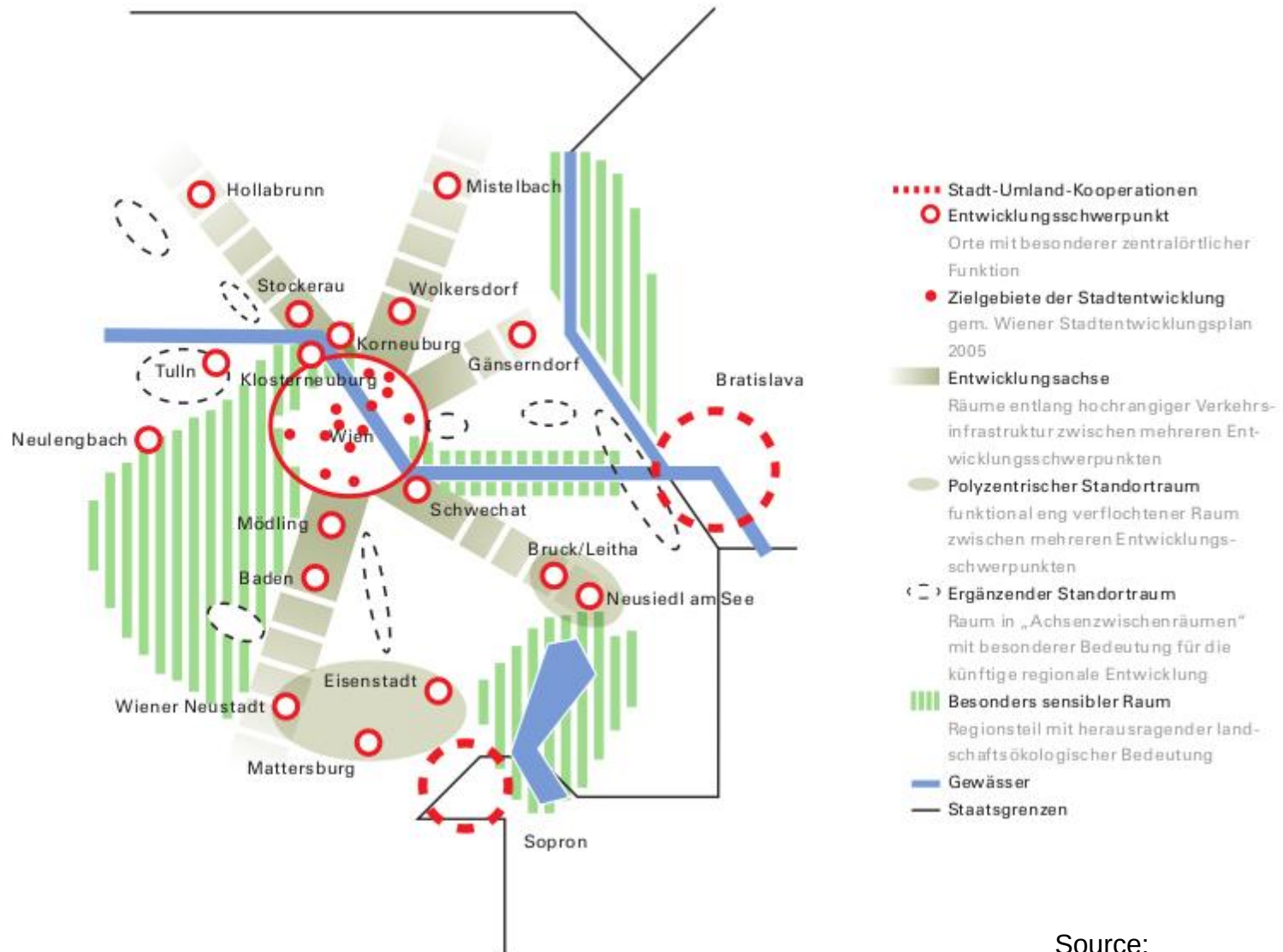
- The appropriate inclusion of vegetation in the new districts
- The choice of the appropriate dimensions concerning building heights and street width
- The choice of the appropriate building materials concerning their heating storage characteristics and their reflection properties

Table 4

	Project management and dissemination	
	Preparation of input data, adaptation of the models	
	Validation of the town and building energy model	
	Creation of scenarios	

Arbeitspaket 2: Vorbereitung der Modellinputdaten Adaptierung der Modelle

Stadterweiterung 2025



Source:
Stadtregion+

Koppelung des **Energiebilanz Modells** **TEB** mit dem **multiskaligen** **Wettermodell WRF**

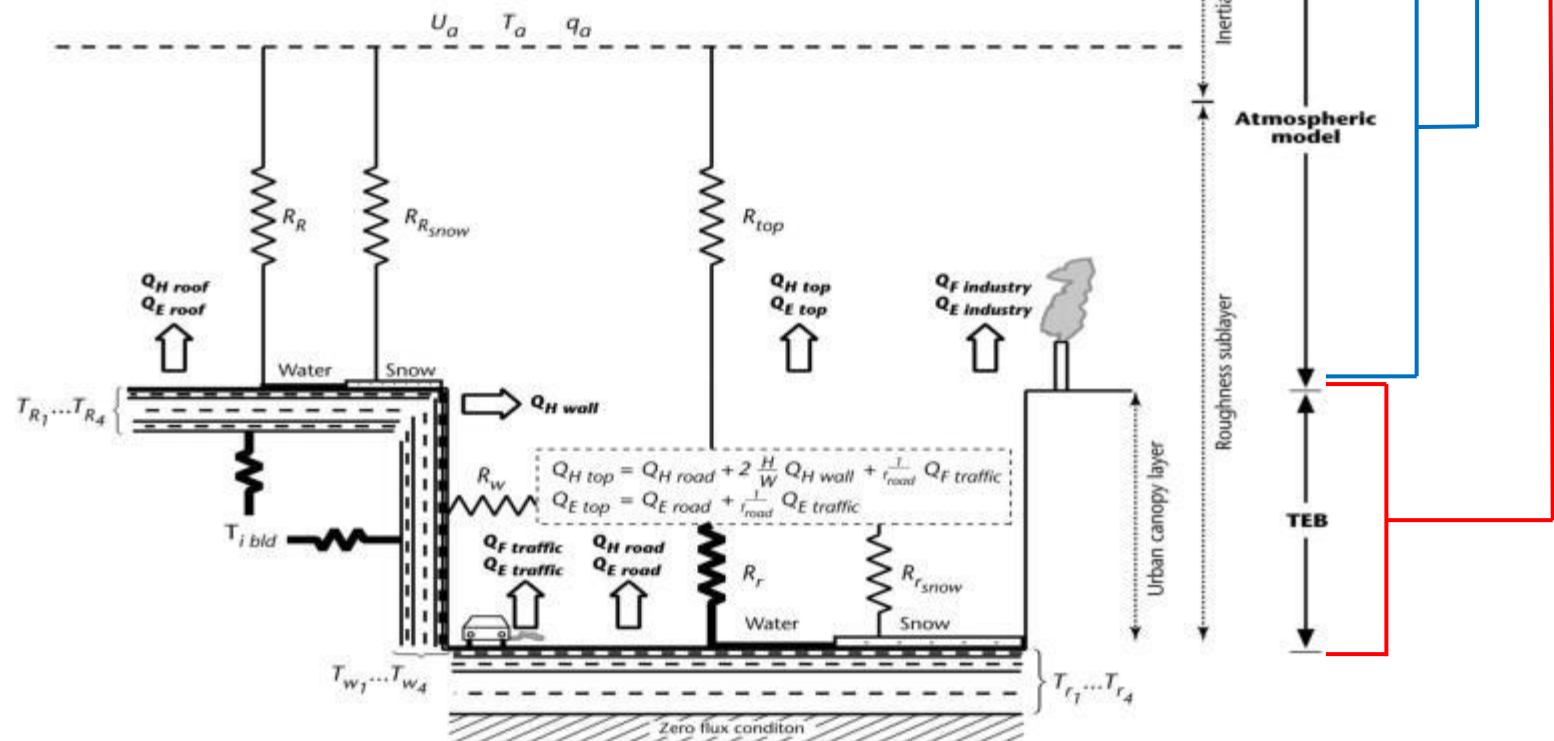
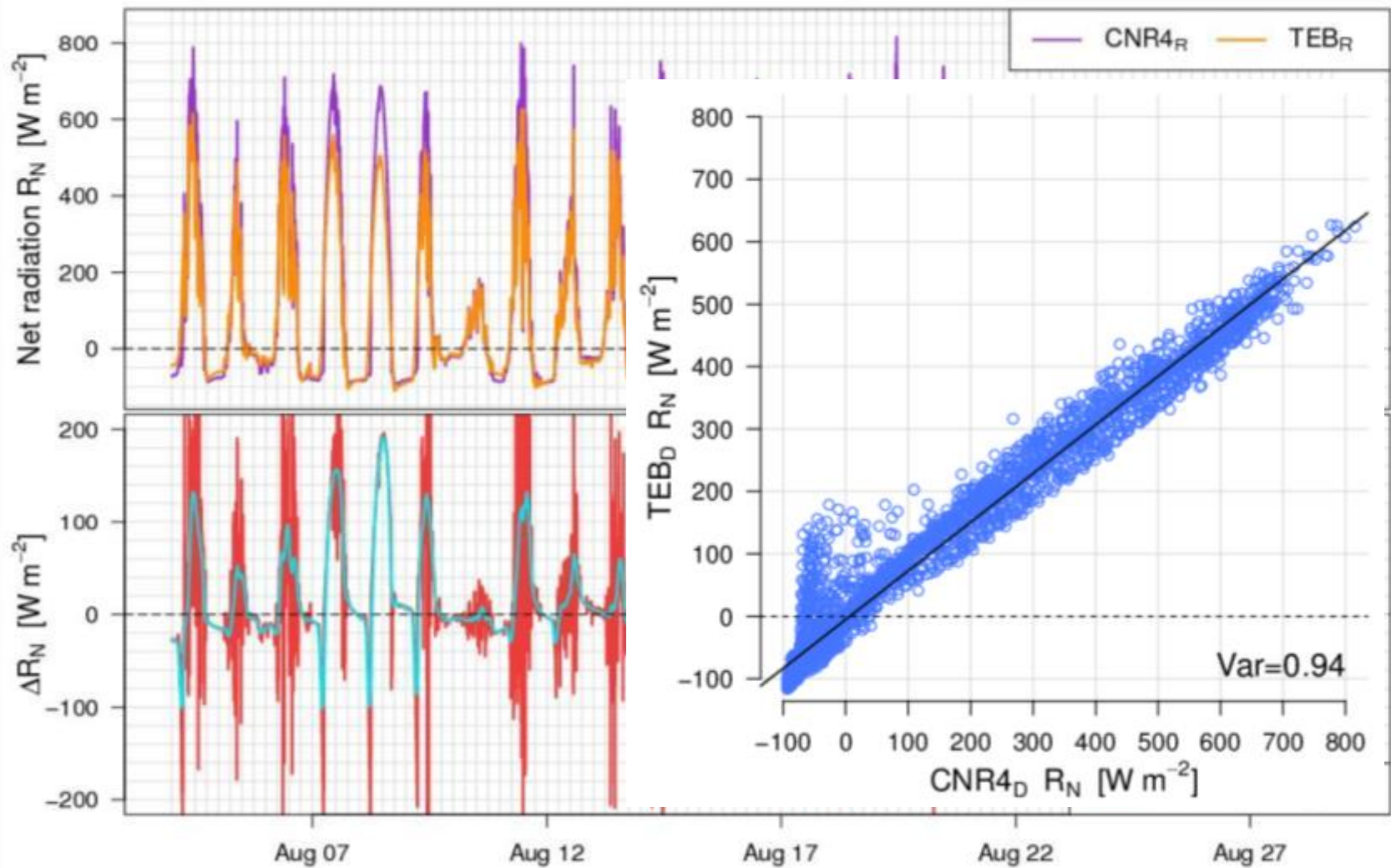


FIG. 2. Schematic representation of the surfaces (roof, wall, road indicated by subscript R , w , and r , respectively), prognostic temperatures (T), and aerodynamic resistances (R) used in TEB and the output fluxes. Resistances shown with thick lines have been altered from the original scheme (Masson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

1. Ergebnisse – Vergleich TEB mit



Übersicht Modelle

WRF (– UCM)	Weather Research and Forecast model (- urban canopy model)	Open source
Source: ...		
SOLWEIG (UMEP)	Solar and longwave environmental irradiance geometry model	Open source
Source: https://bitbucket.org/fredrik_ucg/umep/downloads		
TEB	Town Energy Balance	Open source
Source: http://www.cnrm-game-meteo.fr/spip.php?article199&lang=fr		

TEB Input for Test site

built surface: 0.59 (from FMZK)

0.54 (from BKM)!

sealed surface: 0.22 / 0.27

gardens: 0.19

building height: 17.1m (from BKM)

roughness length: 1.71 (building height/10)

facade length: 817m

wall ver_hor. ratio: 1.0

roof albedo: 0.26 (0.05 - 0.7)

road albedo: 0.13

wall albedo: 0.3

garden albedo: 0.2

roof emissivity: 0.79 (0.2-0.9)

road emissivity: 0.9

wall emissivity: 0.9

garden emissivity: 0.98

thickness of roof, road and wall layer: all
0.05, only road: 0.05, 0.25, 0.5, 0.75 (as
WRFu)

thermal conductivity: 1.68 (as WRFu)

heat capacity: 2000000 (as WRFu)

Urban canopy model: Input

Fractions of buildings, roads, vegetation

Mean building height

Ratio of surface of walls to horizontal surface

Building roughness length z_0 (Grimmond 1999)

Albedo and emissivity of roof, wall, road

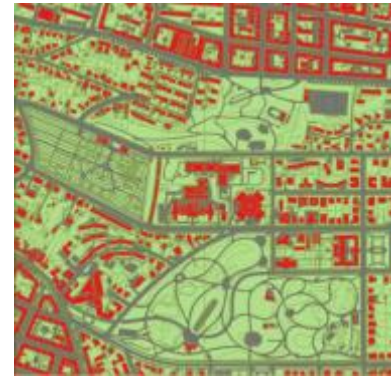
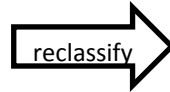
Insulation (Thermal conductivity, heat conduction, thickness) of roof, wall, road

Anthropogenic heat flux (latent and sensible heat)

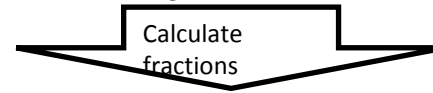
Irrigation



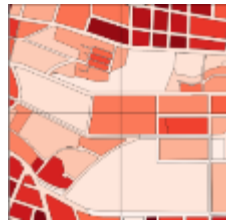
51 land use categories



3 land use categories



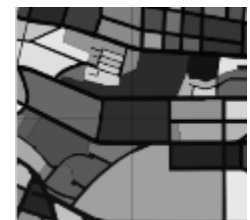
BUILT AREA
FRACTION



GARDEN
FRACTION



SEALED AREA
FRACTION



Realnutzungsp
olygone
(white=0)

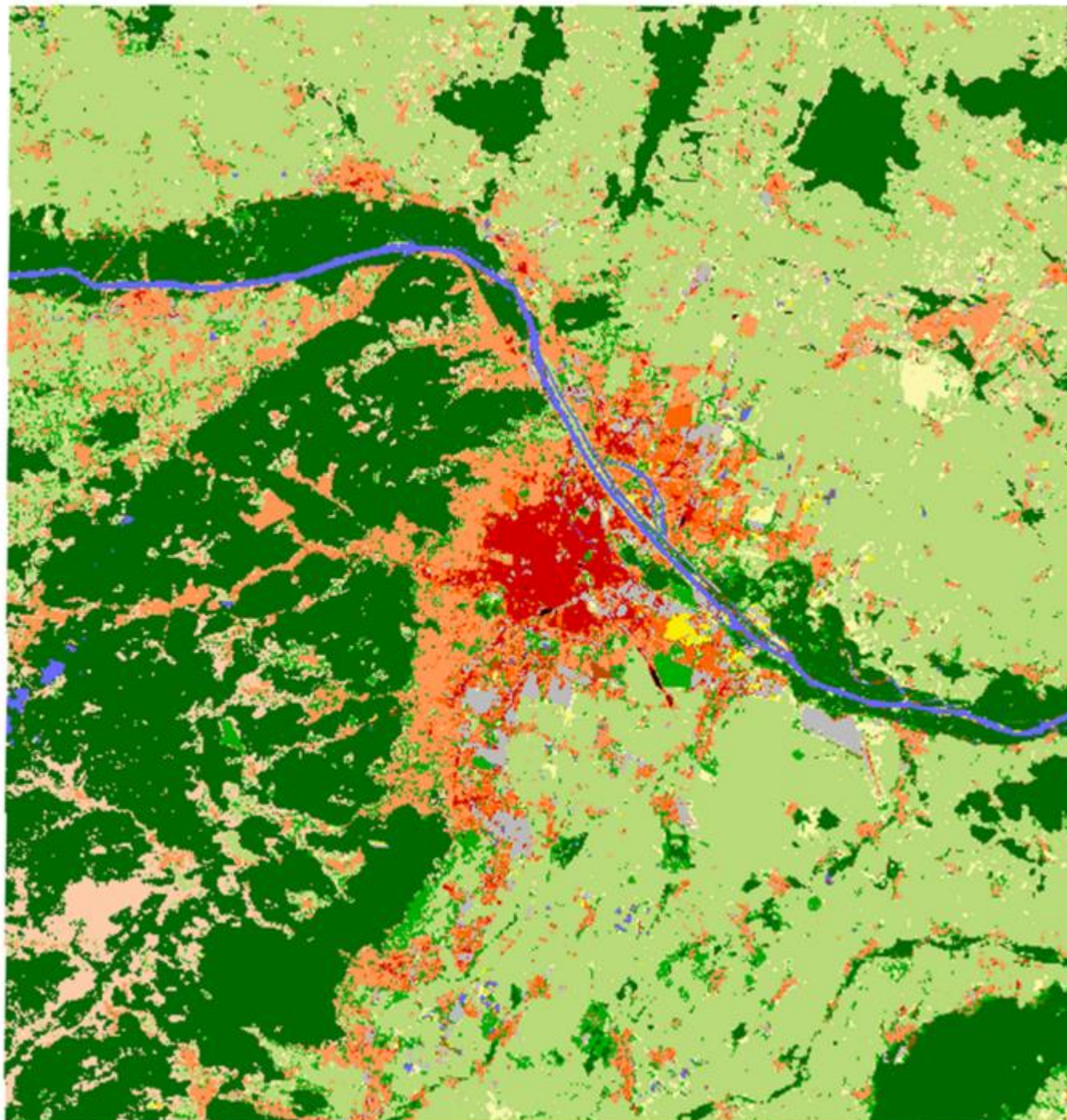
100m Raster
(black=0)

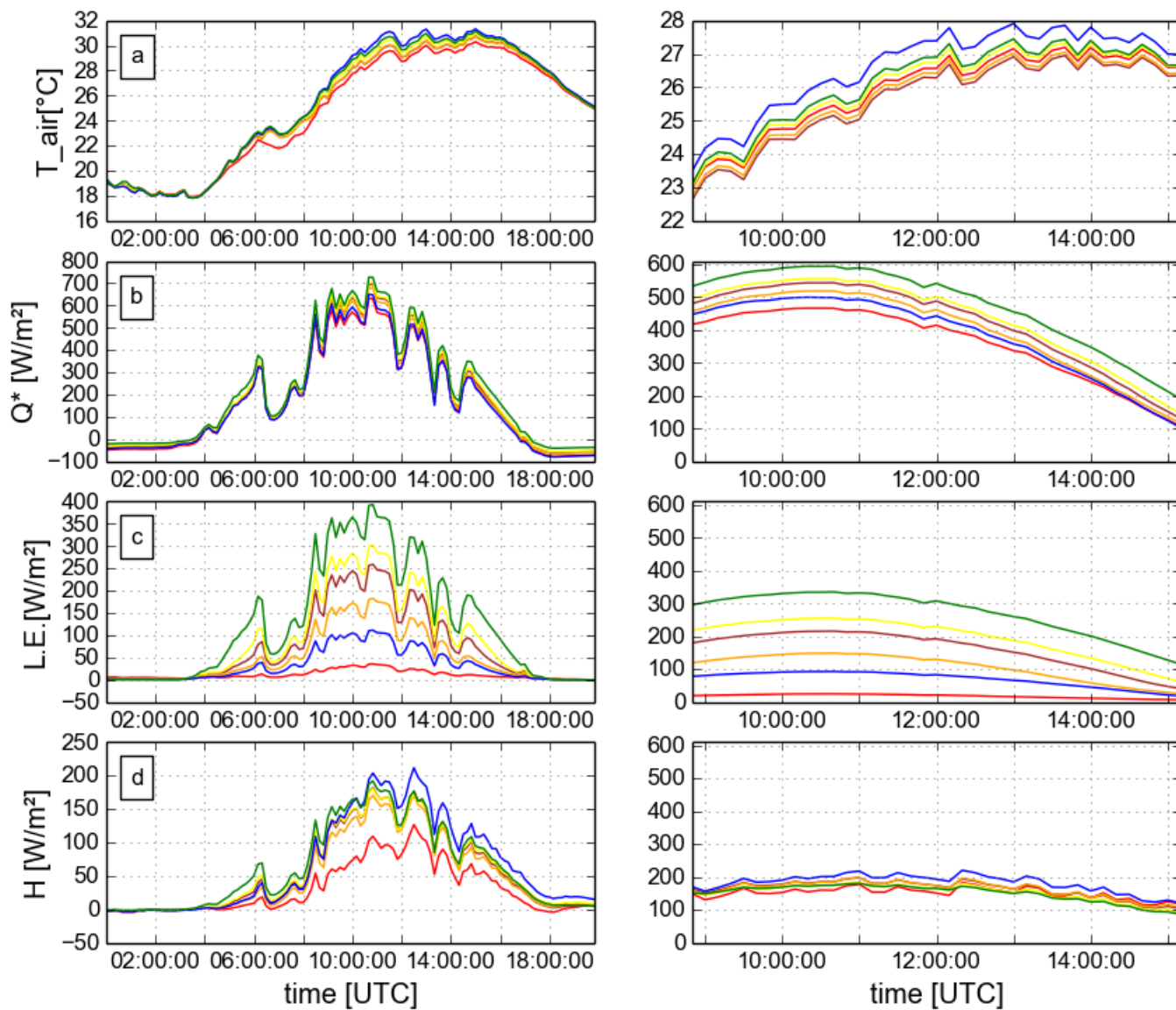
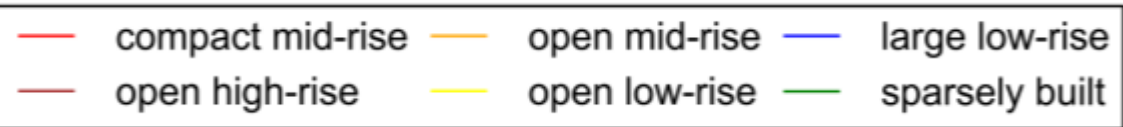


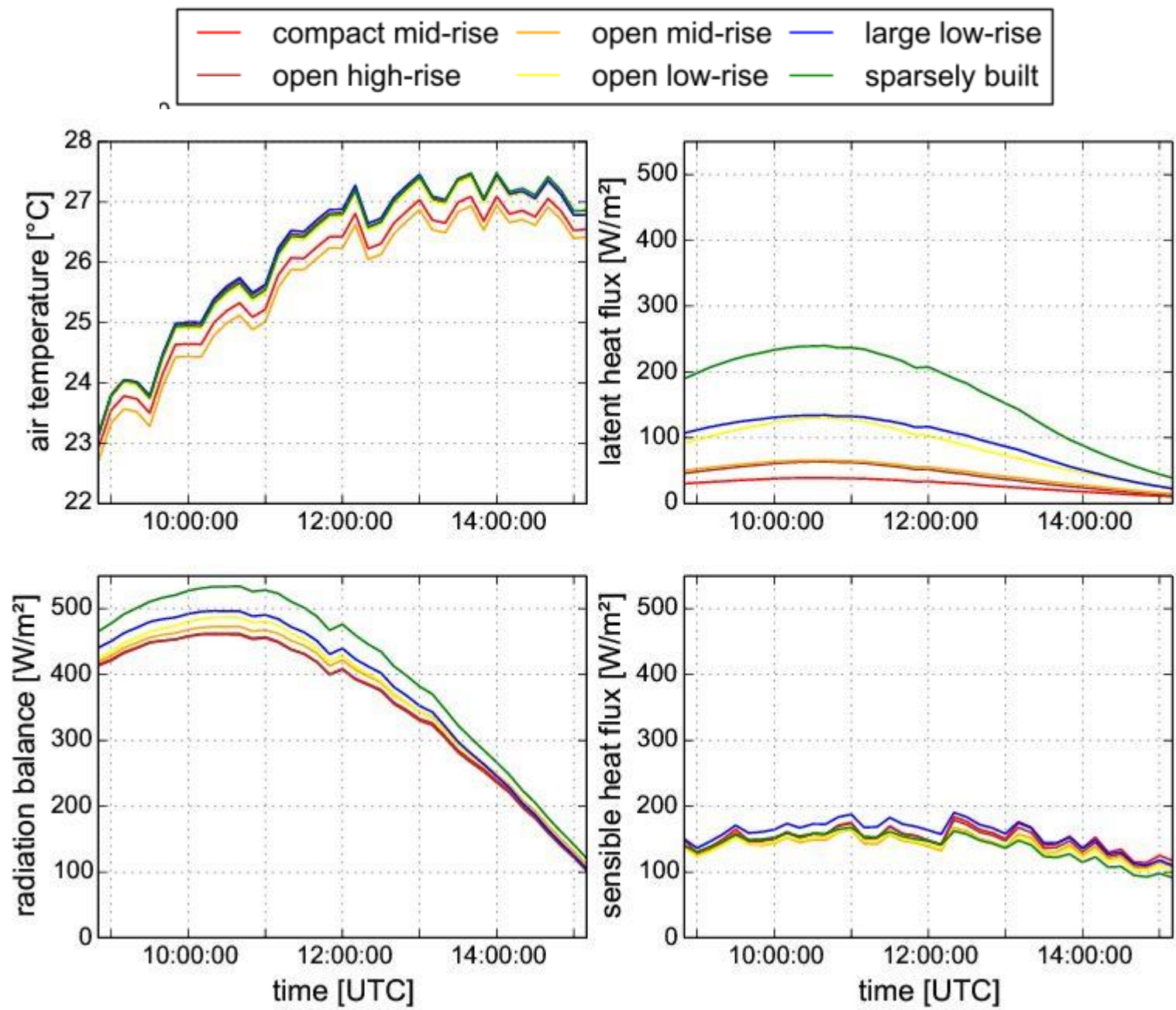
Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise 	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees 	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
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.	B. Scattered trees 	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise 	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub 	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise 	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants 	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise 	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved 	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise 	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand 	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise 	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water 	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise 	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	VARIABLE LAND COVER PROPERTIES	
9. Sparsely built 	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
10. Heavy industry 	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	b. bare trees	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
		s. snow cover	Snow cover > 10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		d. dry ground	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

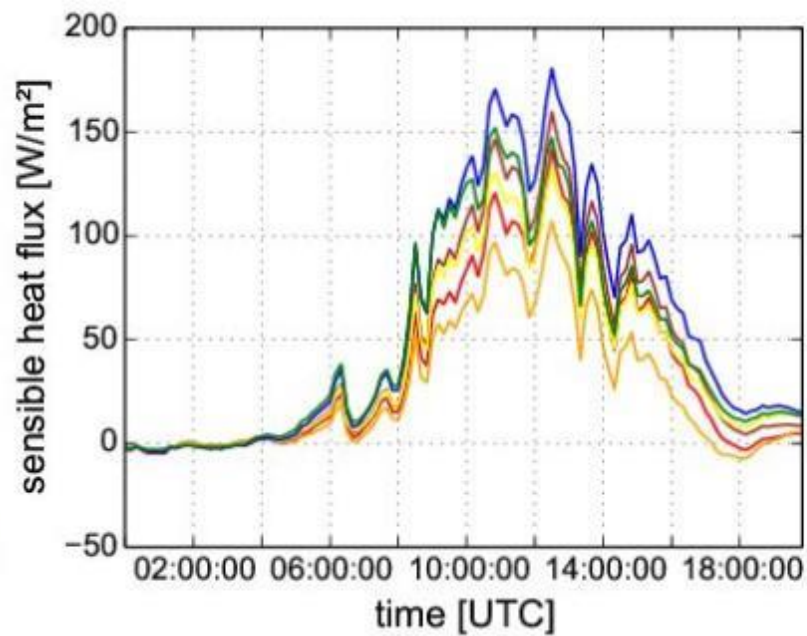
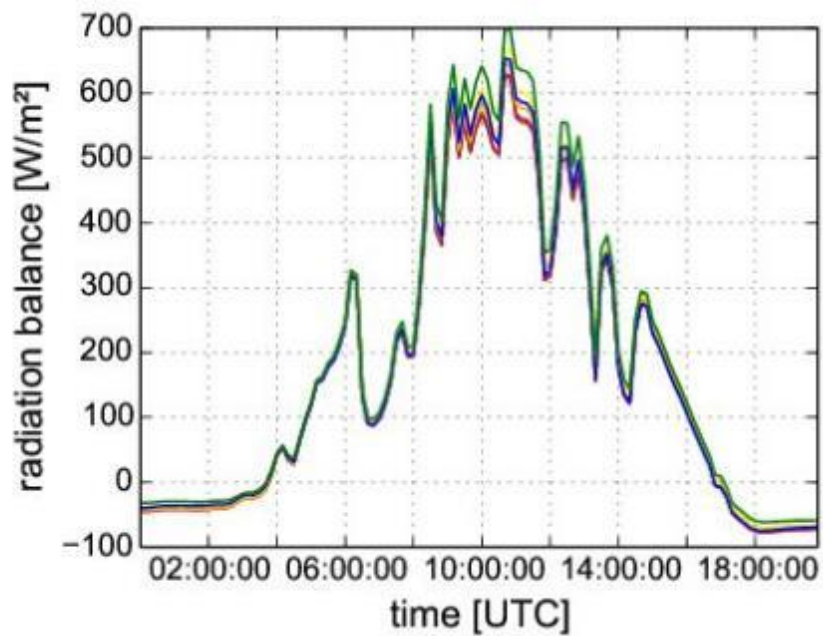
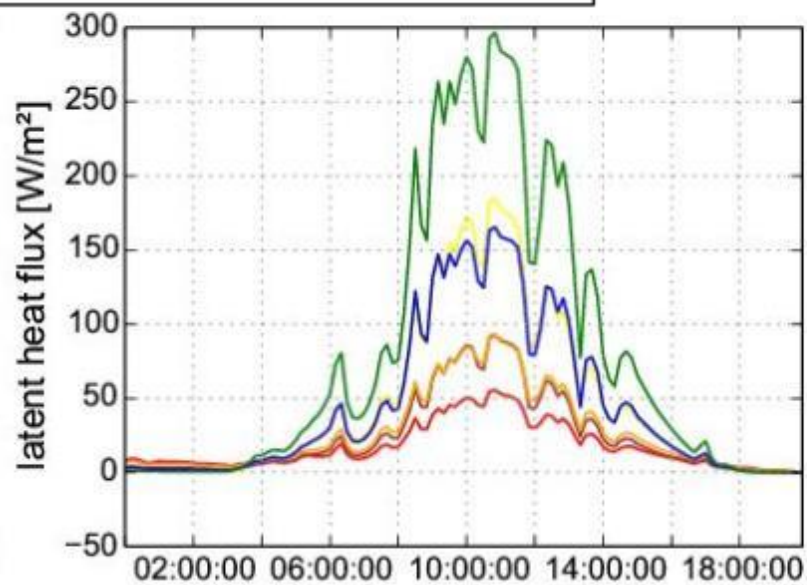
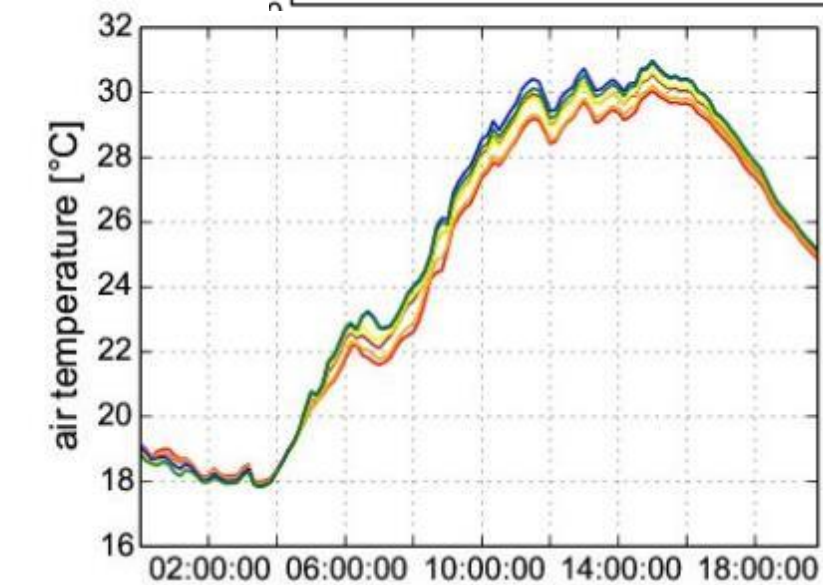
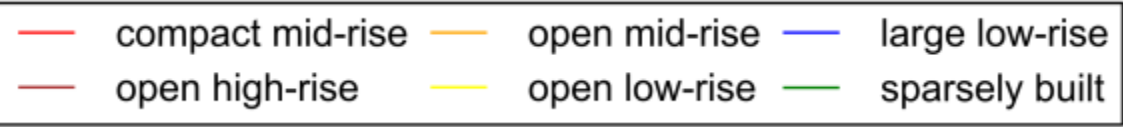
Source: Steward and Oke (2012)

- LCZ 1 Compact high-rise
- LCZ 2 Compact mid-rise
- LCZ 3 Compact low-rise
- LCZ 4 Open high-rise
- LCZ 5 Open mid-rise
- LCZ 6 Open low-rise
- LCZ 7 Lightweight low-rise
- LCZ 8 Large low-rise
- LCZ 9 Sparsely built
- LCZ 10 Heavy industry
- LCZ A Dense trees
- LCZ B Scattered trees
- LCZ C Bush, scrub
- LCZ D Low plants
- LCZ E Bare rock or paved
- LCZ F Bare soil or sand
- LCZ G Water

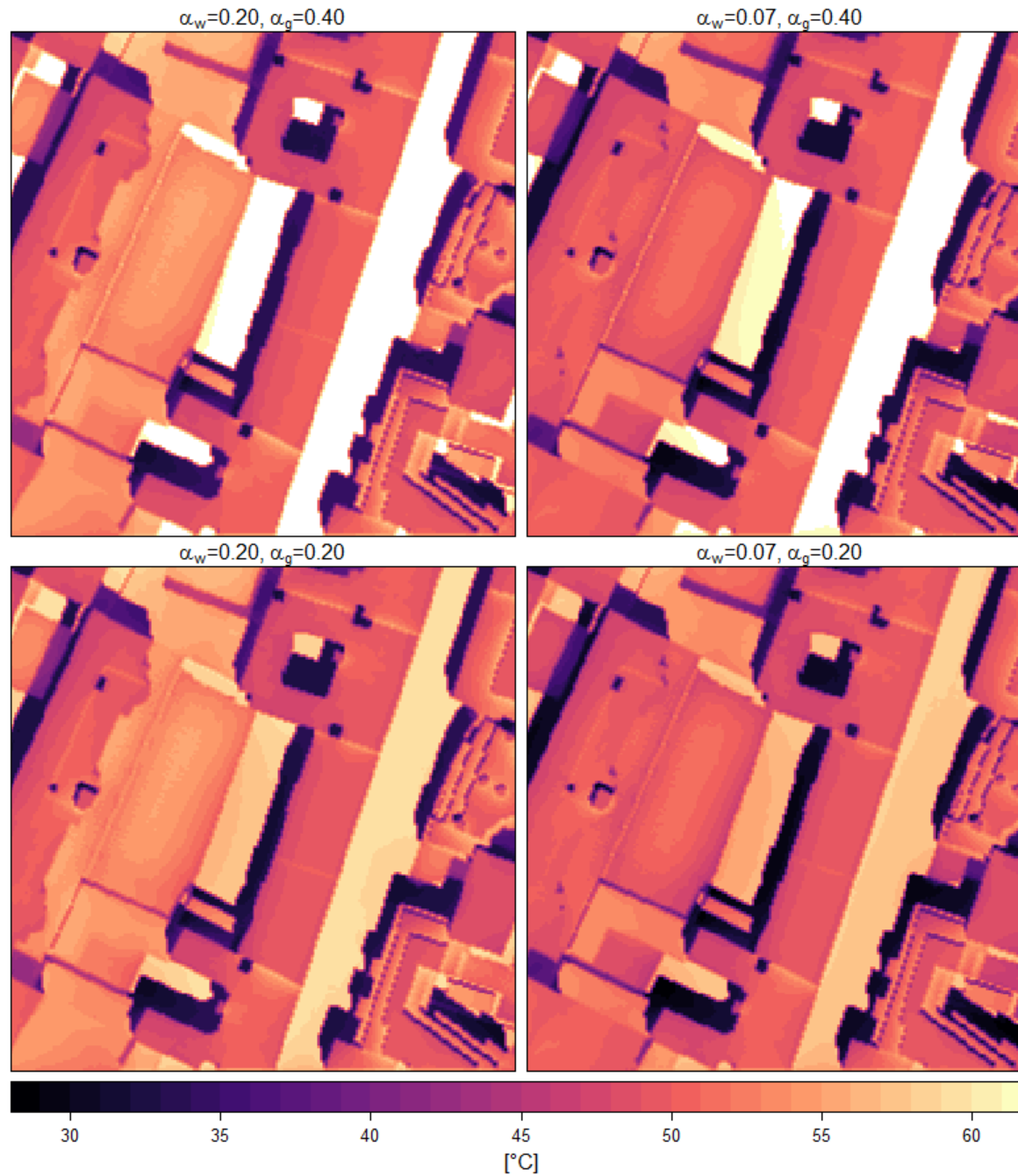






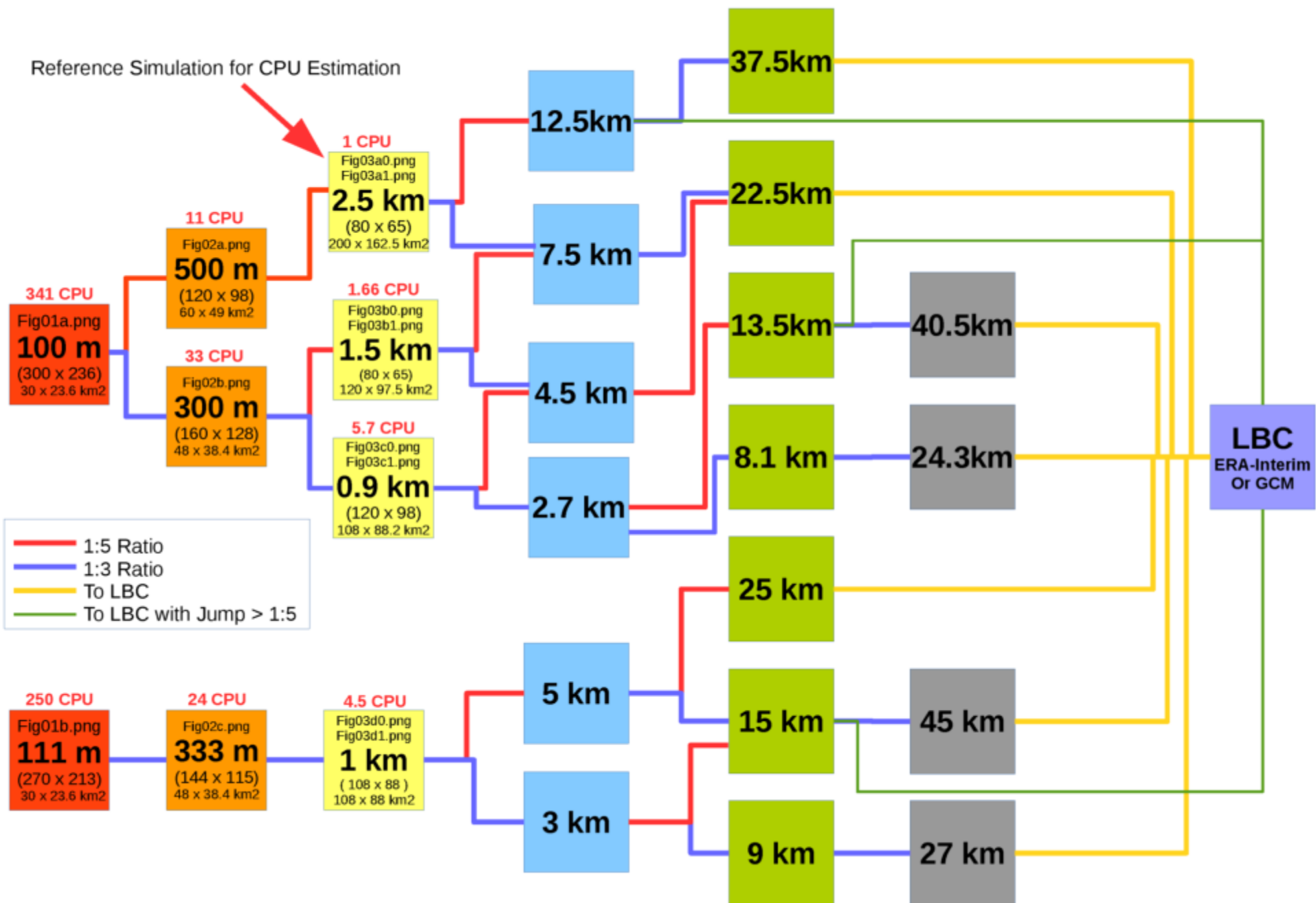


Mittlere Strahlungstemperatur



Flow Chart of URBANIA WRF Simulations

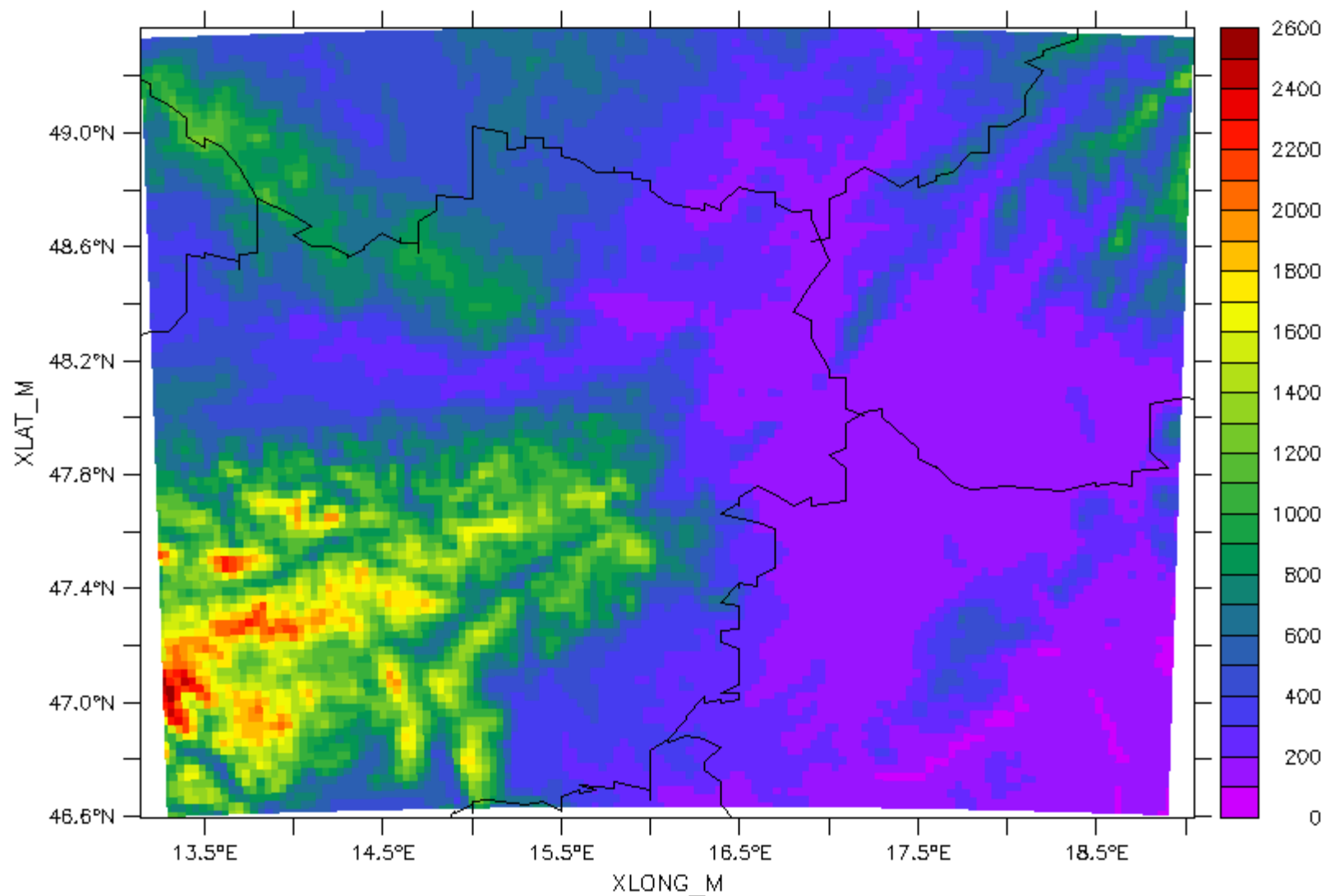
Reference Simulation for CPU Estimation



T : 1

DATA SET: geo_em.d01_3000

OUTPUT FROM GEOGRID V3.9



HGT_M (meters MSL)

Input Data from WRF [MKS unit]:

!
! UTYPE [-] : Urban type. 1=Commercial/Industrial; 2=High-intensity residential;
! : 3=low-intensity residential
! TA [K] : Potential temperature at 1st wrf level (absolute temp)
! QA [kg/kg] : Mixing ratio at 1st atmospheric level
! UA [m/s] : Wind speed at 1st atmospheric level
! SSG [W/m/m] : Short wave downward radiation at a flat surface
! Note this is the total of direct and diffusive solar
! downward radiation. If without two components, the
! single solar downward can be used instead.
! $SSG = SSGD + SSGQ$
! LSOLAR [-] : Indicating the input type of solar downward radiation
! True: both direct and diffusive solar radiation
! are available
! False: only total downward radiation is available.
! SSGD [W/m/m] : Direct solar radiation at a flat surface
! if SSGD is not available, one can assume a ratio SRATIO
! (e.g., 0.7), so that $SSGD = SRATIO * SSG$
! SSGQ [W/m/m] : Diffuse solar radiation at a flat surface
! If SSGQ is not available, $SSGQ = SSG - SSGD$
! LLG [W/m/m] : Long wave downward radiation at a flat surface
! RAIN [mm/h] : Precipitation
! RHOO [kg/m/m/m] : Air density
! ZA [m] : First atmospheric level
! as a lowest boundary condition
! DECLIN [rad] : solar declination
! $COSZ = \sin(fai) * \sin(del) + \cos(fai) * \cos(del) * \cos(omg)$
! OMG [rad] : solar hour angle
! XLAT [deg] : latitude
! DELT [sec] : Time step
! ZNT [m] : Roughnes length
!

m (not used)

! Output Data to WRF [MKS unit]:

!

! TS [K] : Surface potential temperature (absolute temp)

! QS [-] : Surface humidity

!

! SH [W/m/m/] : Sensible heat flux, = $FLXTH * RHOO * CPP$

! LH [W/m/m] : Latent heat flux, = $FLXHUM * RHOO * ELL$

! LH_INEMATIC [kg/m/m/sec]: Moisture Kinematic flux, =
 $FLXHUM * RHOO$

! SW [W/m/m] : Upward shortwave radiation flux,
! = $SSG - SNET * 697.7 * 60.$

($697.7 * 60. = 100. * 100. * 4.186$)

! ALB [-] : Time-varying albedo

! LW [W/m/m] : Upward longwave radiation flux,
! = $LNET * 697.7 * 60. - LLG$

! G [W/m/m] : Heat Flux into the Ground

! RN [W/m/m] : Net radiation

!

! PSIM [-] : Diagnostic similarity stability function for
momentum

! PSIH [-] : Diagnostic similarity stability function for heat

!

! TC [K] : Diagnostic canopy air temperature

! QC [-] : Diagnostic canopy humidity

!

! TH2 [K] : Diagnostic potential temperature at 2 m

! Q2 [-] : Diagnostic humidity at 2 m

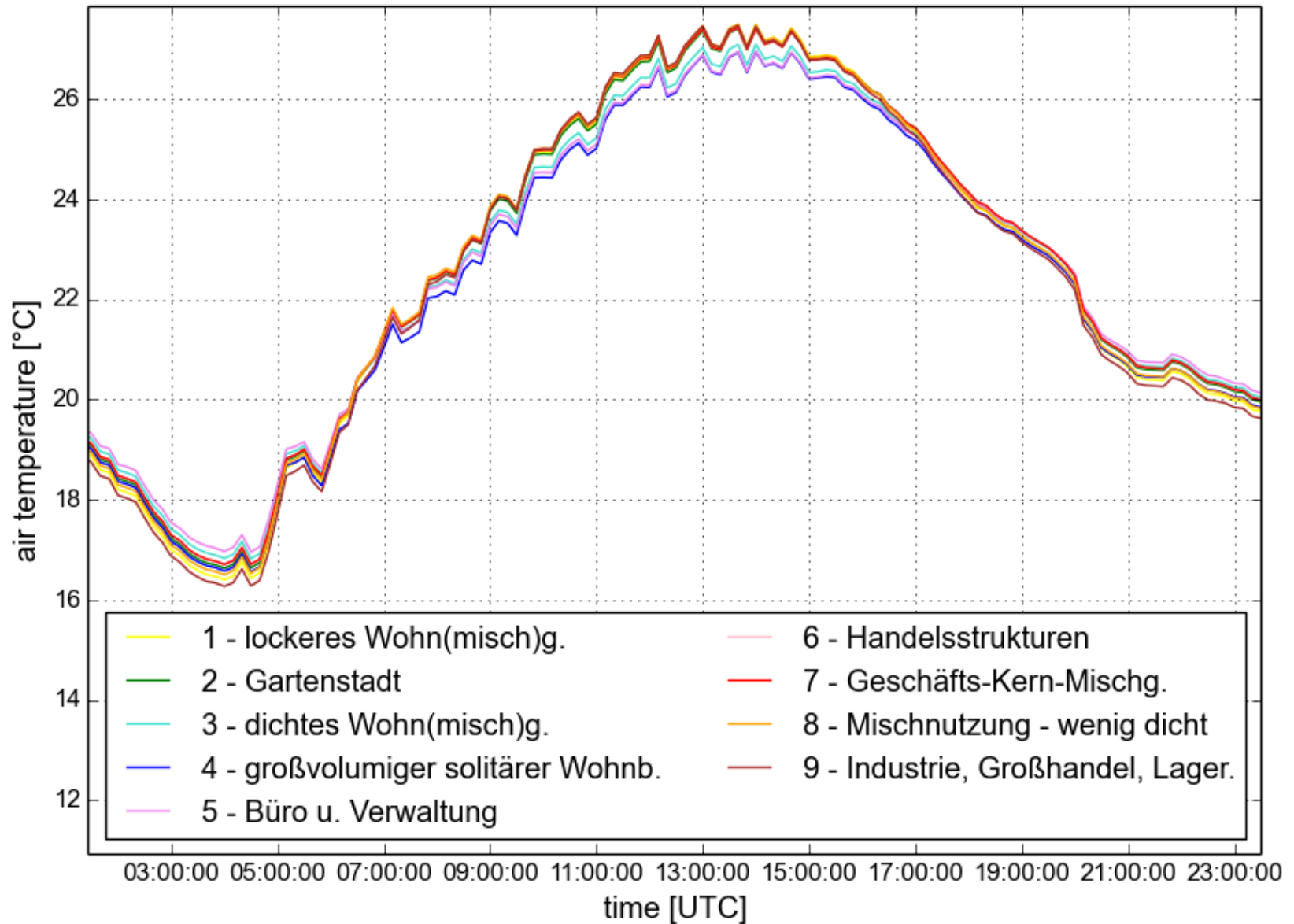
! U10 [m/s] : Diagnostic u wind component at 10 m

! V10 [m/s] : Diagnostic v wind component at 10 m

!

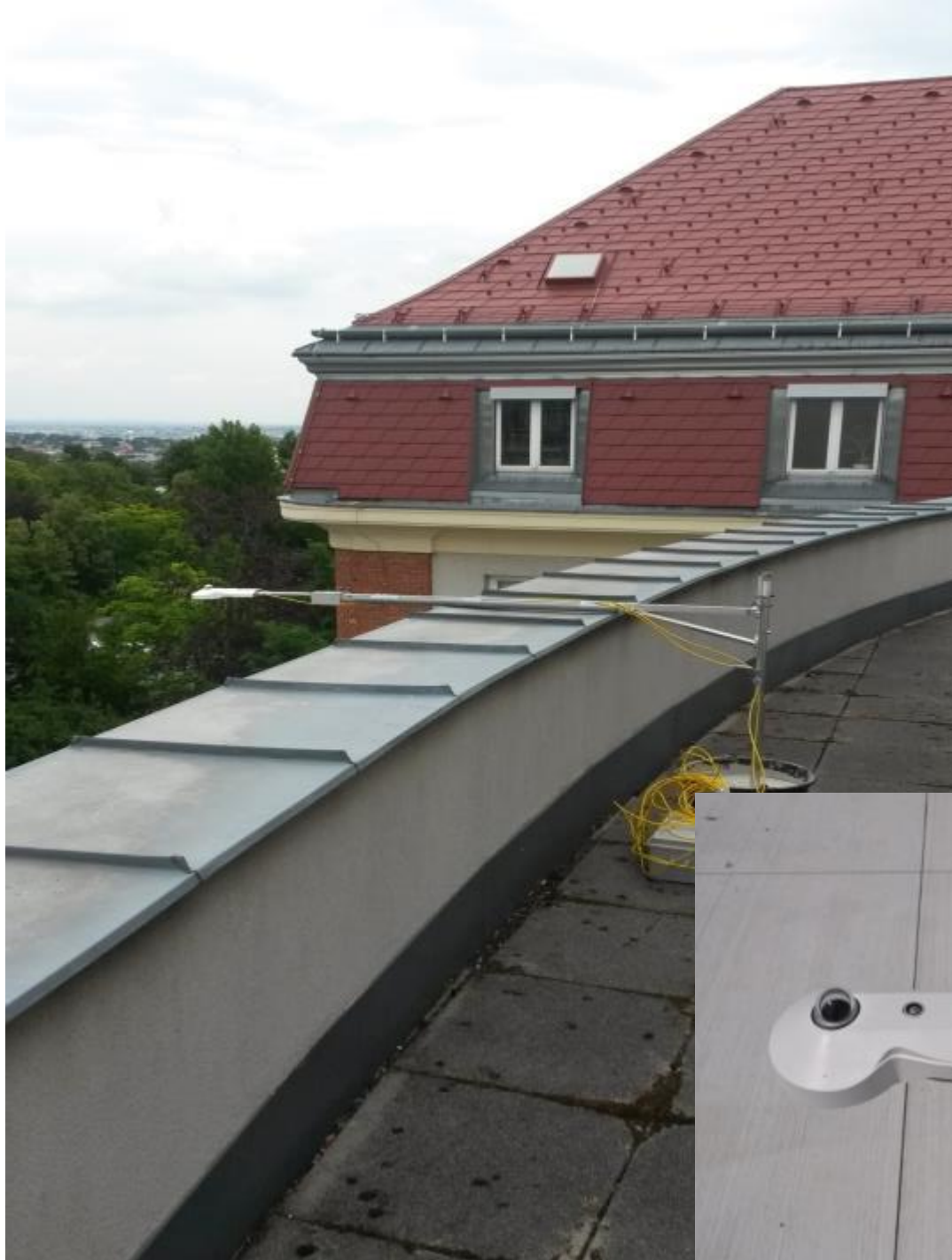
! CHS, CHS2 [m/s] : $CH * U$ at ZA, $CH * U$ at 2

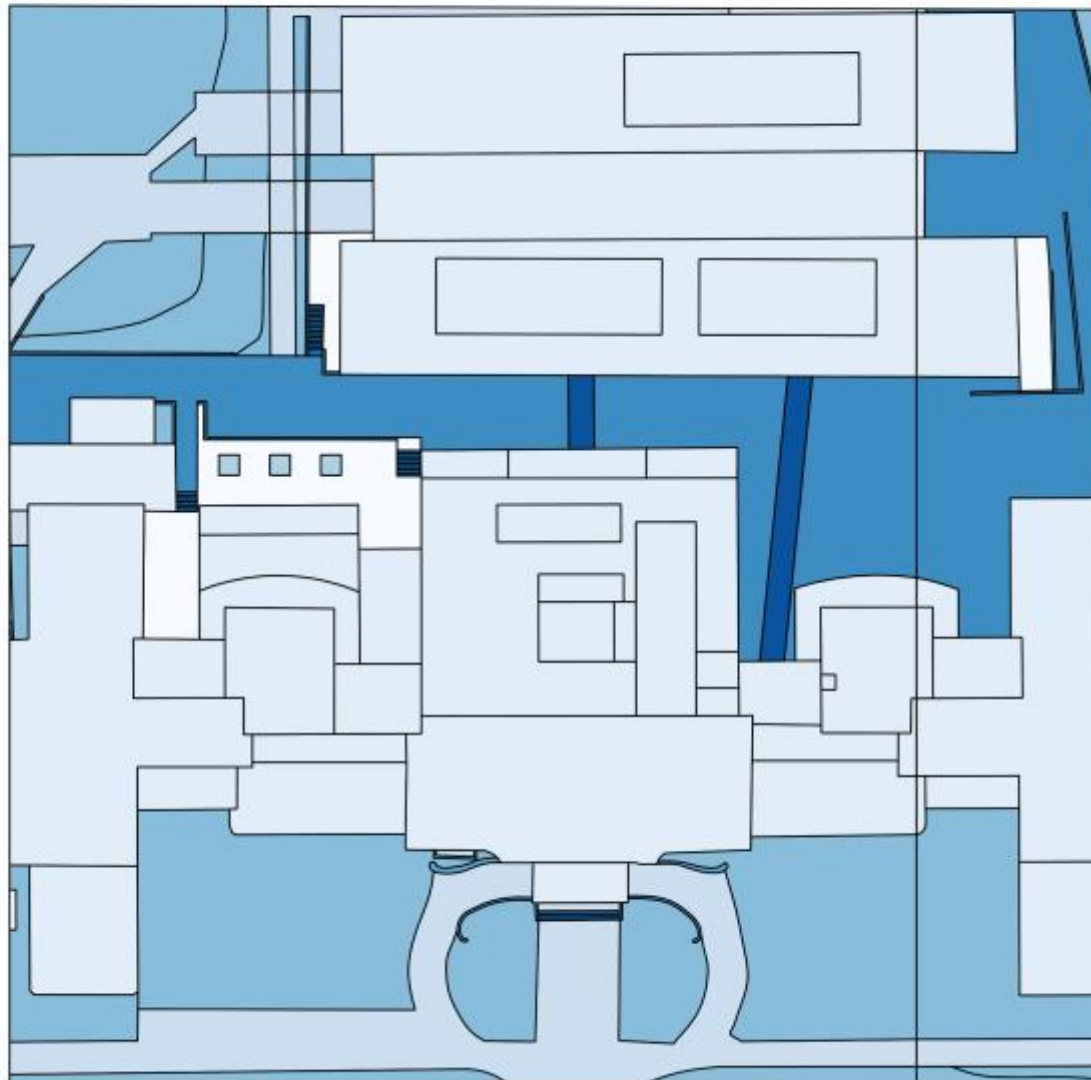
Realnutzungskartierung



3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon







Legend

FMUZK_BOKU_clip

-  Befestigte Fläche
-  Gebäude
-  Gehweg, Radweg
-  Glashaus
-  Grünfläche
-  Mauer
-  Private Verkehrsfläche
-  Stiege
-  Überbauung
- 



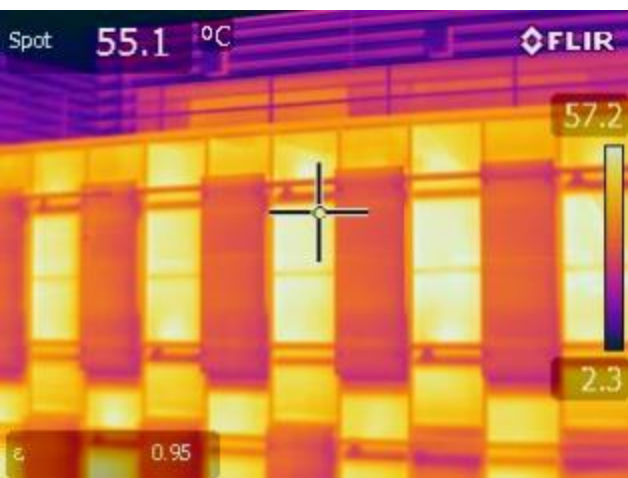
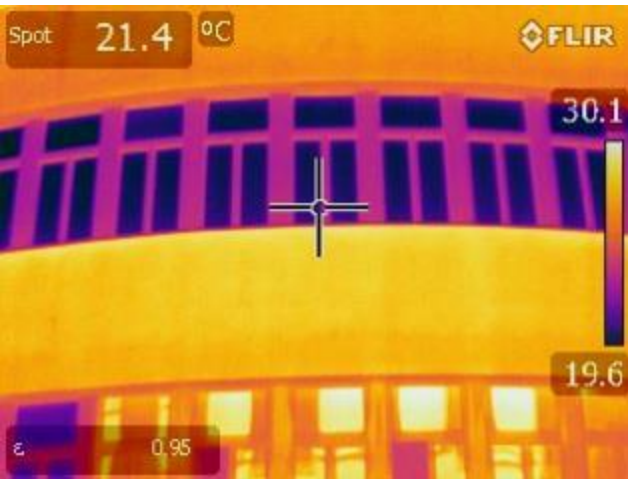
5 0 5 10 15 20 m



3.1. Überprüfung der von TEB berechneten Strahlungsflüssen in einem Strassencanyon

Validierung – Oberflächentemperatur

- thermal photography of wall, roof and roofs surfaces
- hourly around noon, on 9,16, 18 + 25 August 2016



Fotos: S.Oswald

Bebauungshöhe



building
height
[m]

Real_ZR_100m

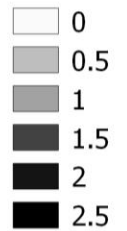


Verhältnis vertikale/horizontale Fläche



vertical/horiz.
area ratio

Real_WALLO_100m



Wärmeleitfähigkeit Gebäudewände



Wärmeleitfähigkeit Dächer



Surface types

- determination of area of all surface types
- measurement/definition of albedo of all relevant road/roof/wall surfaces
- definition of emissivity (literature)
- average for road/roof/wall

3.2. Erste Simulationen mit TEB

