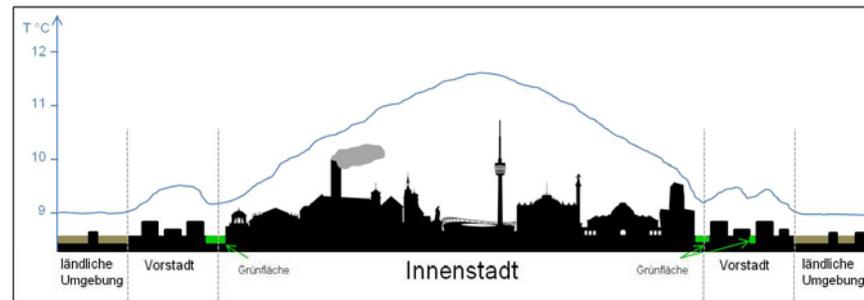


Der städtische Wärmeinseleffekt in Stuttgart

- Maßnahmen zur Reduzierung -

Rayk Rinke, Ulrich Reuter, Rainer Kapp

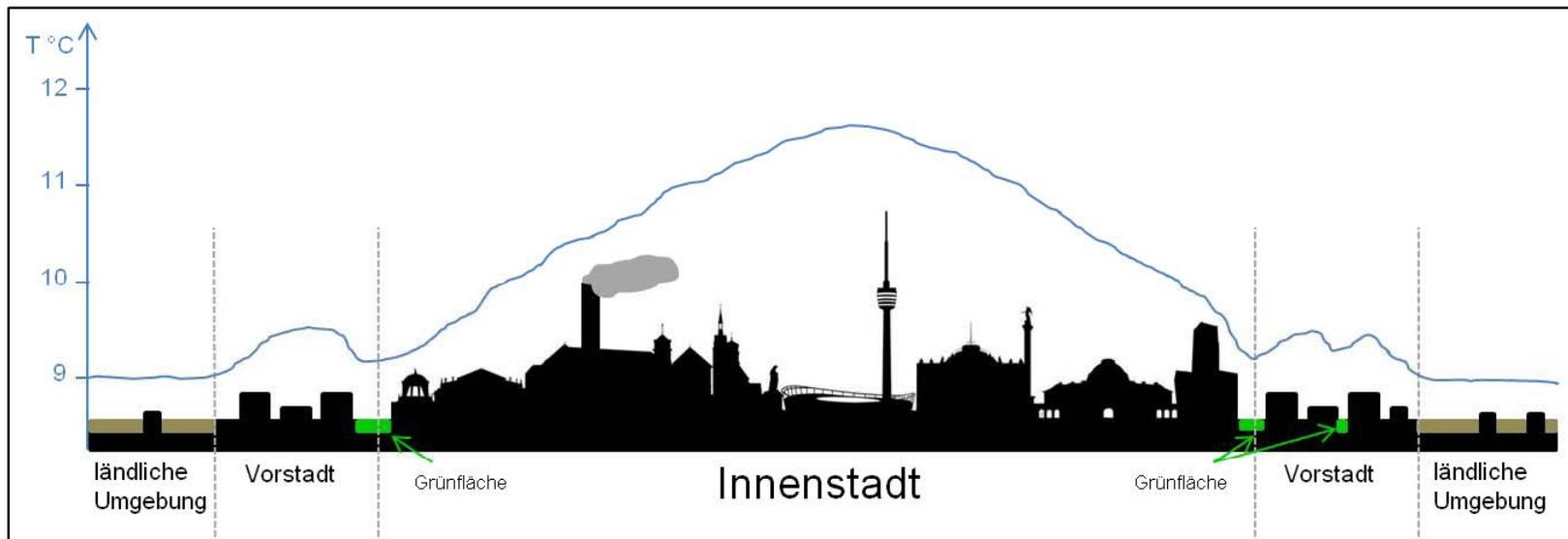
Abteilung Stadtklimatologie



Definition

Als **Wärmeinseleffekt** (UHI, urban heat island) wird das zu beobachtende Phänomen bezeichnet, dass **in urbanen Ballungsräumen** im Vergleich zur ländlichen Umgebung bodennah **höhere Lufttemperaturen** auftreten.

Als **Maß für die Intensität** des Wärmeinseleffektes wird die **Temperaturdifferenz zwischen** der Lufttemperatur in einem **Stadtgebiet** und der Lufttemperatur in einem im **nahen Umfeld** der Stadt liegenden unbebauten Gebiet angegeben.



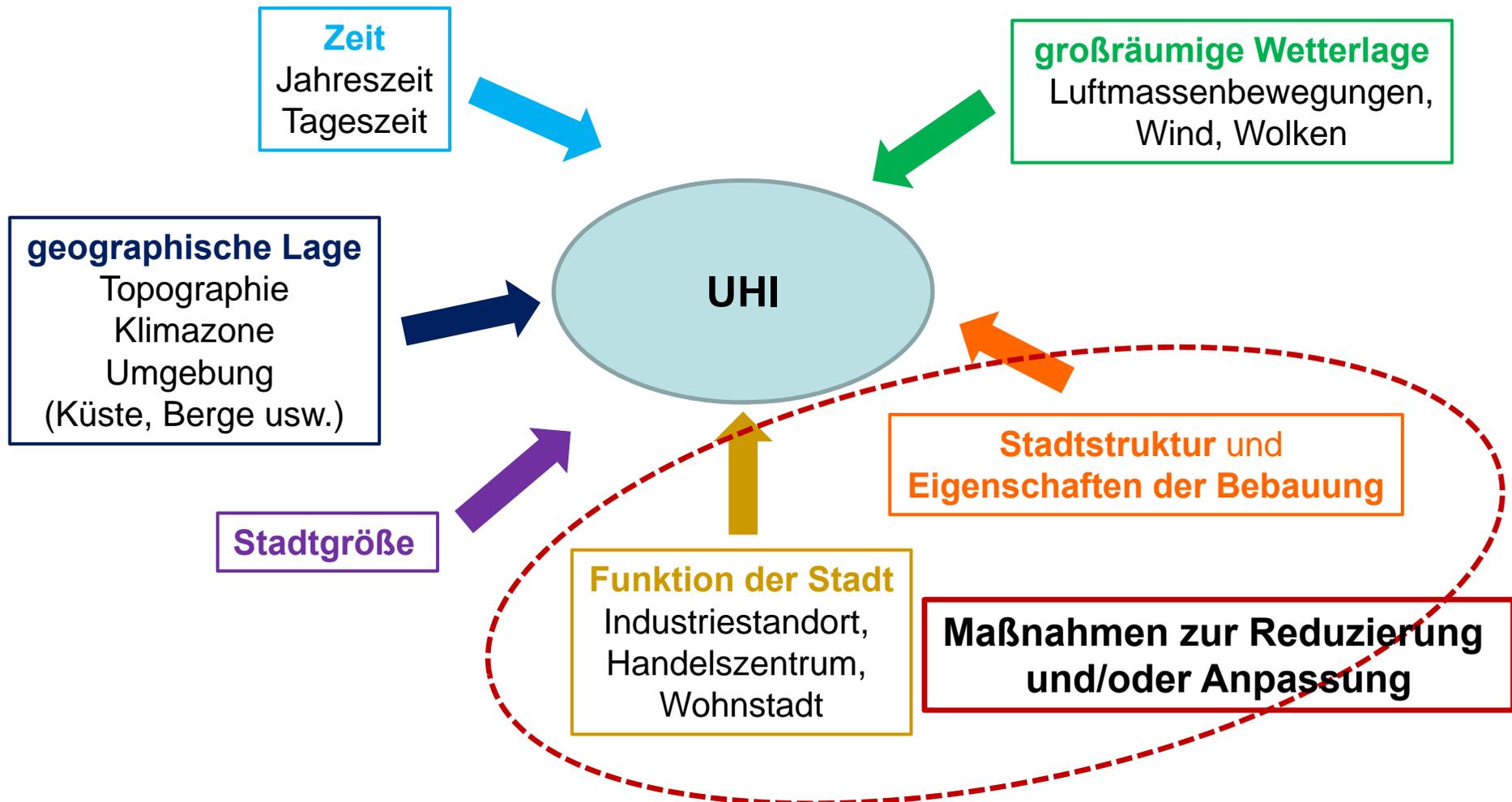
Ursachen

Ursache für den Wärmeinseleffekt ist vor allem der **hohe Anteil versiegelter und bebauter Flächen** in den Städten und deren Wechselwirkungen mit der Atmosphäre.

Maßgebend für die Ausprägung des Wärmeinseleffektes sind:

- **Wechselwirkungen zwischen der Sonneneinstrahlung,**
und **städtischen Erdoberflächen** sowie Luftschadstoffen,
- die **Behinderung** atmosphärischer **Strömungen,**
- **verringerte Verdunstung** von Wasser über versiegelten Oberflächen,
- Wärmeabstrahlung von anthropogenen Quellen.

beeinflussenden Faktoren (nach Oke et al., 2010)



bedeutende Auswirkungen des Wärmeinseleffektes

Der Wärmeinseleffekt verursacht eine Erhöhung der thermischen Belastung.



Verlängerung von Hitzeperioden
in den Sommermonaten

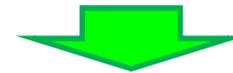
in den Nachtstunden wird der
Erholungseffekt verringert

Erhöhung des Hitzestresses,
Steigerung der gesundheitlichen Risiken
für Senioren und Kinder

Verringerung der Aufenthaltsqualität
in den Sommermonaten in Freiräumen

erhöhter Energieverbrauch
durch Klimaanlage im Sommer

Verstärkung des Temperaturanstiegs
in Städten infolge des globalen
Klimawandels



Verringerung der Tage mit Kältestress

weniger Frost und Eistage

verringertes Energieverbrauch
durch Heizungsanlagen in Winter



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND

STUTTGART



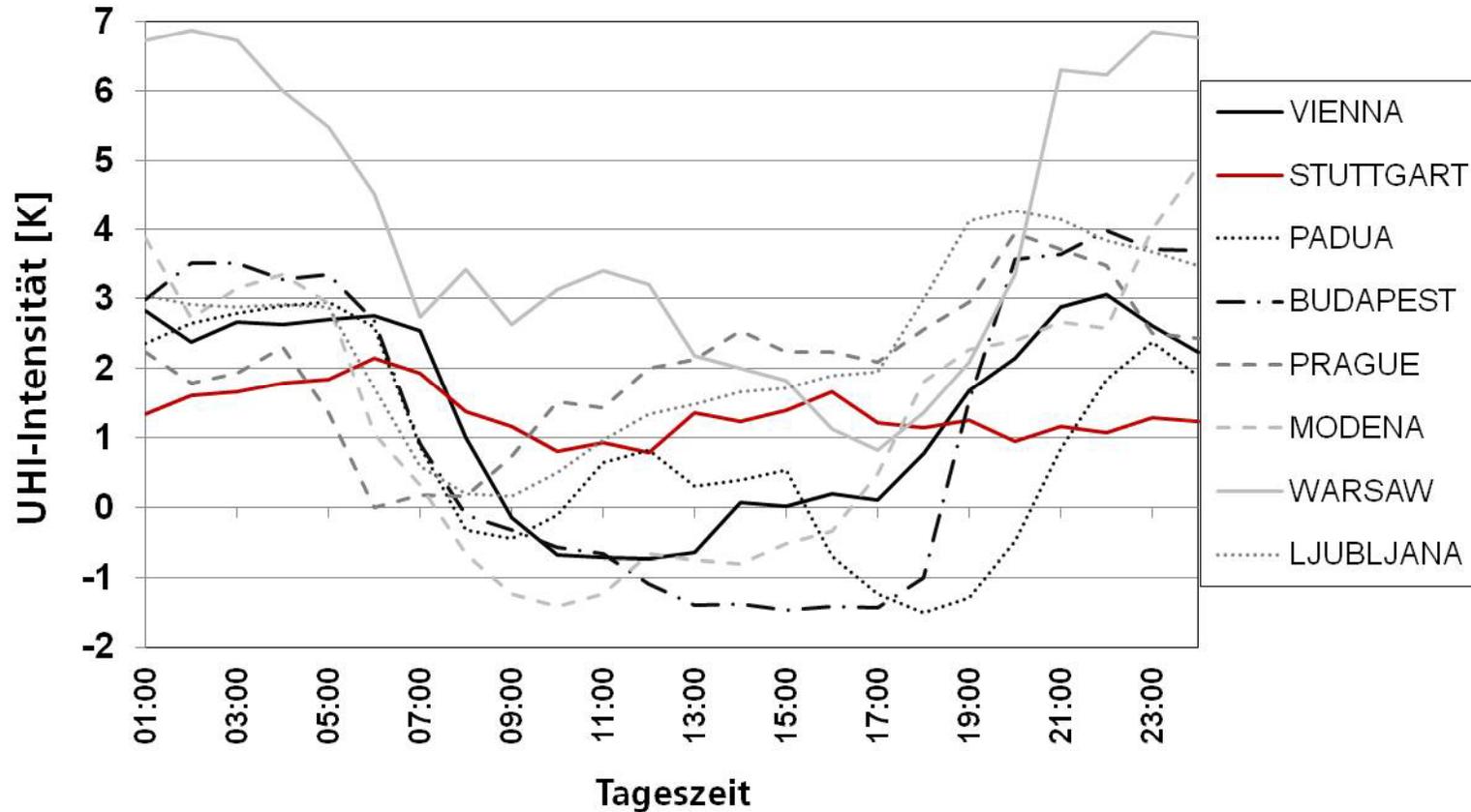
This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF www.central2013.eu

Analyse des Wärmeinseleffektes in Stuttgart



This project is implemented through the CETRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF www.central2013.eu

mittlere Intensität des Wärmeinseleffektes (1990-2010)



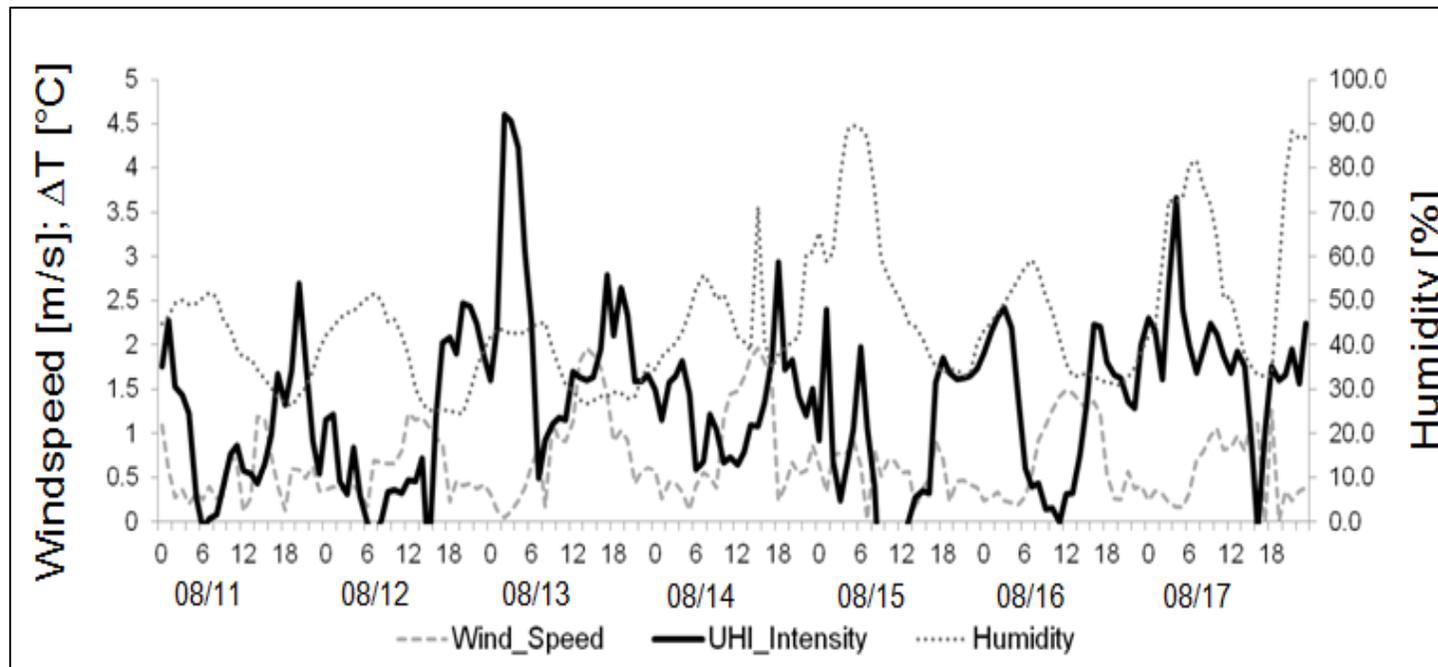
mittlere Intensität des Wärmeinseleffektes in Stuttgart beträgt 1- 2 K

Quelle: Ardeshir Mahdavi, Uni. Wien 2013



zeitlicher Verlauf der Intensität des Wärmeinseleffektes

Modellsimulation (KIT) typische Sommerwoche im August 2012

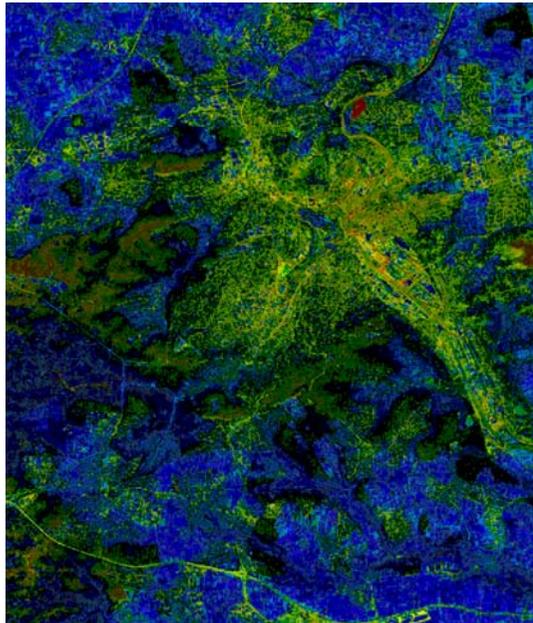


sehr hohe zeitliche Variabilität, Maximum nachts, Minimum mittags

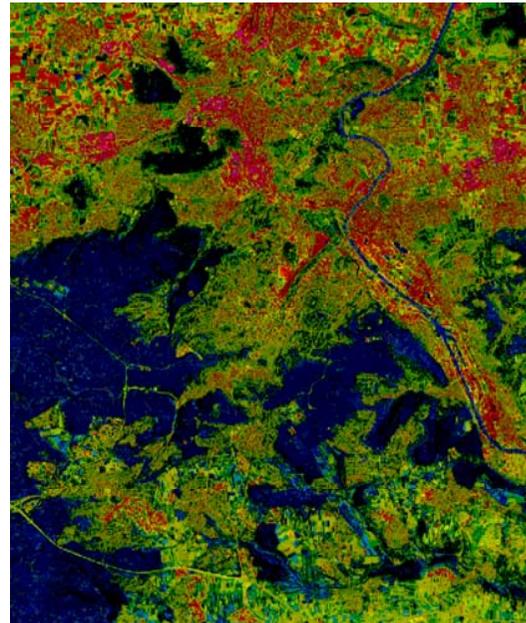
Quelle: Joachim Fallmann, KIT 2013

Oberflächen- und Lufttemperatur in Stuttgart

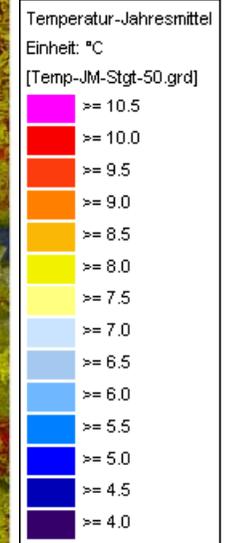
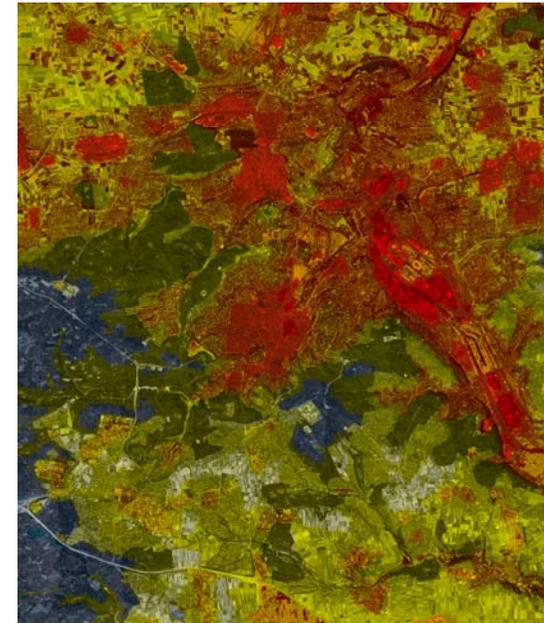
IR – Temperatur (morgens)



IR – Temperatur (mittags)



Jahresmitteltemperatur



Maßnahmen zur Reduzierung des UHI-Effektes

1. stadtweit:

- Cool Colours
- Verringerung der Baudichte
- zentrale zusammenhängende Grünfläche
- kleine Grünflächen verteilt über das Stadtgebiet

2. Stuttgart - West

- Optimierung eines Baublocks
Beispiel Olga Hospital

Verringerung der Baudichte

Eine **hohe Baudichte** behindert die **Durchlüftung** eines Stadtgebietes.

Die verwendeten **Baustoffe** haben oftmals ein **hohes Wärmespeichervermögen**.

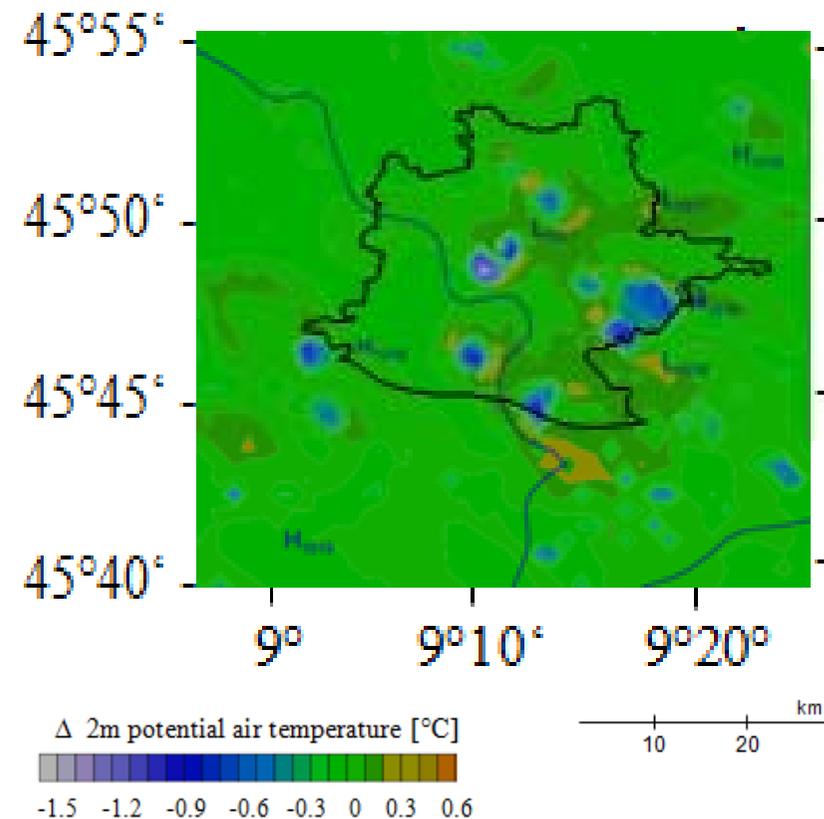
Über versiegelten Oberflächen **verdunstet weniger Wasser**, da diese oft kein Wasser speichern → keine Kühlung durch Verdunstung.

→ eine **hohe Baudichte** verstärkt den Wärmeinseleffekt

Szenario Baudichte

Annahme: Reduzierung der Baudichte im gesamten Stadtgebiet um 20 %

Differenz der potentiellen Temperatur
in 2m über Erdboden
Simulation Baudichte – Simulation Istzustand



Quelle: Joachim Fallmann, KIT 2013

zentrale zusammenhängende Grünfläche

Grünflächen speichern weniger Wärmeenergie als versiegelte Flächen. In den Nachtstunden steht weniger Energie zur Verfügung, die als Wärmestrahlung abgegeben wird.

→ **Grünflächen sind nachts kühler**

Das in der Vegetation gespeicherte **Wasser verdunstet** an Blattoberflächen. Die für die Verdunstung benötigte Energie wird der Umgebungsluft entzogen → Abkühlung.

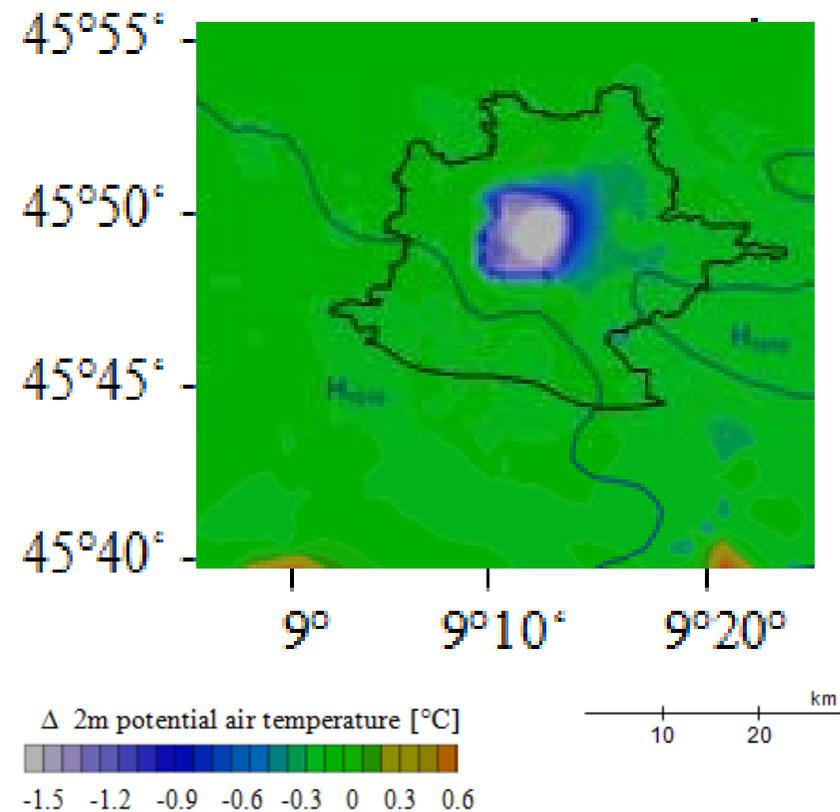
Baumbestände spenden Schatten

→ geringere Erwärmung der Erdoberfläche, Schaffung von kühlen Oasen zur Erholung.

Szenario ztr. zusammenhängender Park

Annahme: Im Zentrum Stuttgarts befindet sich eine große zusammenhängende Grünfläche

Differenz der potentiellen Temperatur
in 2m über Erdboden
Simulation zentraler Park – Simulation Istzustand



Quelle: Joachim Fallmann, KIT 2013

kleine Grünflächen verteilt über das Stadtgebiet

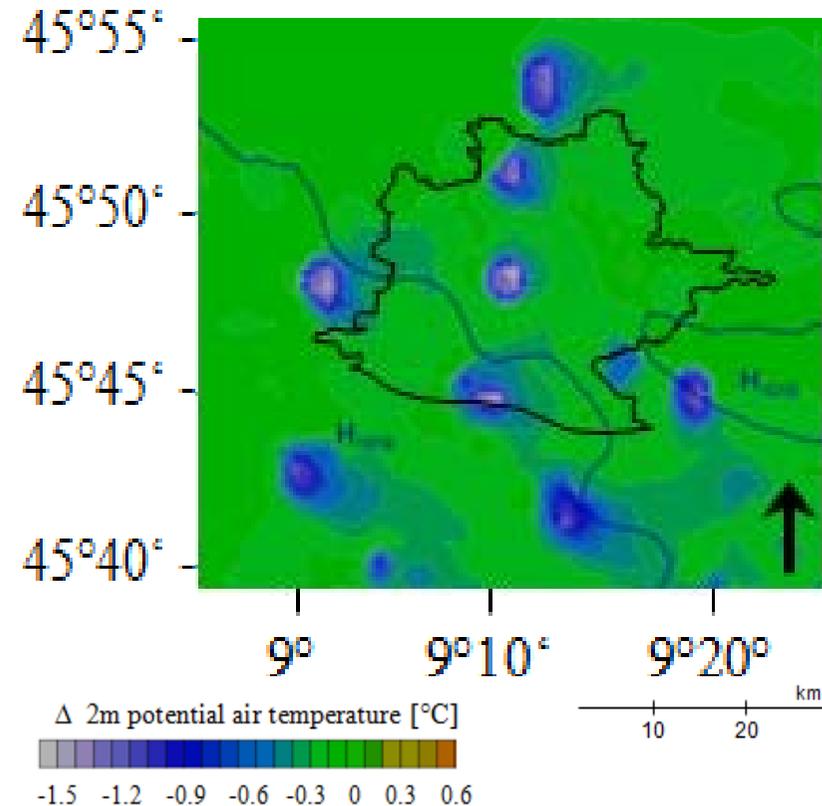
Die kühlende Wirkung von Grünflächen hängt ab von:

- der räumlichen Ausdehnung,
- der Verteilung übers Stadtgebiet,
- der Qualität der Vegetation,
- dem für die Verdunstung zur Verfügung stehenden Wasser.

Szenario Verteilung von kl. Grünflächen

Annahme: im Stadtgebiet befinden sich verschiedene Grünflächen gleicher Größe.
Die Gesamtfläche entspricht der Grünfläche im Szenario zentraler zusammenhängender Park.

Differenz der potentiellen Temperatur
in 2m über Erdboden
Simulation kleine verteilte Grünflächen
– Simulation Istzustand



Quelle: Joachim Fallmann, KIT 2013

Cool Colours

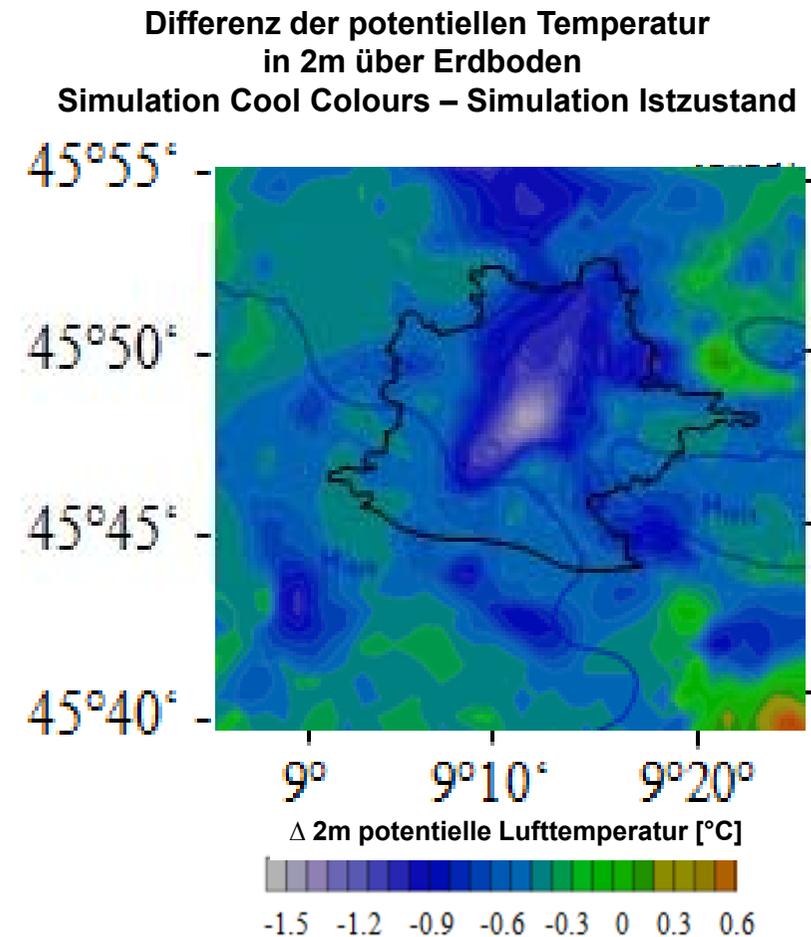
Als **Cool Colours** werden **Dach-** und **Fassaden-Farben** bezeichnet, die eine **hohe Reflexion** des Sonnenlichtes bewirken.

Durch den hohen Reflexionsgrad werden diese Flächen **tagsüber weniger stark erwärmt** und **kühlen nachts** schneller aus.

→ Oberflächen mit **Cool Colours verringern** den Wärmeinseleffekt

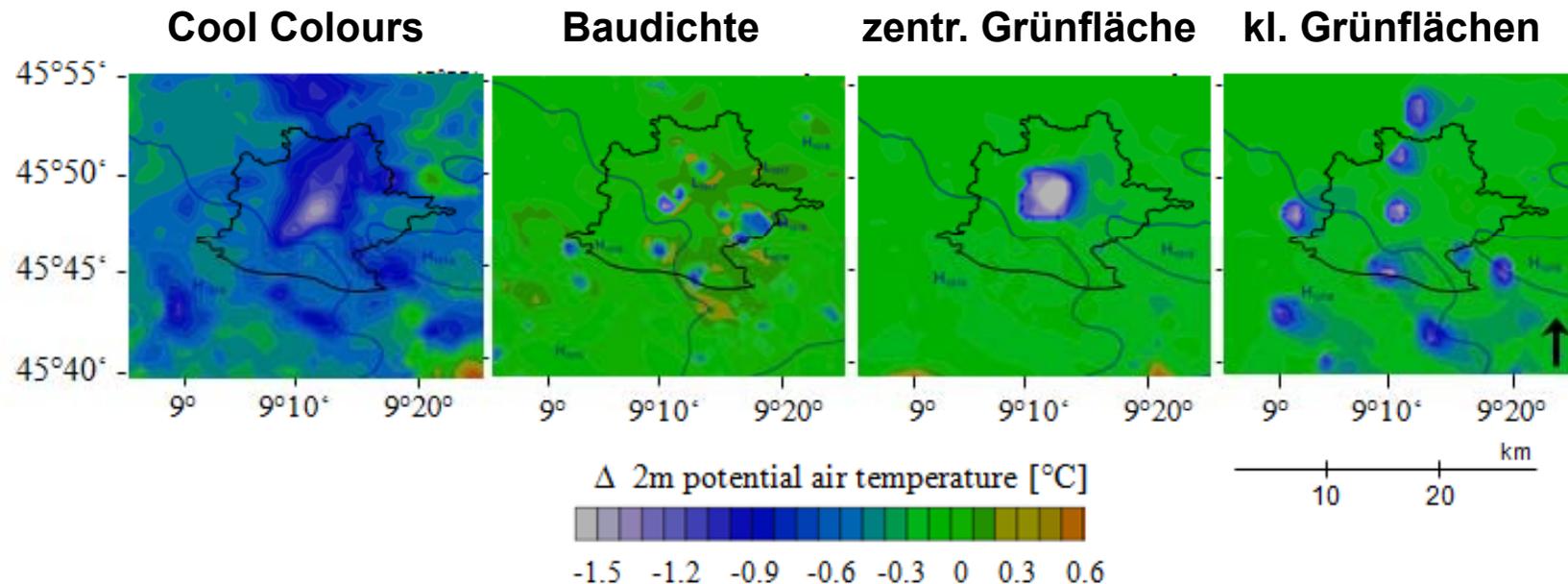
Szenario Albedo

Annahme: alle Dachflächen im Stadtgebiet sind mit Cool Colours gestaltet (Erhöhung der städtischen Albedo auf 0,7; Istzustand 0,25)



Quelle: Joachim Fallmann, KIT 2013

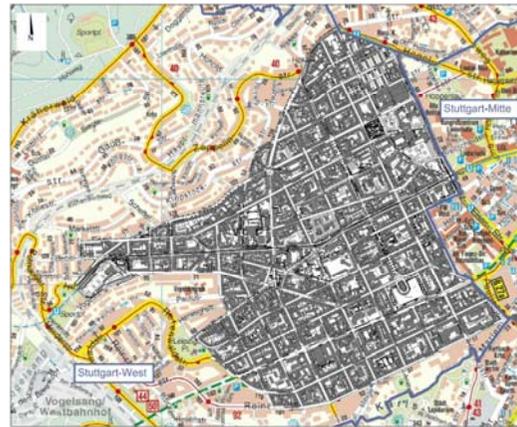
stadtweite Maßnahmen im Vergleich



Szenario	Istzustand	Cool Colours	Baudichte	große zentrale Grünfläche	kleine Parks verteilt über das Stadtgebiet
Mitteltemperatur [°C] (räumliches Mittel über das Stadtgebiet)	33,1	31,5	32,4	32,3	32,5
Maximumtemperatur [°C]	34,1	31,9	33	33,3	33,5
UHI-Effekt [K]	2,52	0,84	1,32	1,19	1,47

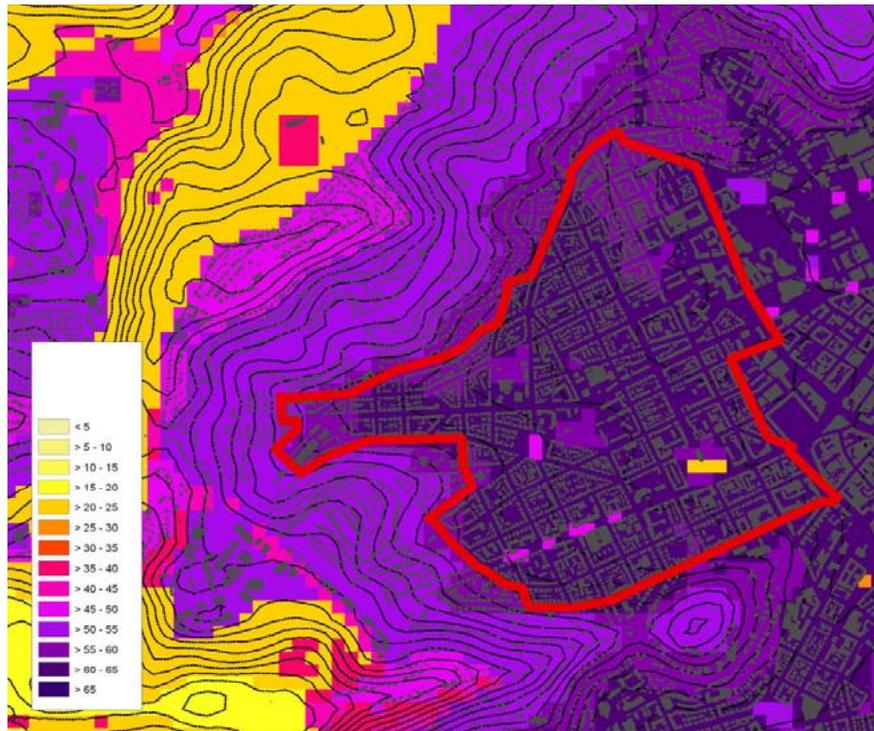
Quelle: Joachim Fallmann, KIT 2013

Der Wärmeinseleffekt in Stuttgart - West

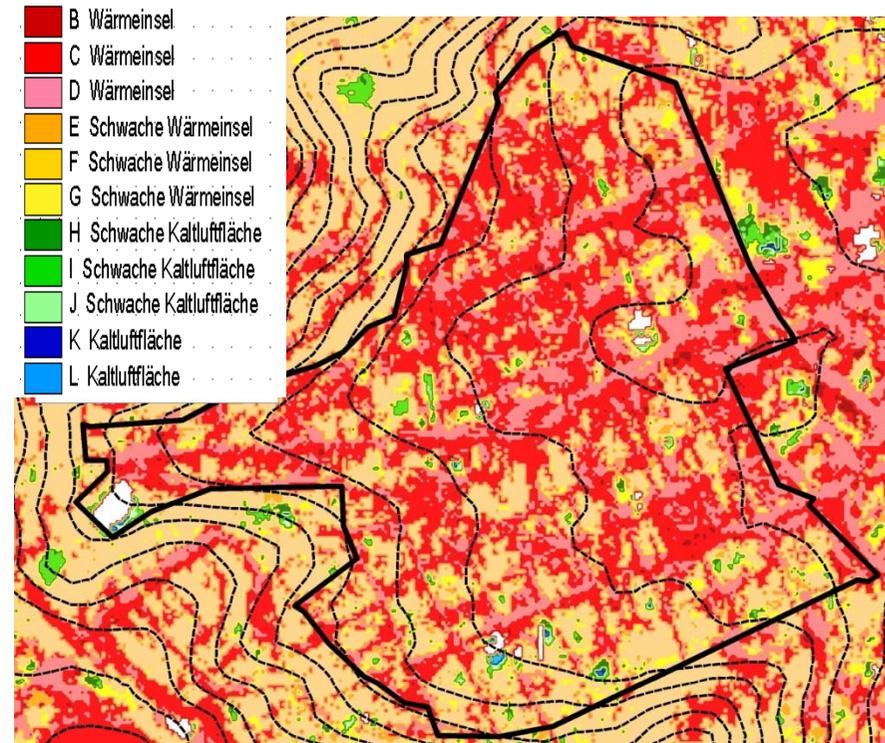


Analyse des Wärmeinseleffektes in Stuttgart - West

Jahresmittel der Anzahl der Tage mit Hitzestress



thermische Belastung



thermisches Empfinden in Stuttgart - West



thermisches Empfinden	P1	P2	P3	P4	P5
Tage in Jahr im thermischen Komfortbereich (in %)	30	43	56	29	29
Tage im Jahr mit Hitzestress (in %)	70	65	44	71	71

Quelle: Christine Ketterer, Uni. Freiburg 2014

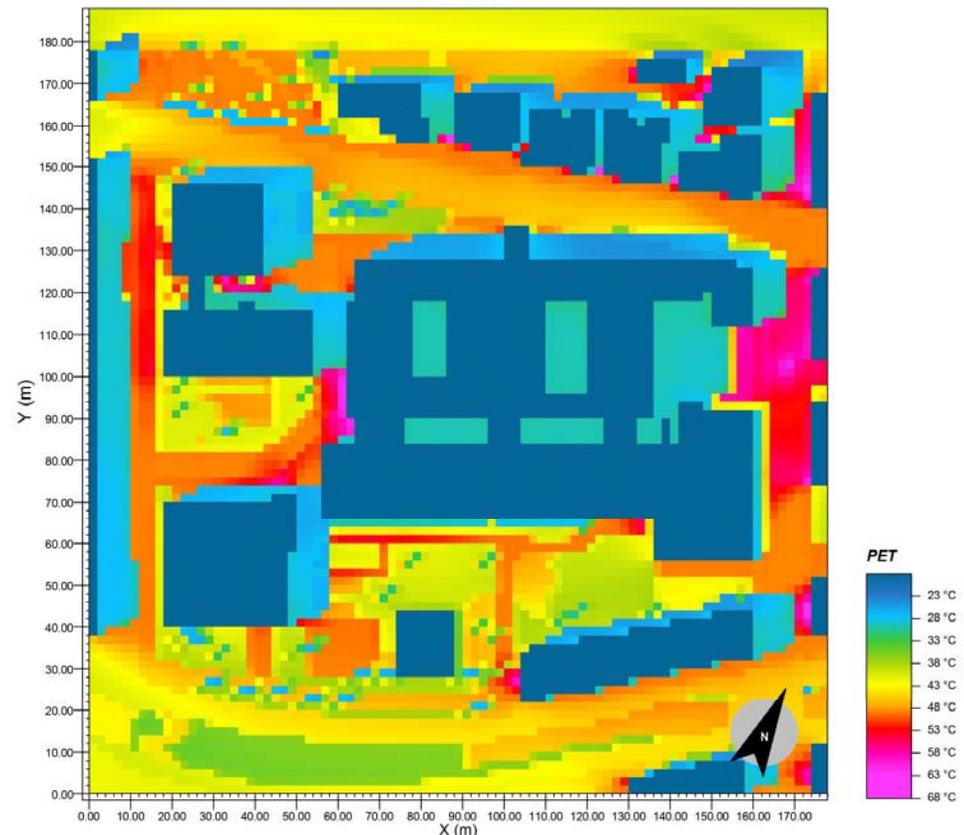
thermische Belastung Olga Hospital

Simulationen Olga Hospital

- Simulation mit hoher räumlicher Auflösung auf Gebäudeblockebene
- Sommertag $T_{\text{Start}} 25^{\circ}\text{C}$ (4:00 h) (Strahlungstag ohne Wolken)
- Bestimmung der thermischen Belastung für den Menschen mittels der PET (physiologisch äquivalente Temperatur)

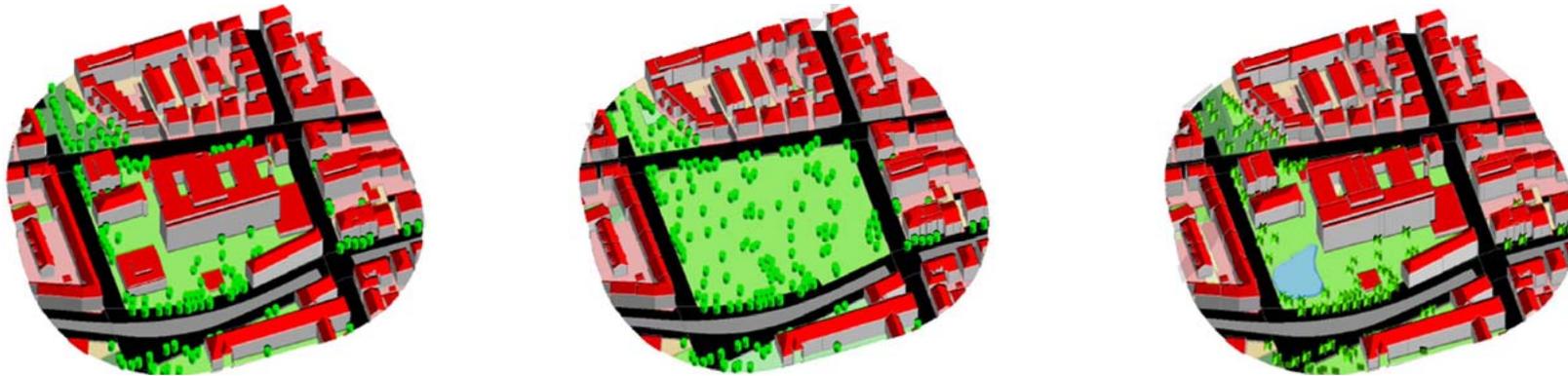
PET	Temperaturempfinden	Stress
4 -9	sehr kalt - kühl	extremer -moderater Kältestress
13	frisch	leichter Kältestress
18	komfortabel	kein Stress
23	angenehm warm	leichter Hitzestress
29	warm	moderater Hitzestress
35	heiß	großer Hitzestress
41	sehr heiß	extremer Hitzestress

Istzustand (Krankenhaus) ,14:00

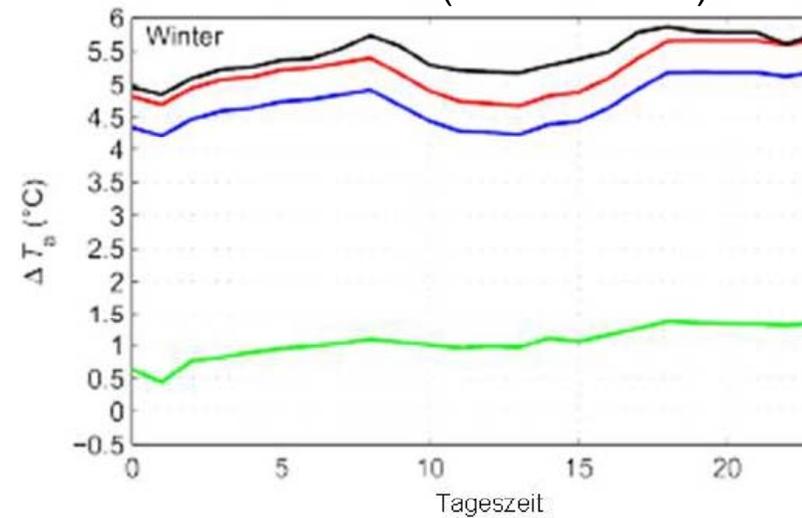
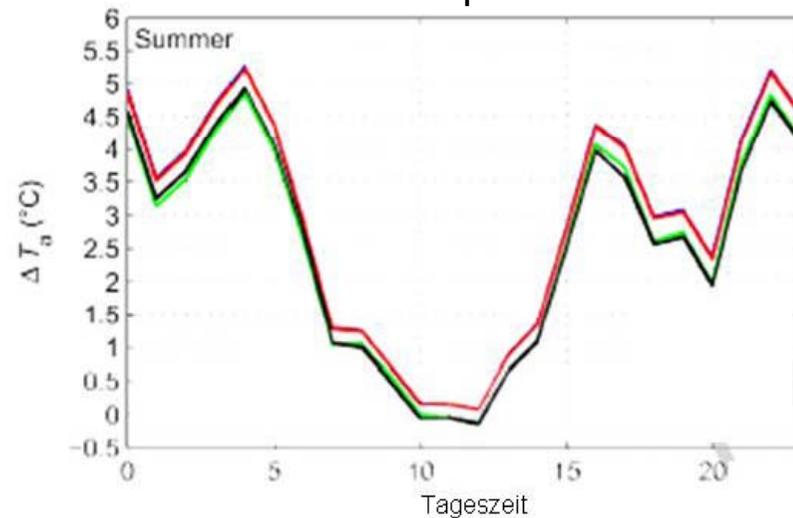


Quelle: Isa Gashemi, Uni. Freiburg 2012

Optimierung Olga Hospital



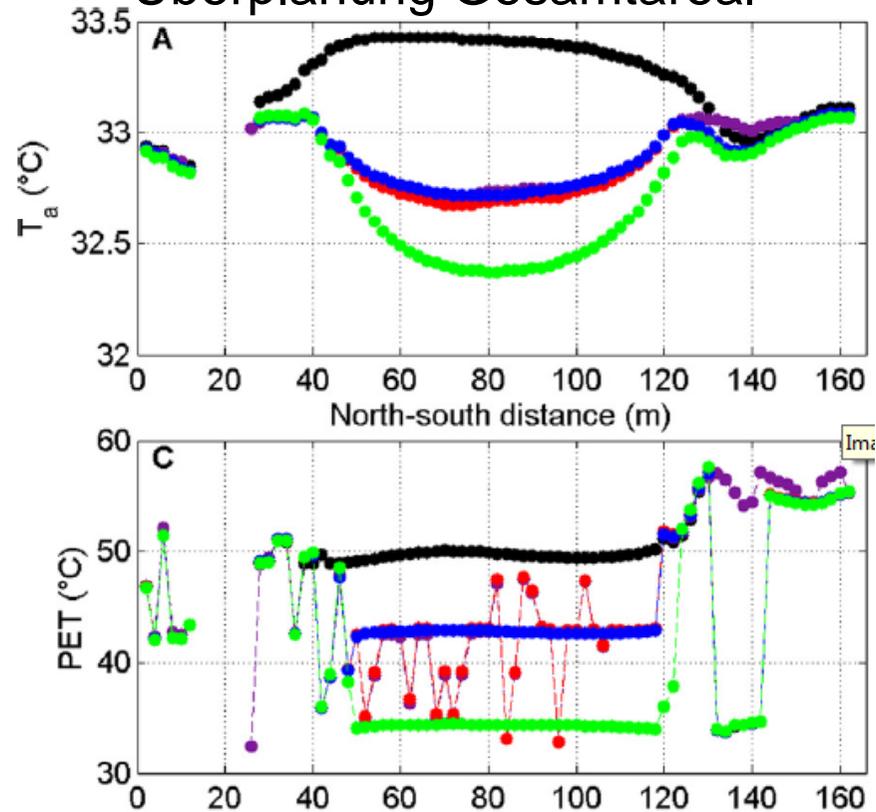
Lufttemperaturdifferenz für verschiedene Szenarios ($T_{\text{Areal}} - T_{\text{Umland}}$)



— Istzustand (Krankenhaus) — Wasserfläche — Park (Gesamtfläche) — Baumpflanzungen mit bestehenden Gebäuden

Quelle: Christine Ketterer, Uni. Freiburg 2014

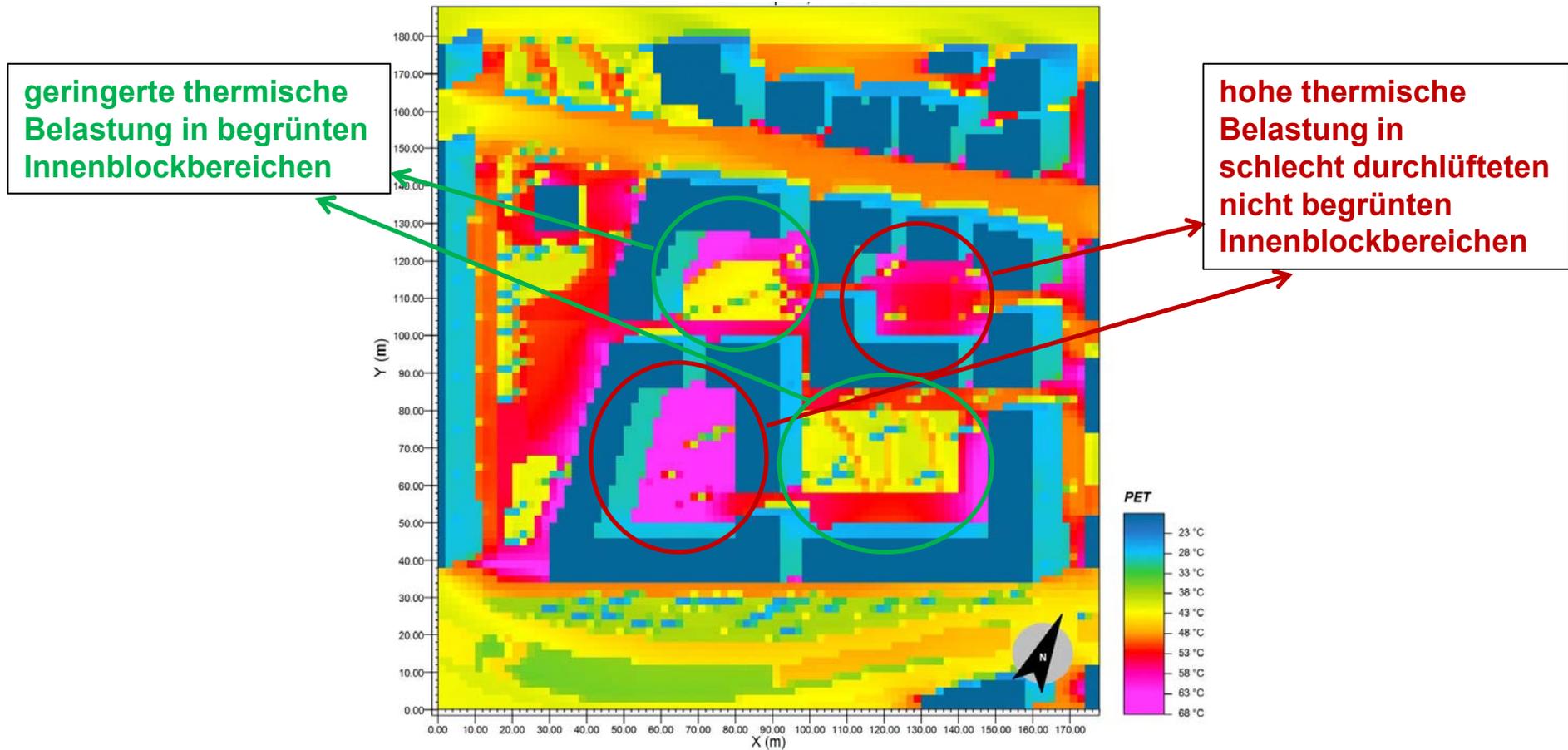
Optimierung Olga Hospital Überplanung Gesamtareal



- | | | | | |
|------------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| —●— Gebäude Istbestand | —●— städtische Platz | —●— Parkfläche | —●— Grasfläche | —●— Waldfläche |
| 1 % Bäume | 3 % Bäume | 3 % Bäume | 0 % Bäume | 19 % Bäume |
| teilversiegelt | versiegelt | unversiegelt | unversiegelt | unversiegelt |

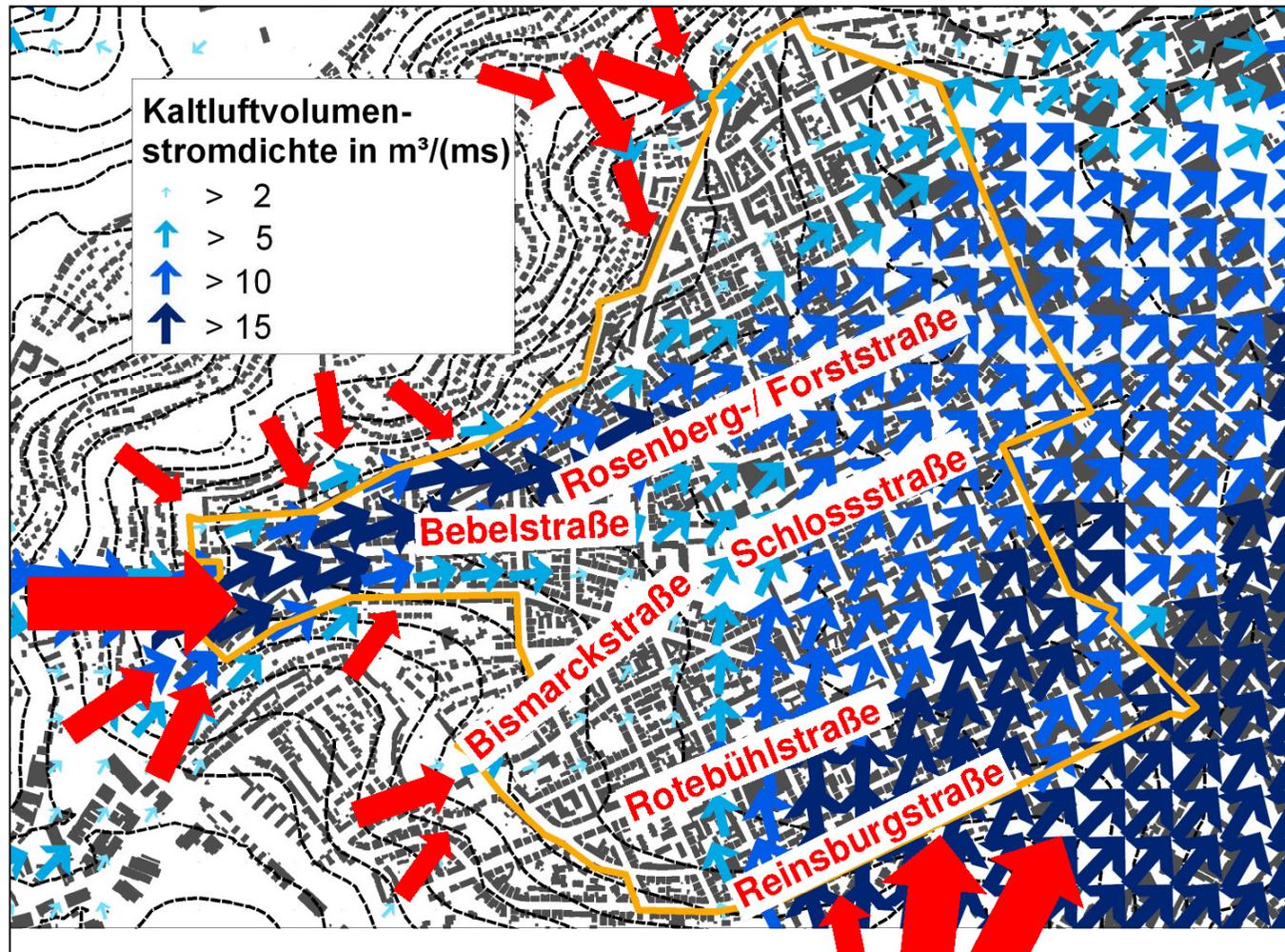
Quelle: Christine Ketterer, Uni. Freiburg 2014

thermische Belastung Olga Hospital geplante Neubebauung (Wohngebäude)

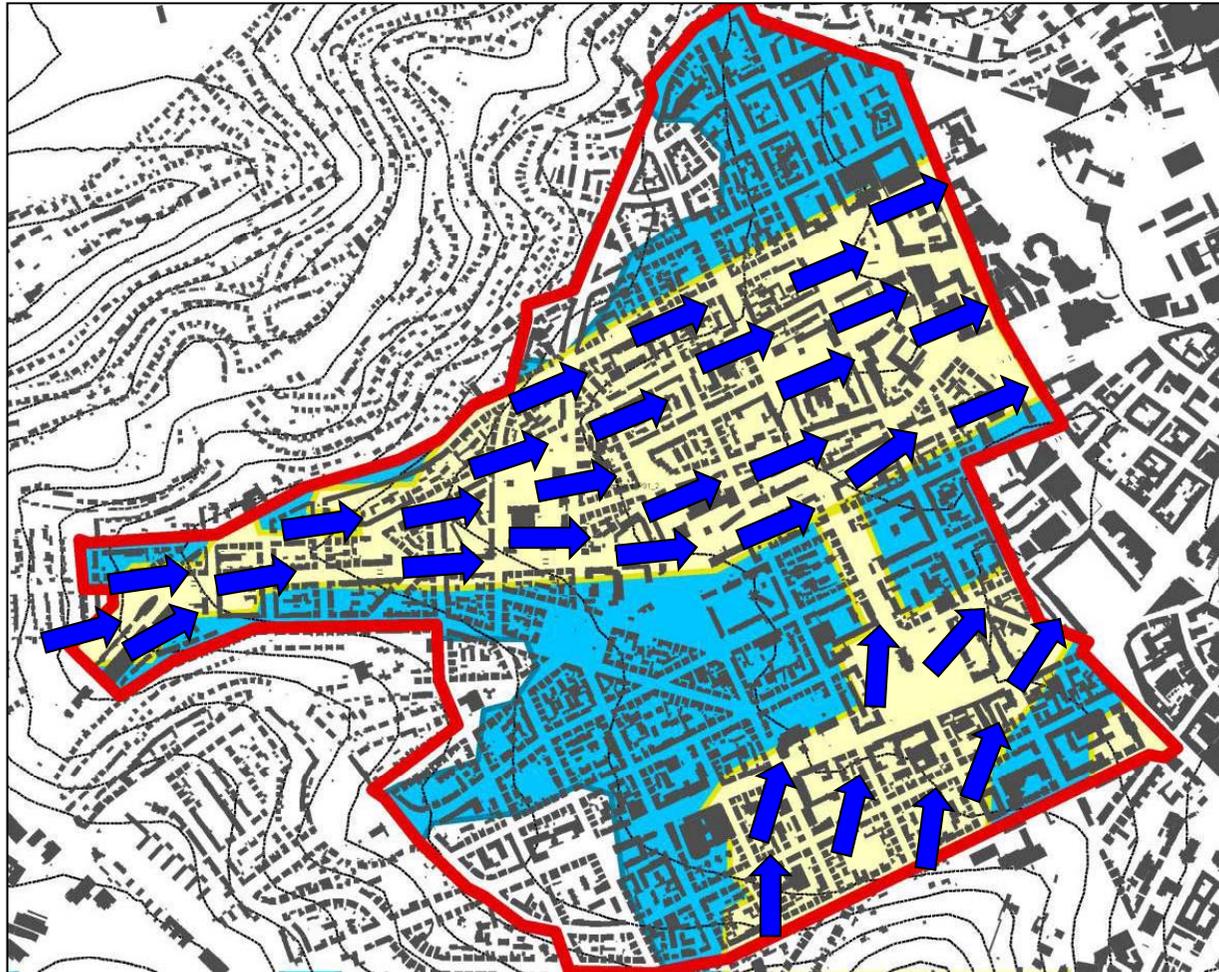


Quelle: Isa Gashemi, Uni. Freiburg 2012

Kaltluftflüsse



Kaltluftschneisen



Zusammenfassung, Fazit

Der **Wärmeinseleffekt verursacht** eine Erhöhung der städtischen Lufttemperaturen und infolge dessen **eine Erhöhung der thermischen Belastung**.

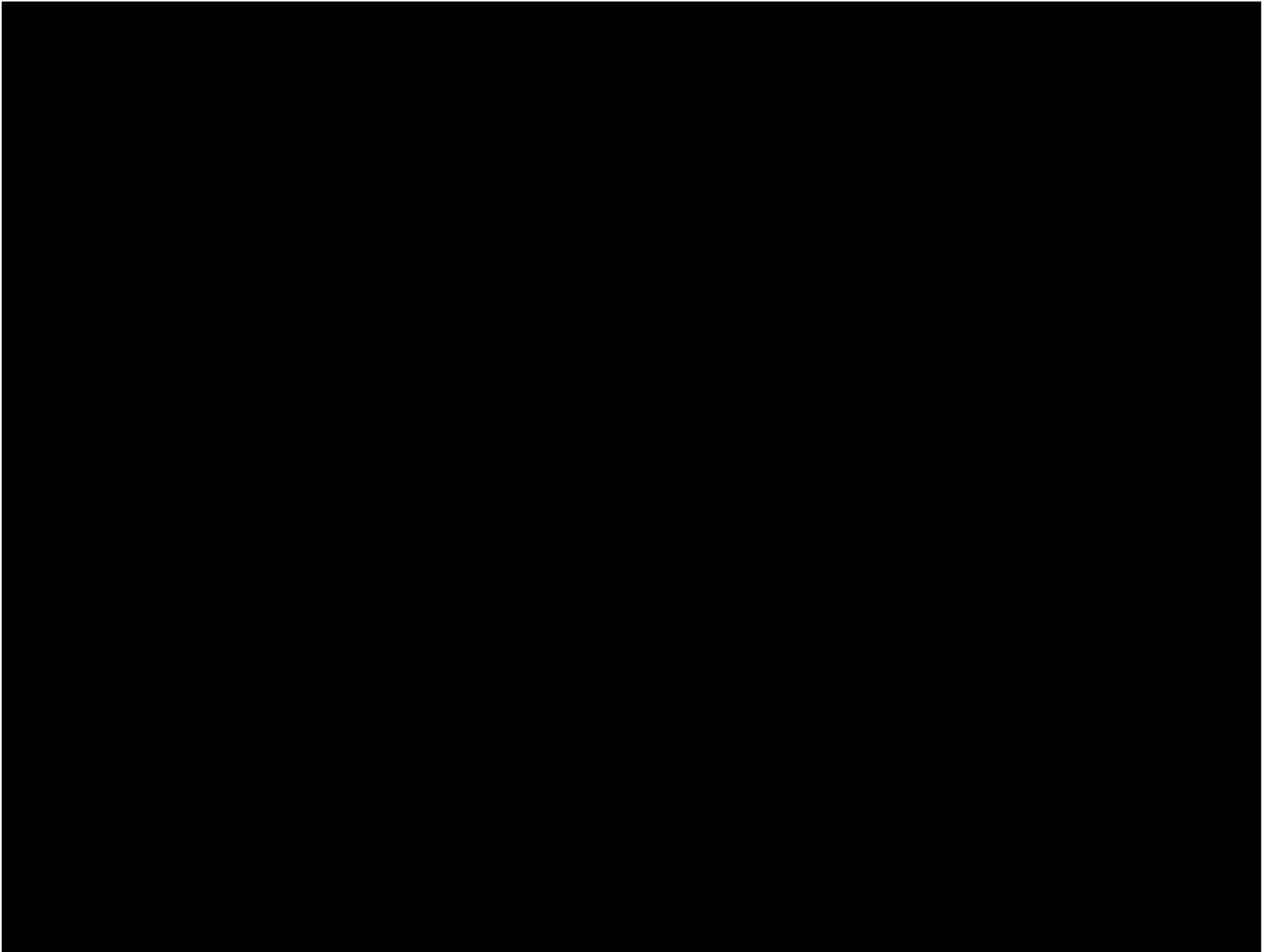
In den Sommermonaten werden **Hitzeperioden verlängert** und der **Hitzestress verstärkt**.
→ weniger Aufenthaltsqualität in städtischen Freiräumen

Die **Reduzierung** des Wärmeinseleffektes bedarf **langfristiger nachhaltiger Stadtplanung**. Für eine effektive stadtweite Reduzierung der thermischen Belastung sind **große Veränderungen in der Stadtstruktur** notwendig.

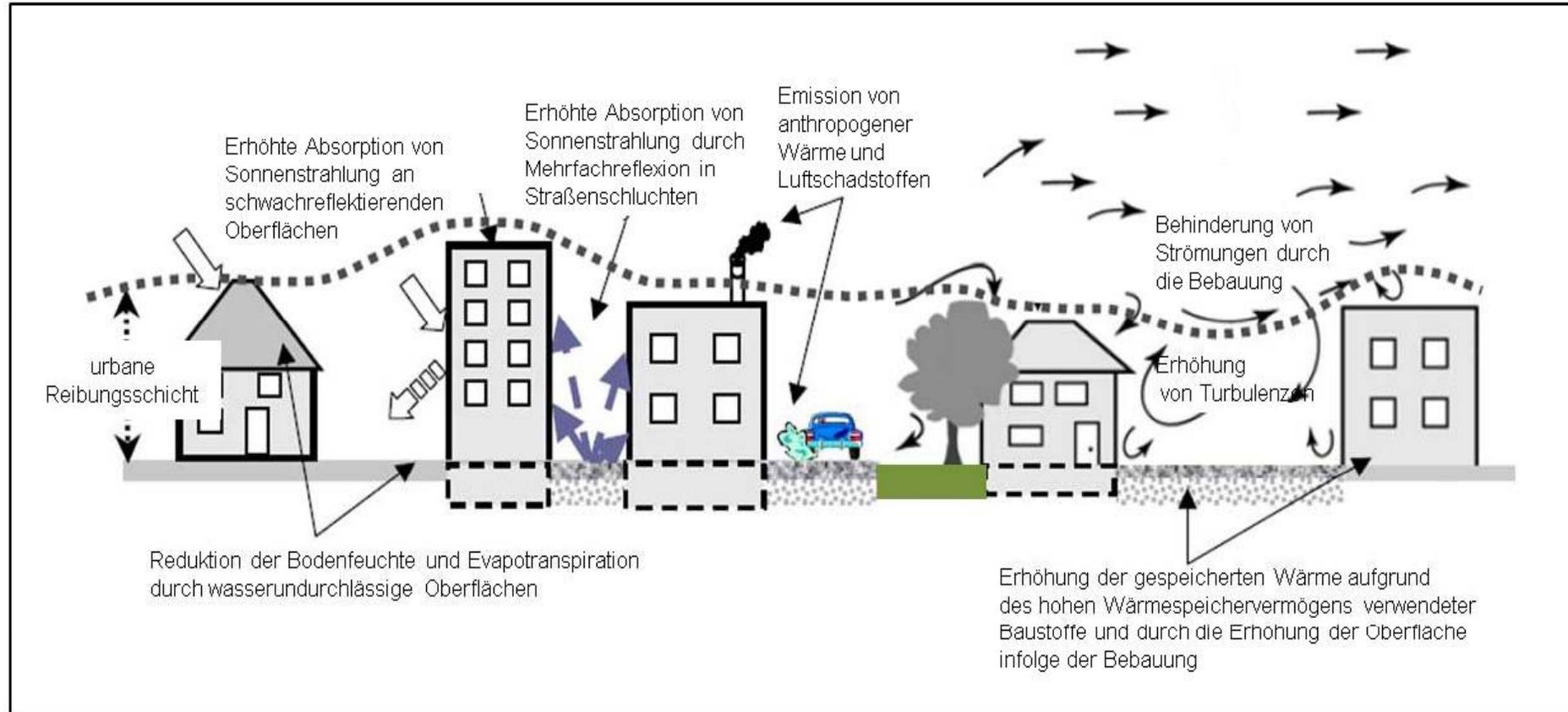
→ Verbesserung der Durchlüftung, Baumaterialien (Cool Colours, Dachbegrünungen)

Aber **lokale Maßnahmen** können kühle Orte der Erholung schaffen und lokal die Aufenthaltsqualität spürbar verbessern.

→ insbesondere **Grünflächen mit Baumpflanzungen** sind sehr wirkungsvoll

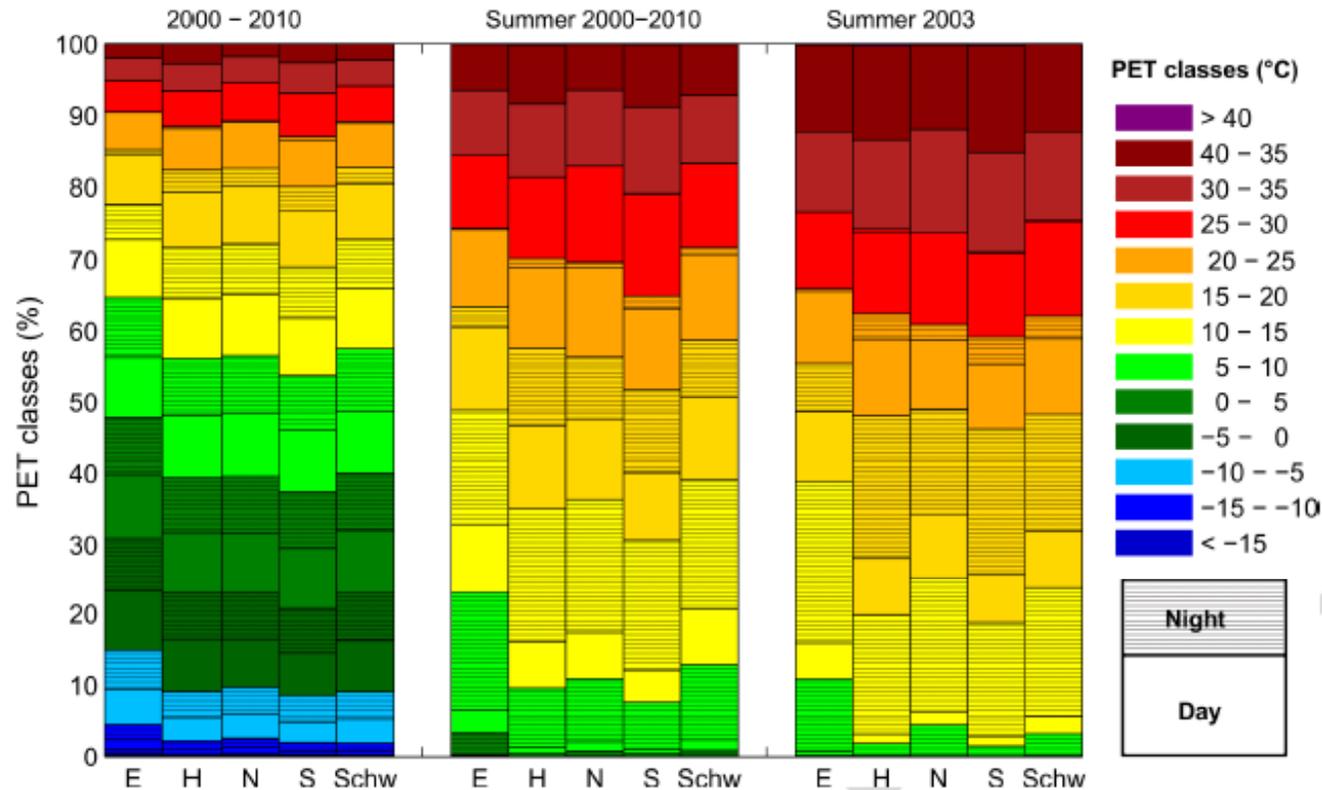


Ursachen



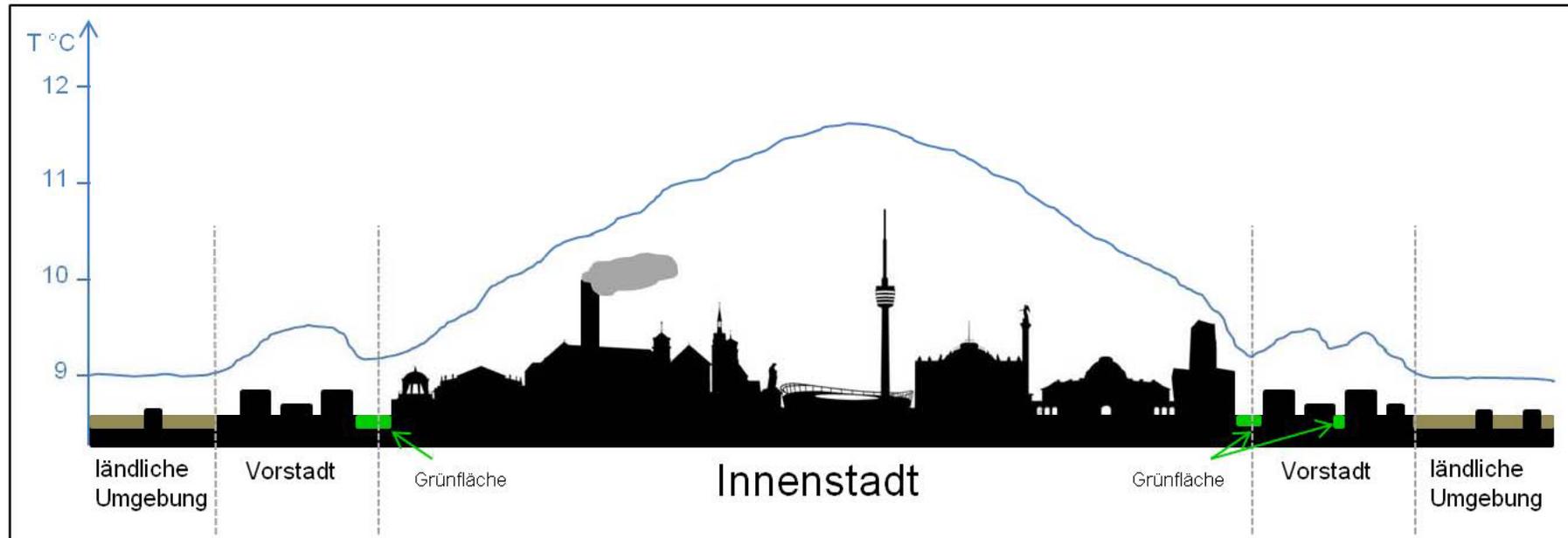


thermische Belastung an verschiedenen Orten in Stuttgart



E – Flughafen Echterdingen (DWD) **H** – Universität Hohenheim (Uni. Hohenheim)
N – Neckartor (LUBW) **S** – Schnarrenberg (DWD) **Schw** – Schwabenzentrum (Stadt Stuttgart)

Quelle: Christine Ketterer, Uni. Freiburg 2014



Die **Intensität** des Wärmeinseleffektes **variiert von Stadt zu Stadt**.

Aber auch **innerhalb einer** bestimmten **Stadt** ist der Wärmeinseleffekt sehr **verschieden stark** ausgeprägt.

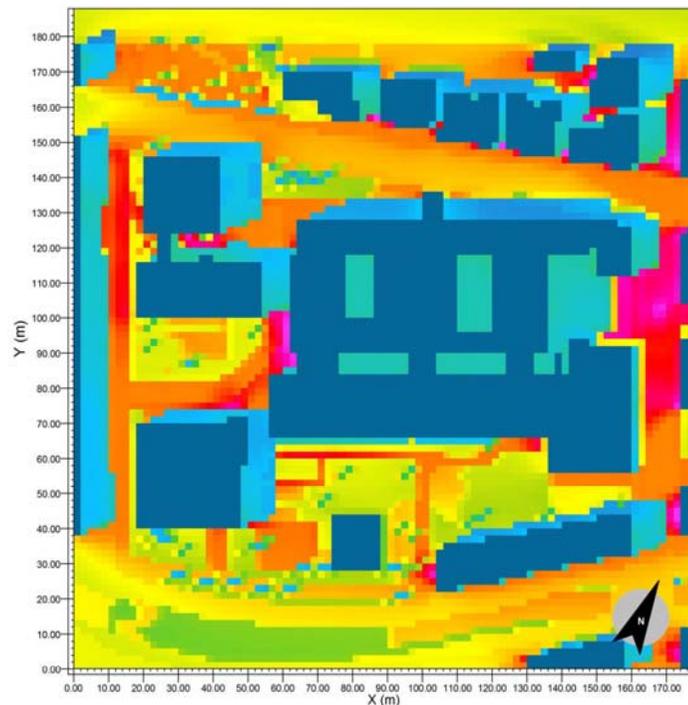
In großen Städten wurden Temperaturdifferenzen bei der Jahresmitteltemperatur zwischen Stadt und Umland von weit mehr als 10°C gemessen.

Beispiel Neuplanung Olga Hospital

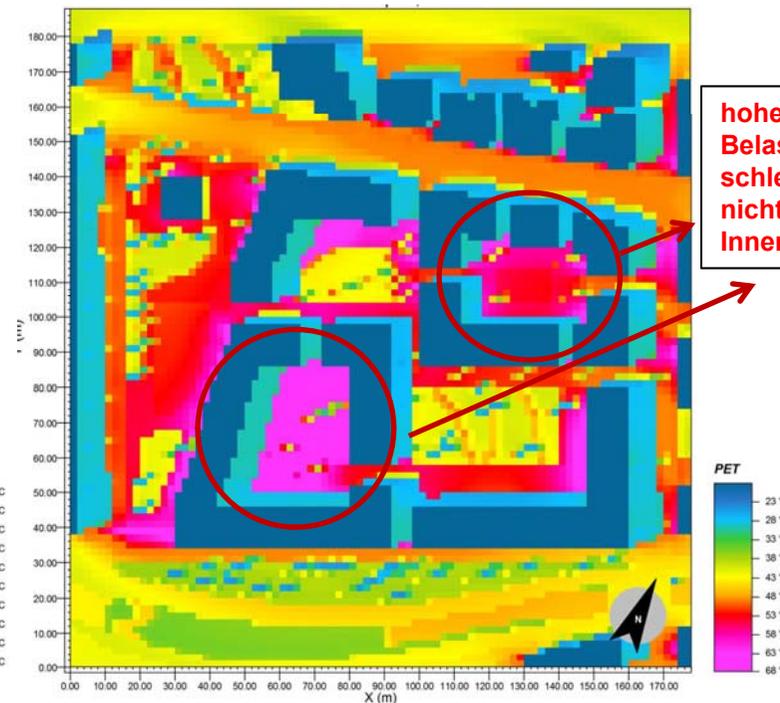
Envimet - Simulation

- typischer Sommertag $T_{\text{start}} = 25\text{ °C}$, 4:00 h (Strahlungstag ohne Wolken)
- 2 Simulationen, derzeitiger Istzustand und die geplante Neubebauung
- Bestimmung der thermischen Belastung für den Menschen durch Auswertung von PET-Werten

Istzustand (Krankenhaus)



geplante Neubebauung (Wohnungen)



Quelle: Isa Gashemi, Uni. Freiburg 2012