



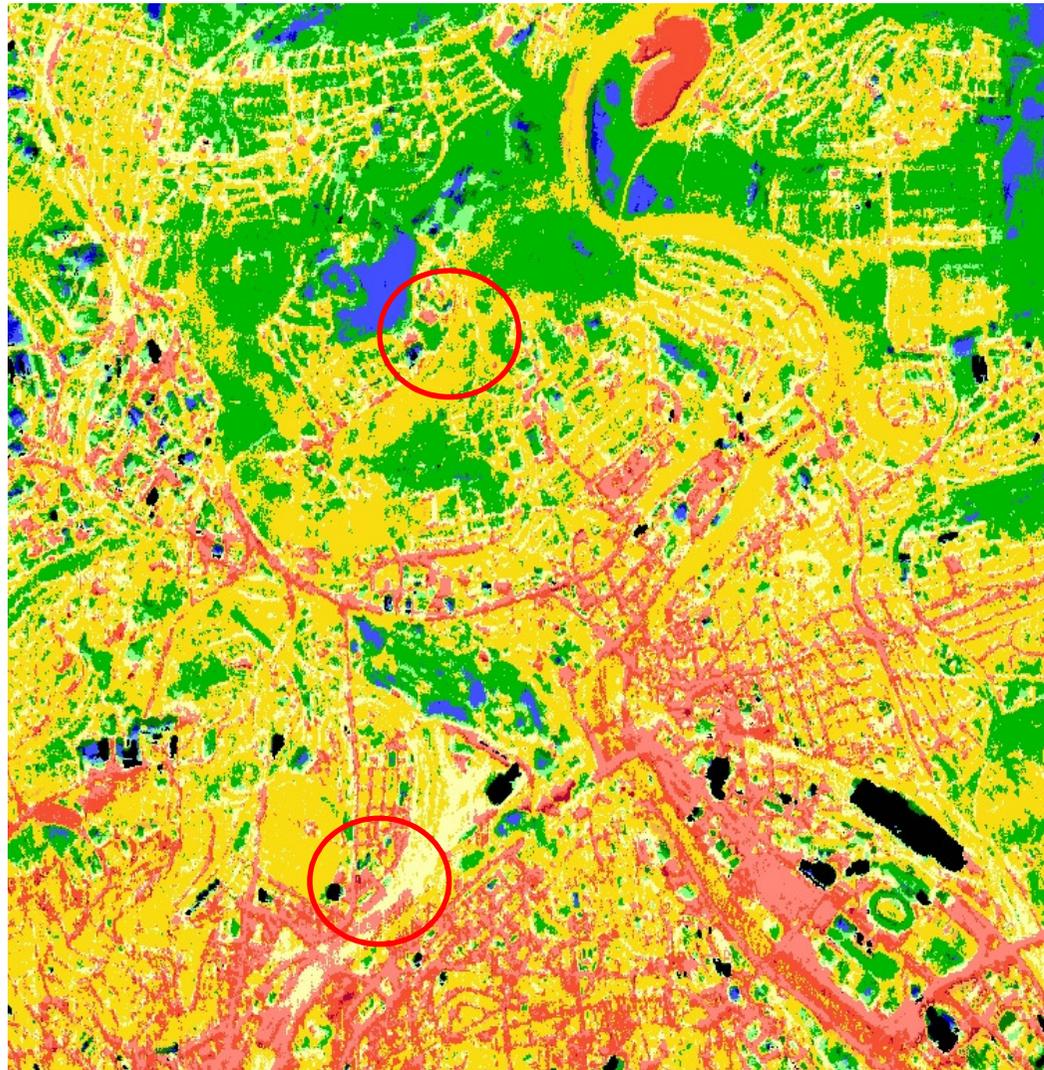
## Stadtbegrünung im Rahmen einer Klima- Anpassungsstrategie am Beispiel Stuttgart

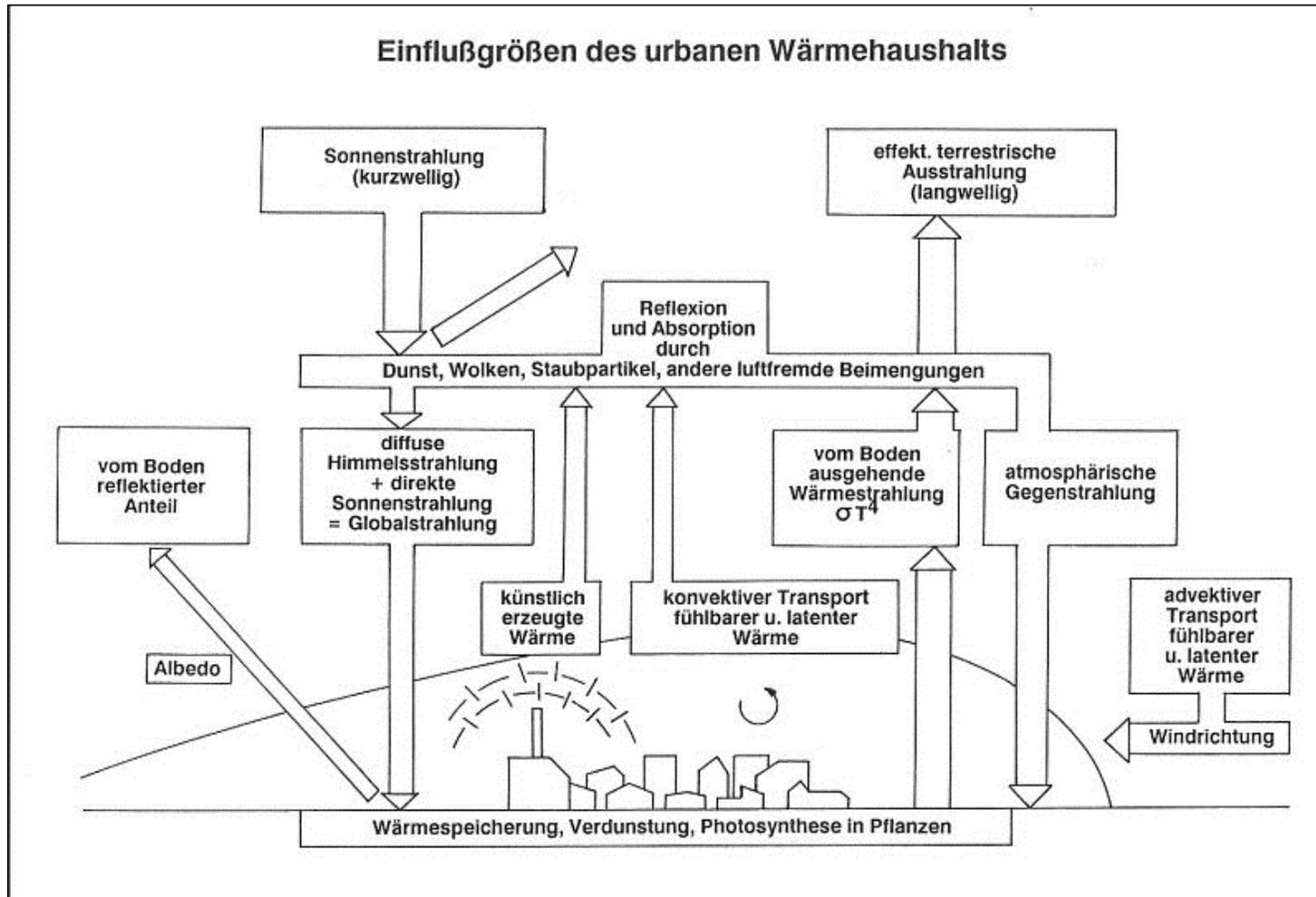




## Infrarot-Thermographie

Darstellung von Wärmeinseln bzw. Kaltluftgebieten (auf Basis  
Oberflächentemperatur und Differenz Abend – Morgen)

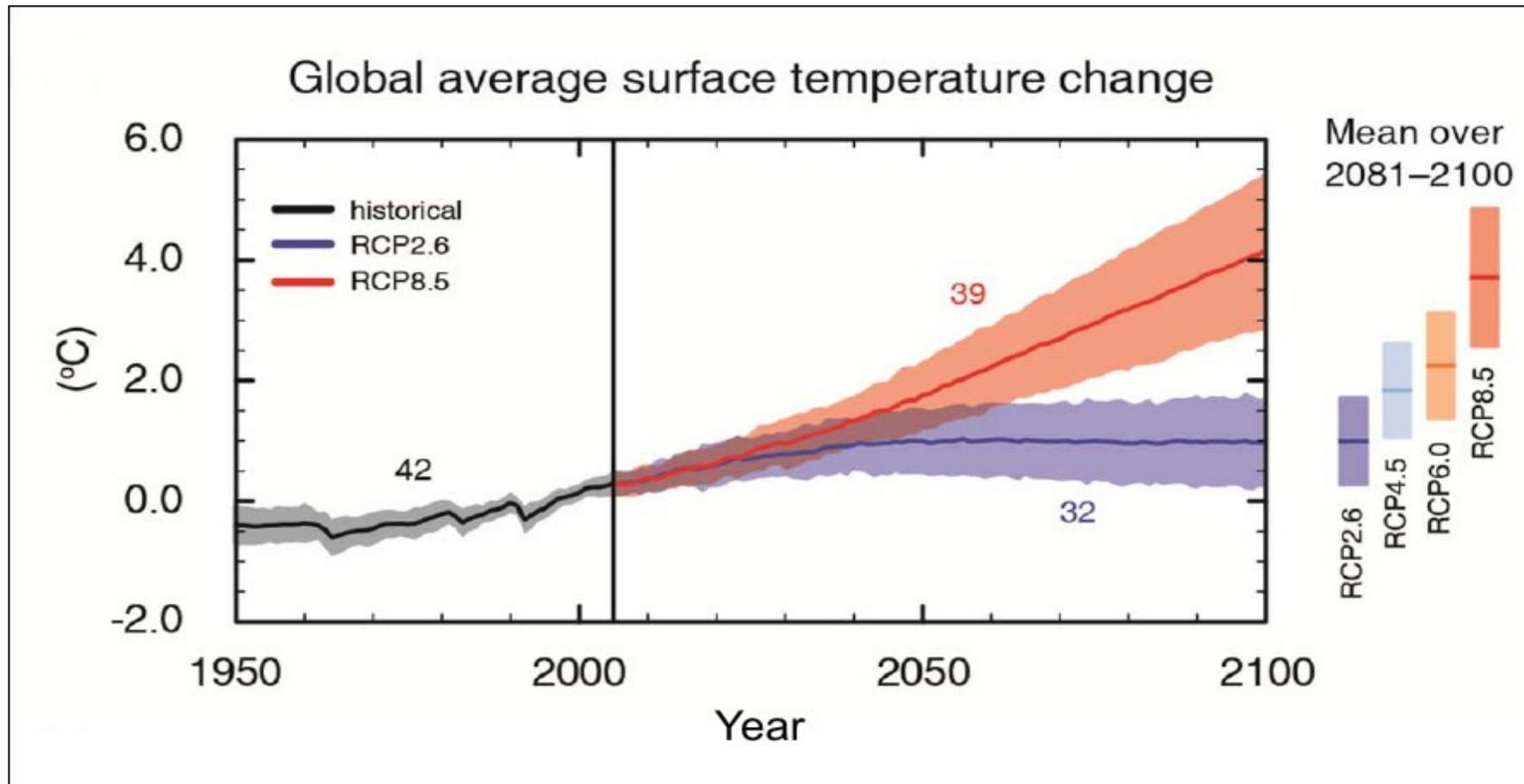




Einflussgrößen des urbanen Wärmehaushalts (nach ROBEL et al.; 1978)



## Globale Temperaturprognosen bis 2100

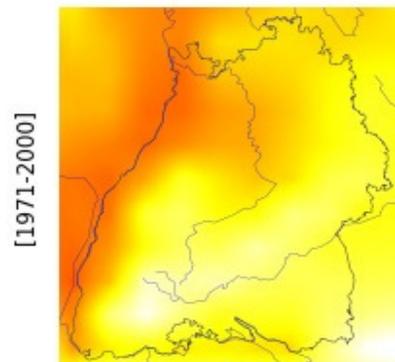


Quelle: IPCC, Summary for Policymakers 2013



## Jahresmitteltemperatur

Ist-Zustand



© 2013 LUBW

### Abbildungen:

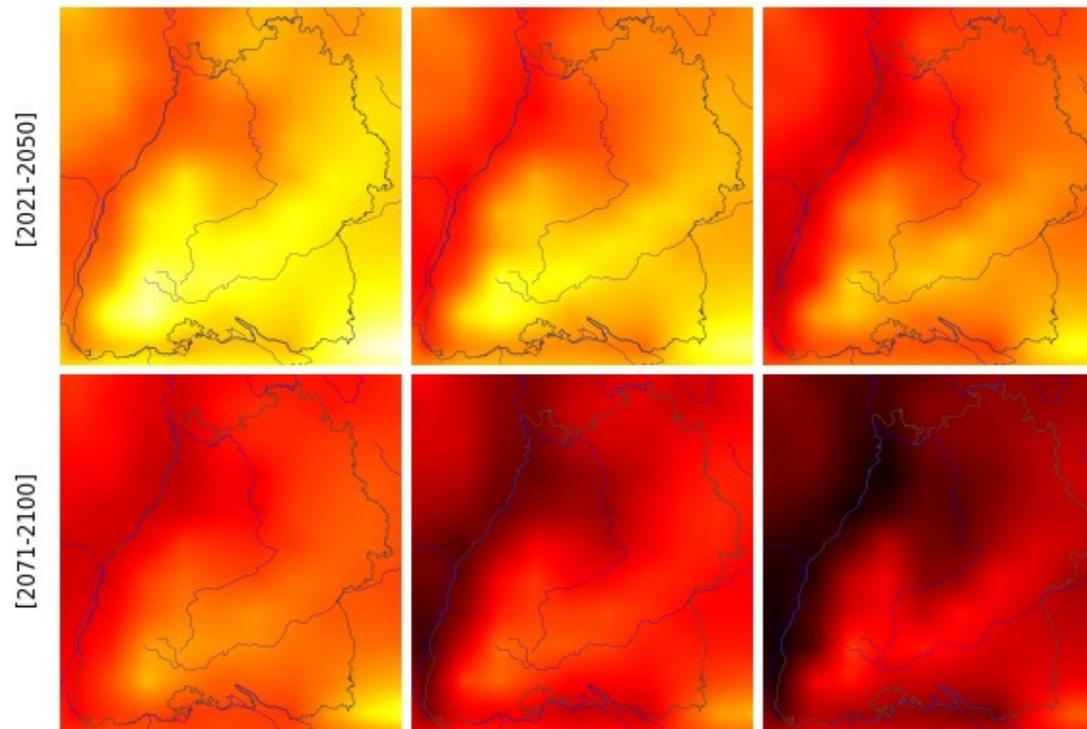
Ober: Ist-Zustand aus Beobachtungsdaten (1971-2000)  
 Rechts: Perzentil-Darstellung auf Basis von 24 Klima-Projektionen für die nahe Zukunft (2021-2050) und von 15 Klimaprojektionen für die ferne Zukunft (2071-2100)

Zukunftsszenarien

15. Perzentil

50. Perzentil

85. Perzentil



[2021-2050]  
[2071-2100]

© 2013 LUBW

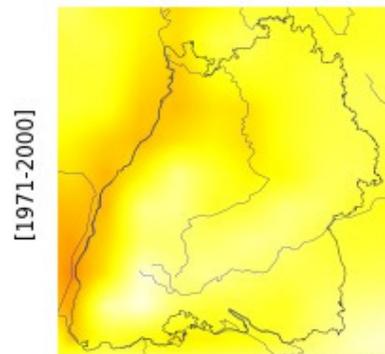
[°C]





## Sommertage

Ist-Zustand



© 2013 LUBW

### Abbildungen:

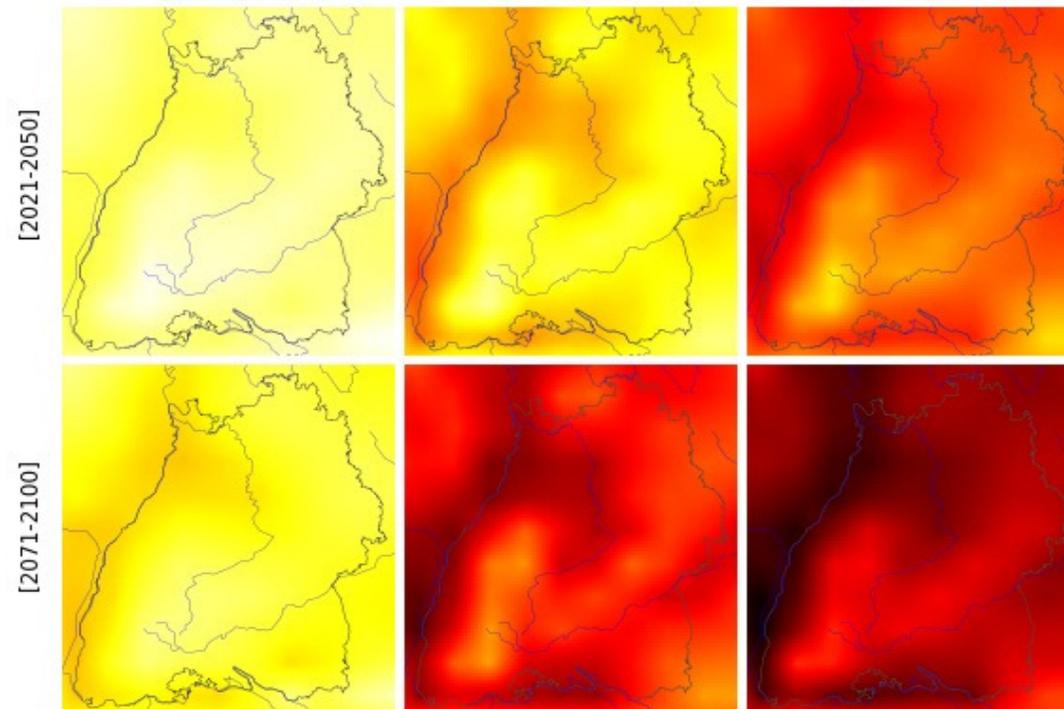
Ober: Ist-Zustand aus Beobachtungsdaten (1971-2000)  
 Rechts: Perzentil-Darstellung auf Basis von 24 Klima-Projektionen für die nahe Zukunft (2021-2050) und von 15 Klimaprojektionen für die ferne Zukunft (2071-2100)

Zukunftsszenarien

15. Perzentil

50. Perzentil

85. Perzentil



© 2013 LUBW

Anzahl [Tage]





- **Mehr Sommertage/heiße Tage! (gehäuft, also Hitzewellen)**
- **Mehr tropische Nächte!**
- Mehr Niederschlag und insbesondere mehr Tage mit Starkniederschlag und!! Starkniederschlagshöhe nimmt zu!

# Dynamisch-statistisches Downscaling

## Stadtklimaprojektionen – Quadermethode

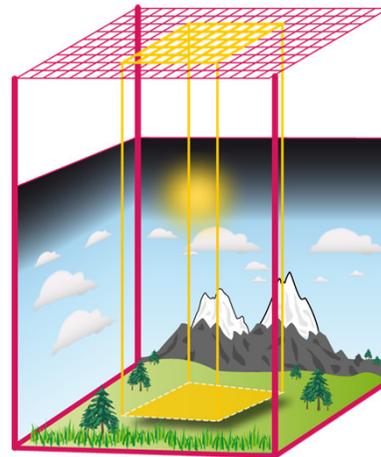


Dynamisches Downscaling

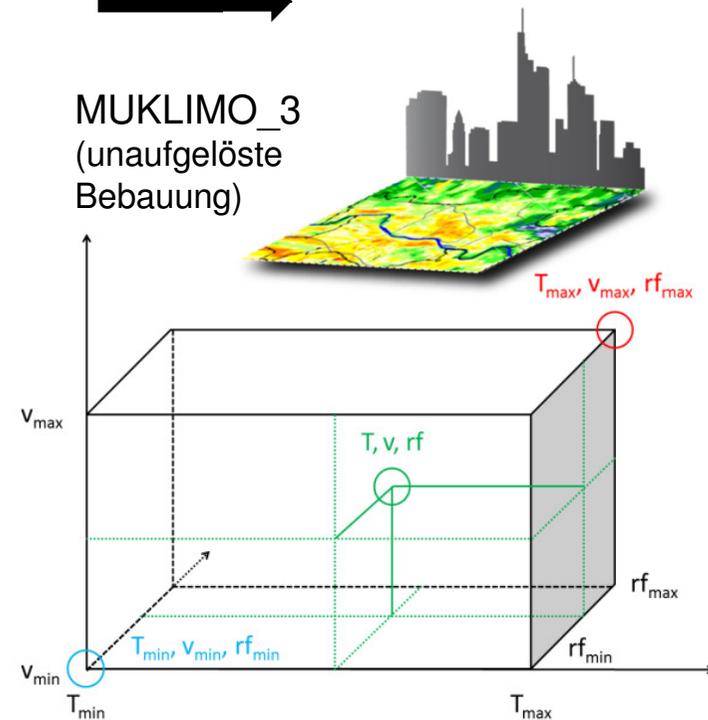
Dynamisch-statistisches Downscaling



Globales Klimamodell  
z.B. ECHAM5  
(IPCC SRES Scenario A1B)



Regionales Klimamodell  
z.B. COSMO-CLM,  
REMO





# Klimatologie Wärmebelastungstage

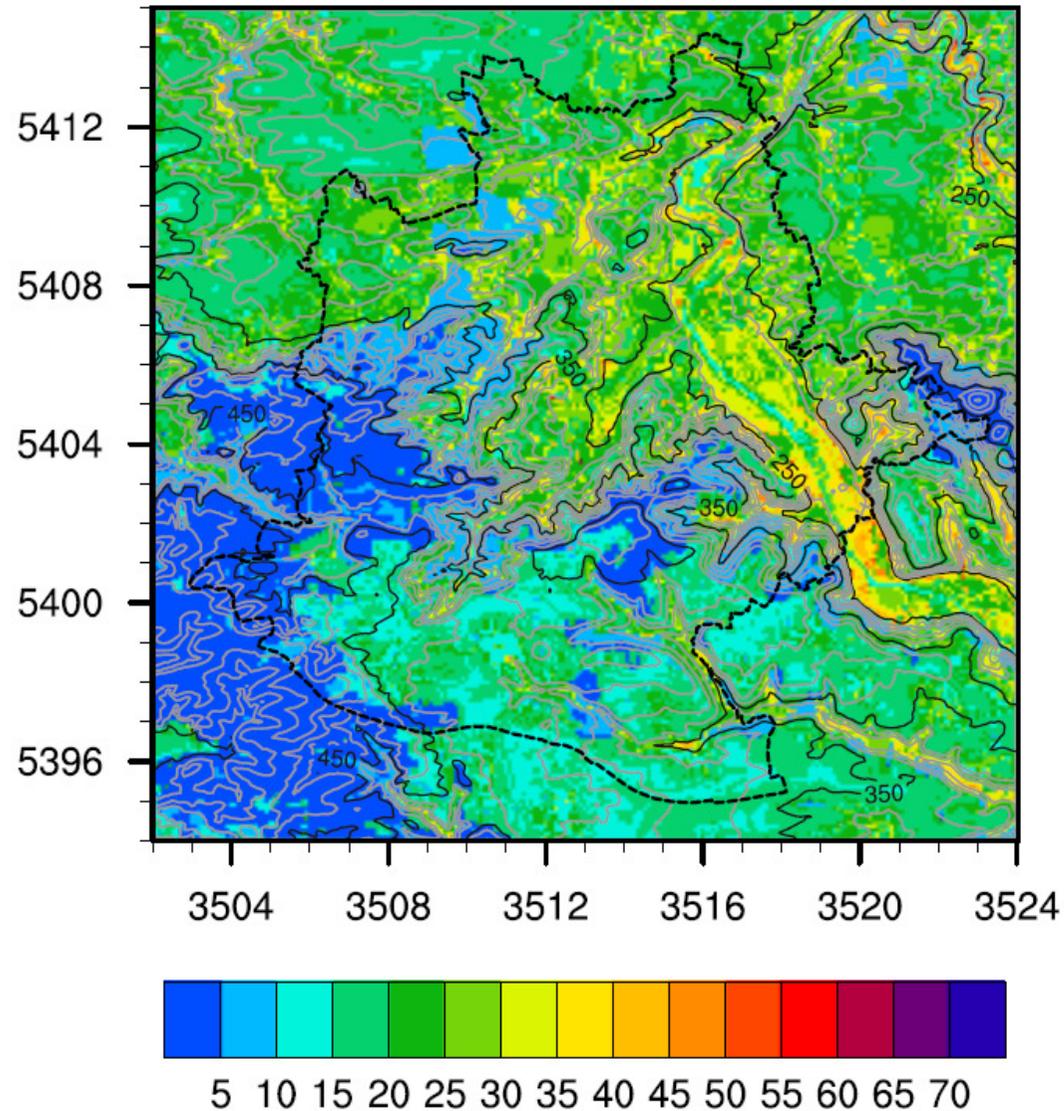
Mittlere jährliche Anzahl an Tagen mit starker Wärmebelastung

1971-2000

*Tageswerte des Regionalklimas:  
Messungen an der DWD Station  
Stuttgart-Echterdingen*

- bewaldete Kuppenlagen < 5
- freie Kuppenlagen < 20
- Innenstadt, Neckartal 25 - 30
- örtlich > 40

$N_{GTmax \geq 32^\circ C}$

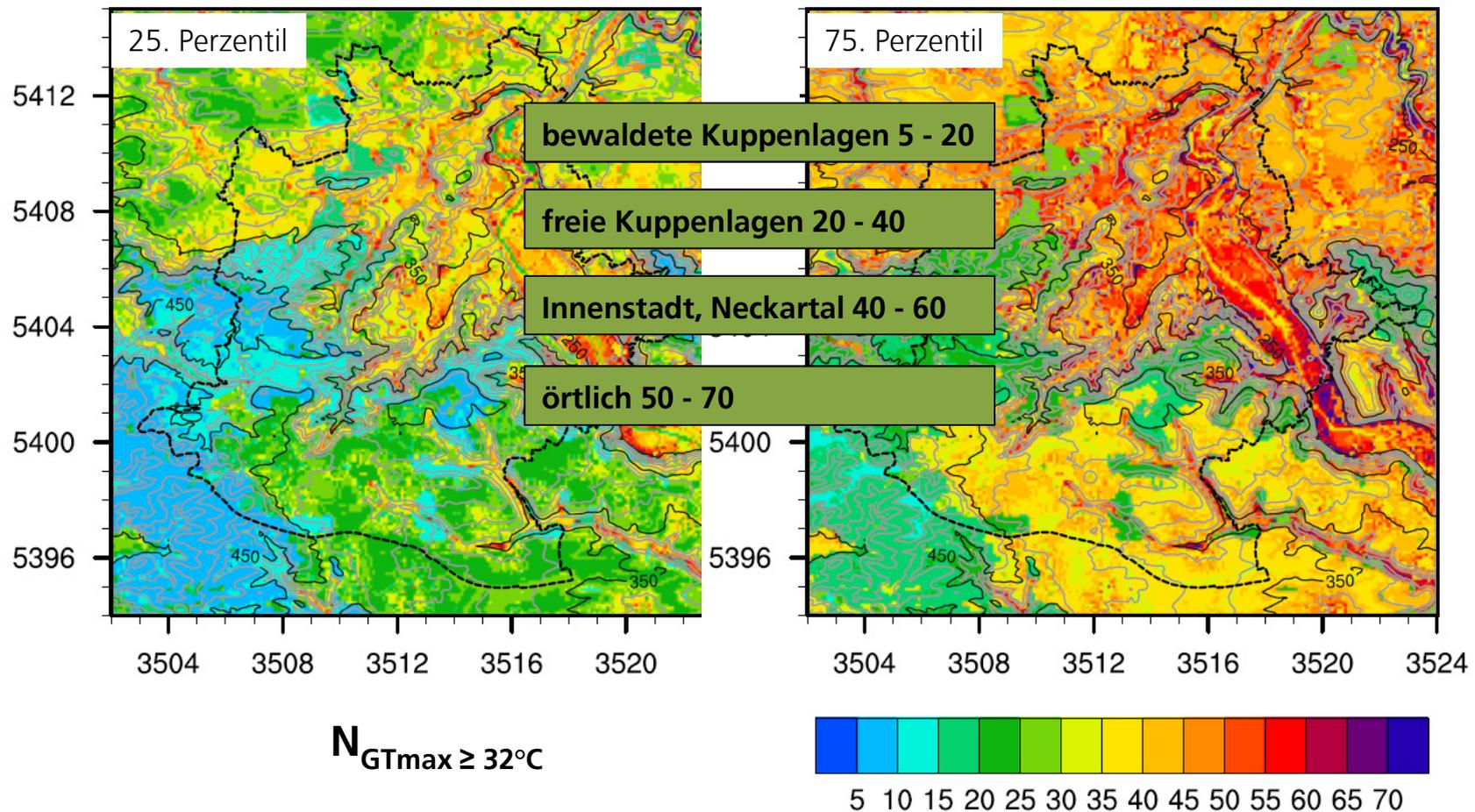




# Klimatologie Wärmebelastungstage

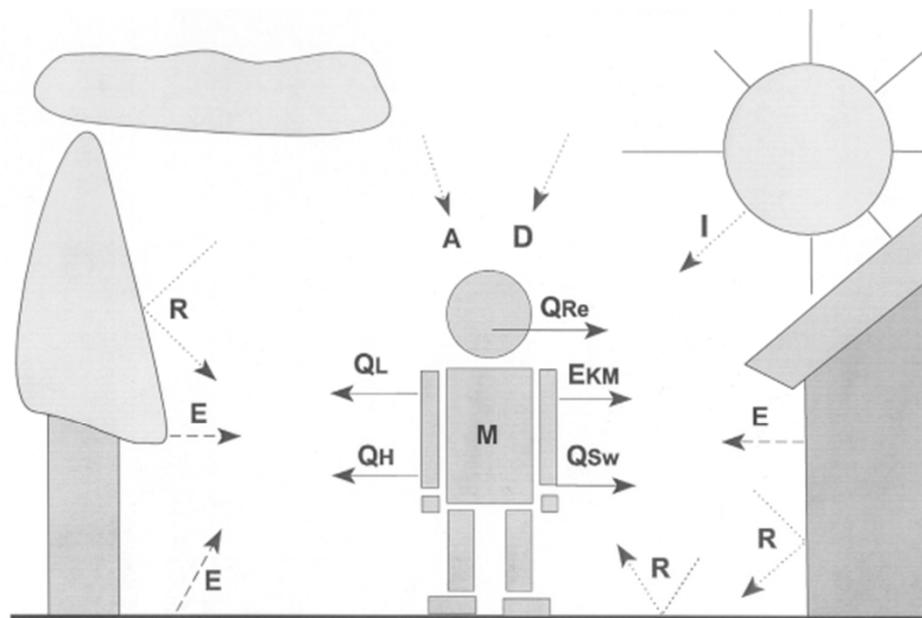
Mittlere jährliche Anzahl an Tagen mit starker Wärmebelastung: 2031-2060

Tageswerte des Regionalklimas: 17 regionale Klimaprojektionen für das Emissionsszenario A1B



# Das Klima-Michel-Modell zur Berechnung der Gefühlten Temperatur

## Der thermische Wirkungskomplex



M	metabolische Rate (Energieumsatz)	I	direkte Sonnenstrahlung
QH	turbulenter Fluss von fühlbarer Wärme	D	diffuse Sonnenstrahlung
QL	Fluss latenter Wärme durch Wasserdampfdiffusion	R	reflektierte Sonnenstrahlung
QSw	turbulenter Fluss von latenter Wärme (Schwitzen)	A	atmosphärische Gegenstrahlung
QRe	Wärmefluss durch Atmung (fühlbar und latent)	E	langwellige Emission der Umgebungsoberfläche
		EKM	Infrarotstrahlung von der Oberfläche des Menschen

### Klima Michel - Definition eines Norm-Menschen

- Größe 1,75 m
- Gewicht 75 kg
- Körperoberfläche 1,78 m<sup>2</sup>
- Emissionskoeffizient der Bekleidung bzw. Haut  $\epsilon_p = 0.97$
- Absorptionskoeffizient für solare Strahlung  $a_k = 0.7$
- Arbeitsleistung über dem Grundumsatz 172,5 W (~ Gehen mit 4 km/h)
- Variation der Kleidung um thermischen Komfort zu erreichen



# Lösungsansätze:

Erhalt **Frischluftschneisen**  
und  
**Begrünung!**

# Stufen der Planung



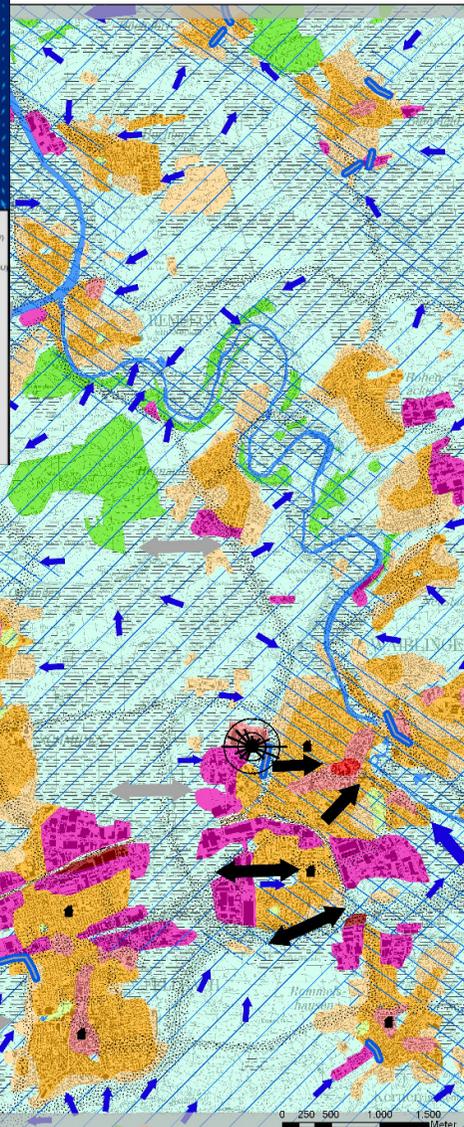
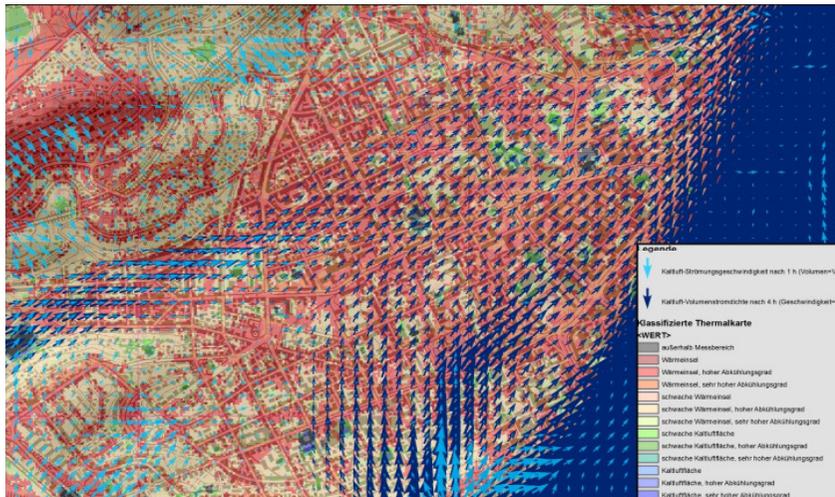
Der **Flächennutzungsplan** ist nicht parzellenscharf und stellt in den Grundzügen die vorhandene und beabsichtigte Art der Bodennutzung aller Flächen im Gemeindegebiet dar. Der **behördenverbindliche** Flächennutzungsplan schafft **kein Baurecht** und hat **keine Verbindlichkeit gegenüber dem Bürger**.

Der **Bebauungsplan** bildet die zweite Stufe der Bauleitplanung und ist **aus dem Flächennutzungsplan zu entwickeln**. Er **schafft verbindliches Baurecht** und **konkretisiert parzellenscharf die Planung**. Ein „qualifizierter Bebauungsplan“ muss mindestens Festsetzungen zu Art und Maß der baulichen Nutzung, zu überbaubaren Grundstücksflächen und zu den örtlichen Verkehrsflächen enthalten.



Quelle: Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, LHS Stuttgart

# Klima-Analysekarte (Ausschnitt)



## Klimaatlas Region Stuttgart Analysekarte

6.2 Klima-Analyse TK7121

- Legende**
- Klimatopie**
- Bahnübergang-Klimatopie:** extremer Temperaturtagessgang, trocken, windoffen, Luftstau
  - Industrie-Klimatopie:** intensiver Wärmeeintrag, z.T. starke Windföhnströmung, problematischer Luftaustausch, hohe Luftschadstoffbelastung (geringfügig beeinträchtigt)
  - Gewerbe-Klimatopie:** starke Versauerung aller Klimaelemente, Ausbreitung des Wärmeeintrags, teilweise hohe Luftschadstoffbelastung
  - Stadtkern-Klimatopie:** intensiver Wärmeeintrag, geringe Feuchte, starke Windföhnströmung, problematischer Luftaustausch, Luftschadstoffbelastung
  - Stadtklima:** starke Veränderung aller Klimaelemente gegenüber dem Freiland, Ausbildung einer Wärmesiel, Luftschadstoffbelastung
  - Stadtrand-Klimatopie:** wesentliche Beeinflussung von Temperatur, Feuchte und Wind; Störung lokaler Windsysteme
  - Gartenstadt-Klimatopie:** geringer Einfluss auf Temperatur, Feuchte und Wind
  - Dürrandlagen-Klimatopie:** ausgeprägter Tagessgang der Temperatur und Feuchte, klimatische Ausgleichsfläche in der Bebauung
  - Wald-Klimatopie:** stark gedämpfter Tagessgang von Temperatur und Feuchte, Frisch-/Kaltluftproduktion, Filterfunktion
  - Freiland-Klimatopie:** am besten stark ausgeglichene Tagessgang von Temperatur und Feuchte, sehr diffuser Frisch-/Kaltluftaustausch
  - Gewässer-Klimatopie:** Feuchte ausgleichend, hohe Feuchtigkeit, windoffen
- Kaltluftbereiche**
- Kaltluftproduktionsgebiete: nächtliche Kalt-/Frischluftproduktion auf Freiflächen
  - Kaltluftsammlungsgebiete
  - Kaltluftstauung in städtischen Tieflagen, Kaltlufttransportbahnen
  - Kaltluftbau durch Störungselemente
  - Bodeninversiongefährdete Gebiete
- Luftaustausch**
- Beig-/Tafelwindsystem intensiver Kaltluftstrom
  - Hangabwinde: flächenhafter Kaltluftabfluss
  - Luftbahn unbelastet: Täler, Sattellagen
  - Luftbahn belastet: Erhöhten in Tälern, Sattellagen
- Windrose: Wändrichtungsstärke**

**Belastung durch Emissionen**

- Strasse mit extremer Verkehrsbelastung: extreme Luft-/Lärmbelastung
- Strasse mit sehr hoher Verkehrsbelastung: sehr hohe Luft-/Lärmbelastung
- Strasse mit hoher Verkehrsbelastung: hohe Luft-/Lärmbelastung
- Gewerbe und Industrie: relativ hohe Schadstoffemissionen
- Viehmarkt: relativ hohe Hausbrandemissionen

**Fachliche Bearbeitung:**  
 Thilo, Dirk Lehmann, Karlsruhe; J. Baumüller, Abteilung Stadtökologie, Amt für Umwelt, Stadt Stuttgart, 2007.  
 Datenangabe: Stuttgart, 2007.  
 Thematische Kartographie: Firma Spasche, 20/08. August 2008.  
 Kartographische Vorarbeiten: GeoInfo, Karlsruhe, 2007.  
 Luftbild: ATKIS (© Landesvermessungsamt Baden-Württemberg) www.lvs.bw.de/arc/2851.9-110\_2002/2003  
 Klimadaten: DWD, Büro Lehmann, Karlsruhe, 2007.  
 Verkehrsdaten: Verkehrsministerium, PTV, Karlsruhe im Auftrag des Verkehrsverbands Stuttgart, 2007.  
 Emissionsdaten: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2004.  
 Kartographie:  
 ATKIS (© Landesvermessungsamt Baden-Württemberg) www.lvs.bw.de/arc/2851.9-110\_2005  
 GIS-Bearbeitung u. Kartographie:  
 M. Grottel, 2007.



# Beispiel 1: Flächennutzungsplan Maßnahme: Durchlüftung

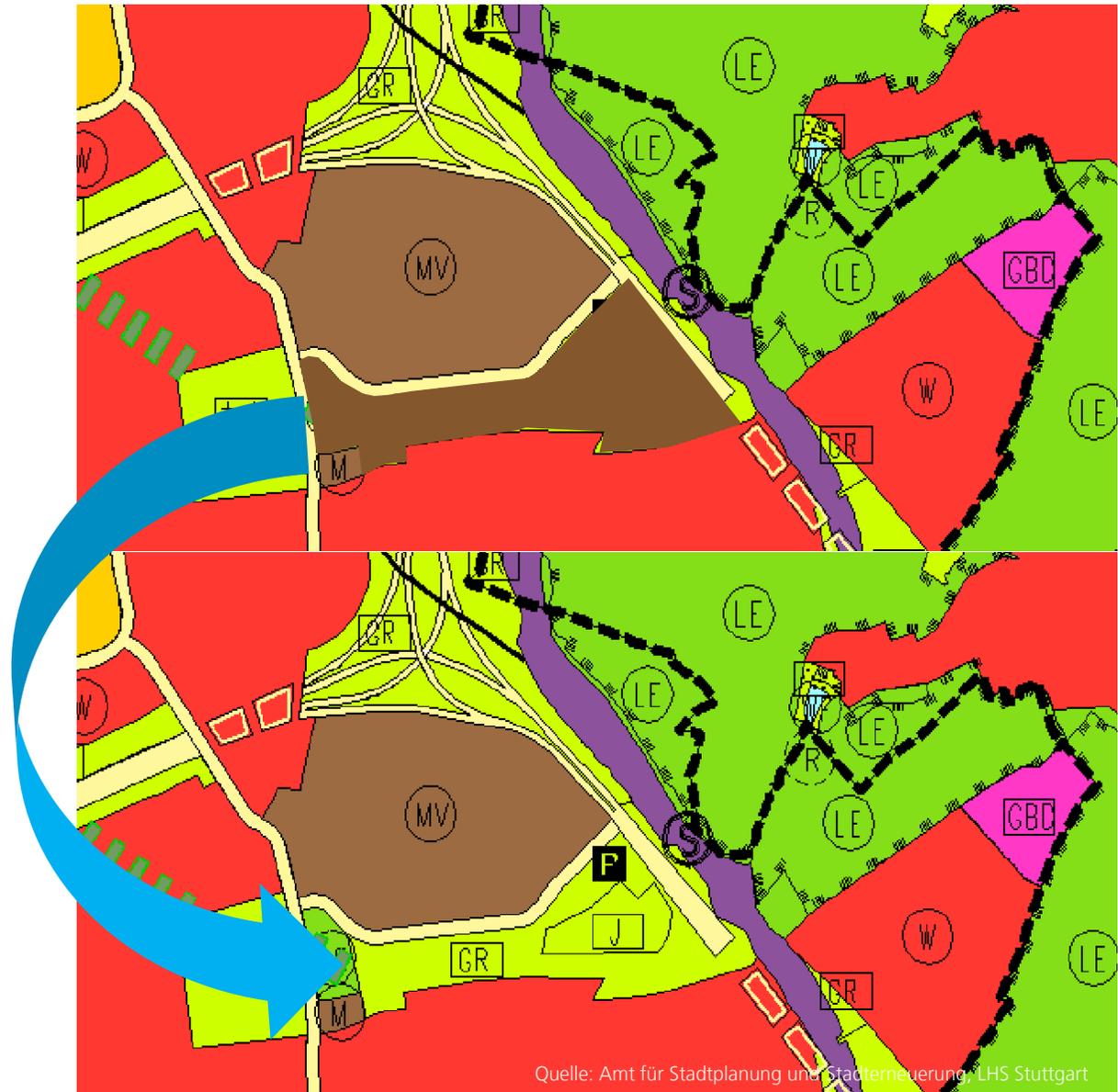


Gebiet „STEP“ Unterer Grund  
Stuttgart-Vaihingen:

**Erzielte Veränderung der  
vorgesehenen Darstellung  
als gemischte Baufläche in  
Grünfläche.**



Foto: LHS-Stuttgart



## Durchlüftungs-Zonen (Beispiel „Unterer Grund“)





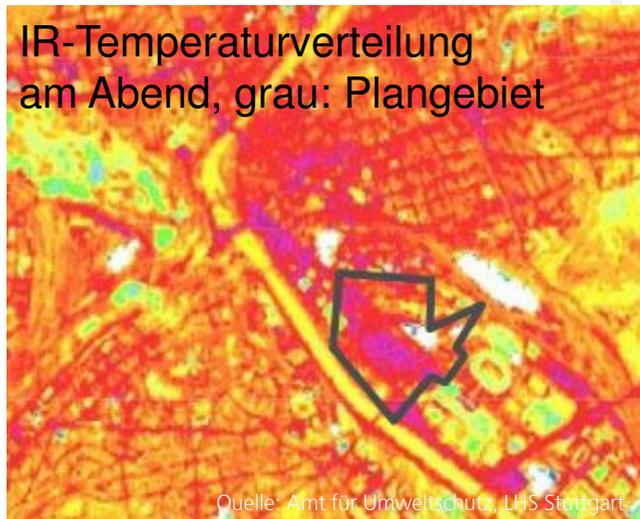
## Grünausstattung/Bauwerksbegrünung beeinflusst

- Wasserspeicher
- Grundwasser-Erneuerung
- Verringerung der Entwässerungskapazität
- **Verringerung der städtischen Wärmeinseln**
- **Thermische Behaglichkeit**
- **Kaltluftproduktion**
- Filter für Luftschadstoffe
- Orte für Erholung in der Stadt
- → *gezielter Einsatz!*



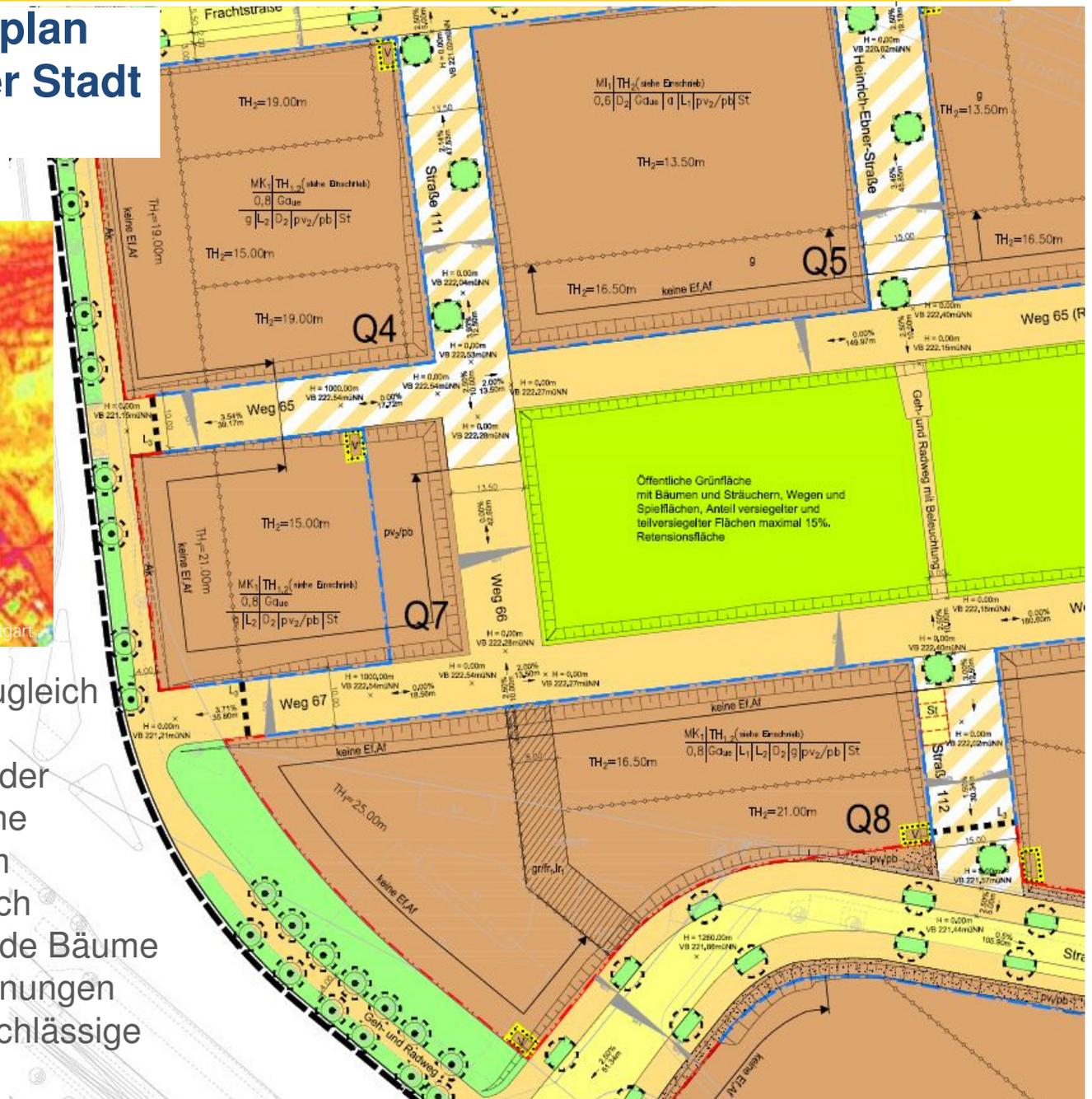
## Beispiel 2: Bebauungsplan Maßnahme: Grün in der Stadt

IR-Temperaturverteilung  
am Abend, grau: Plangebiet



Quelle: Amt für Umweltschutz, LHS Stuttgart

- Zentrale Grünfläche, die zugleich als Retentionsfläche dient
- Wirkungsvolle Vernetzung der vorgesehenen Grünbereiche
- Hohe Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum u.a. durch großkronige, schattenspende Bäume
- Dach- und Fassadenbegrünungen
- Wasserflächen, wasserdurchlässige Beläge



Quelle: Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, LHS Stuttgart

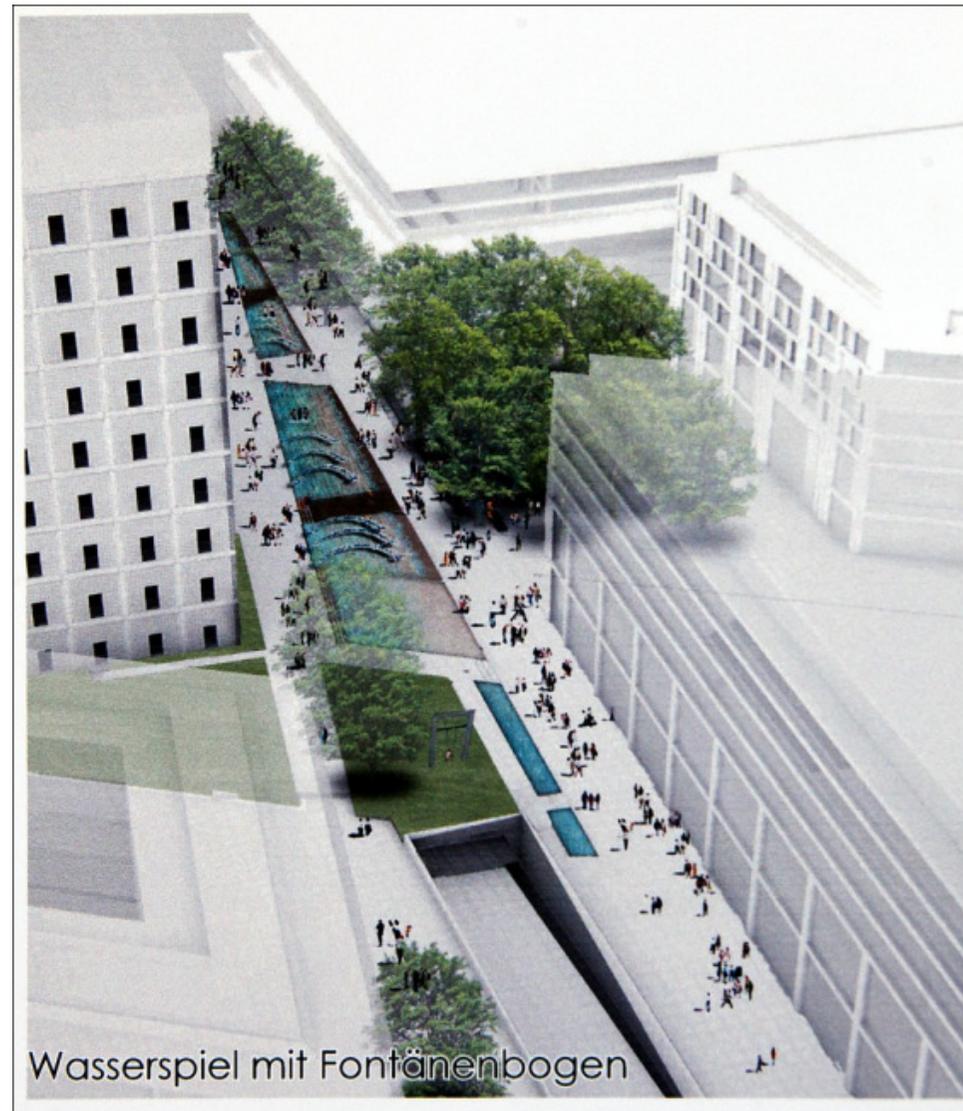






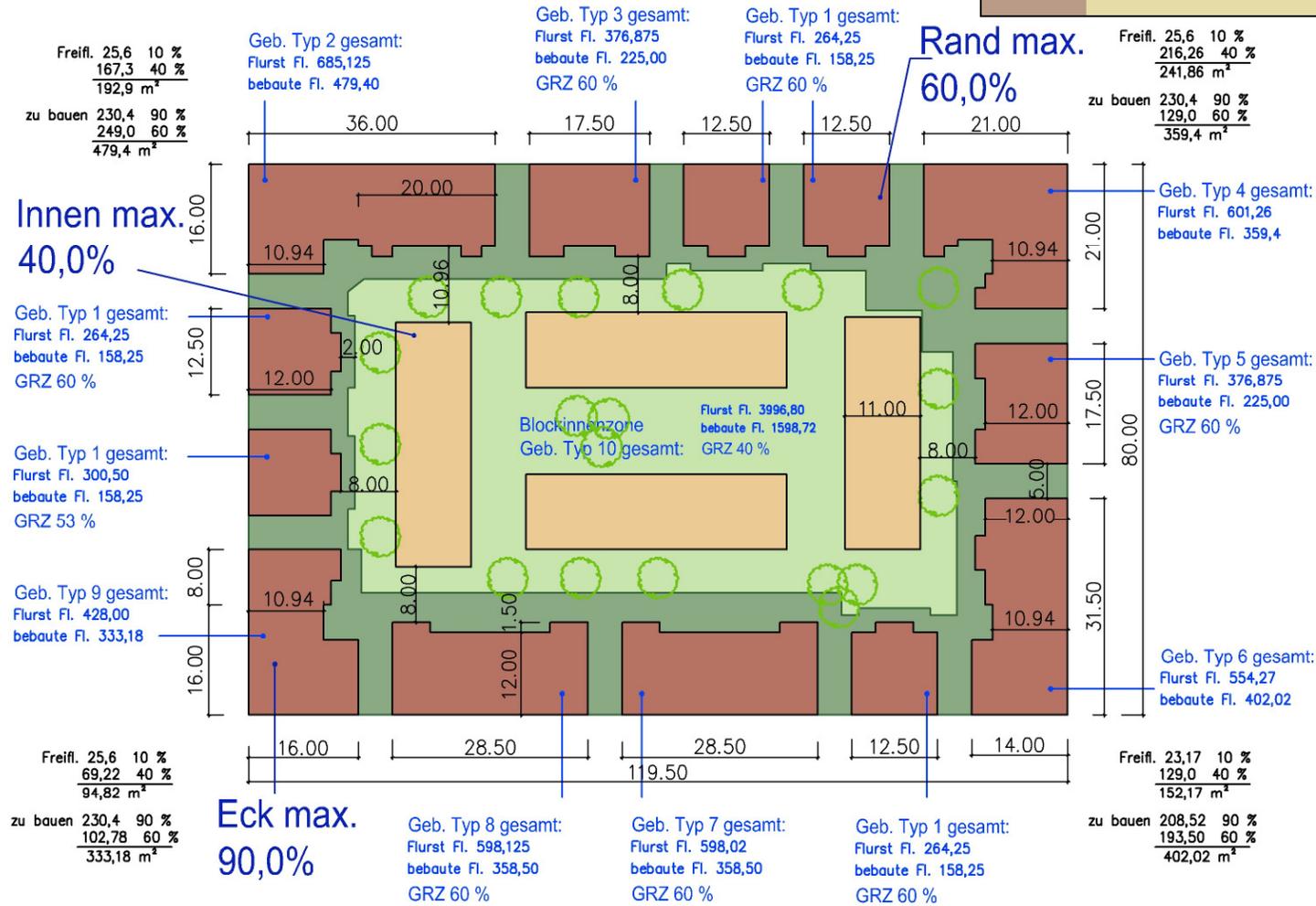
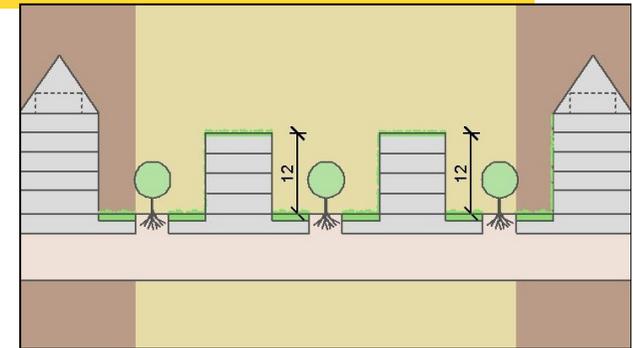


**Planung:  
Modell  
Mailänder  
Platz**



# Rahmenplan Talgrund-West

## Musterblock



Quelle: Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, LHS Stuttgart

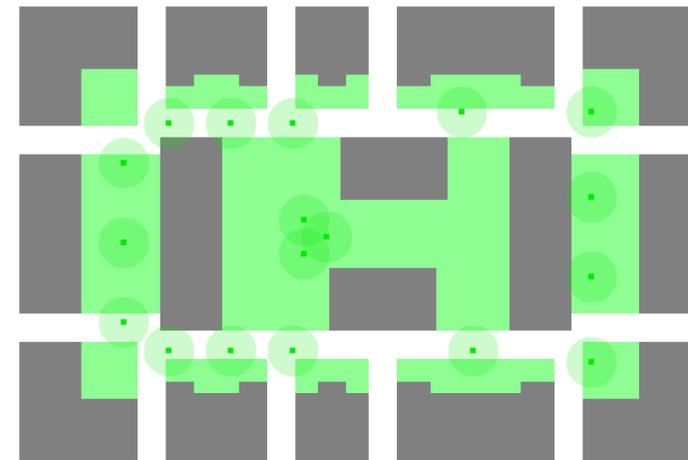


Simulation mit ENVI-met:

Thermische Bedingungen für das Innengrundstück bei A1 und A4 Design, 27. Aug. 2016



**(a) A1: versiegeltes Design**  
Asphaltfläche: 4330 m<sup>2</sup> (100 %)



**(d) A4: begrüntes Design (Gras + Bäume)**  
Asphaltfläche: 1277 m<sup>2</sup> (29.5 %)  
Grasfläche: 3035 m<sup>2</sup> (70.1 %)  
Baumstammfläche: 18 m<sup>2</sup> (0.4 %)  
Kronenquerschnittsfläche (Bäume): 936 m<sup>2</sup>

Mittelwerte über 10-16 Uhr MEZ, Zielfläche			
Variable	A1	A4	A1 - A4
T <sub>a</sub> (°C)	33.0	32.9	0.1
T <sub>mrt</sub> (°C)	52.9	44.8	8.1
PET (°C)	42.2 („sehr heiß“)	38.5 („warm“)	3.7

## Sanierungsmaßnahme - Blockinnenbereich

### Ausgangssituation



### Neuordnung



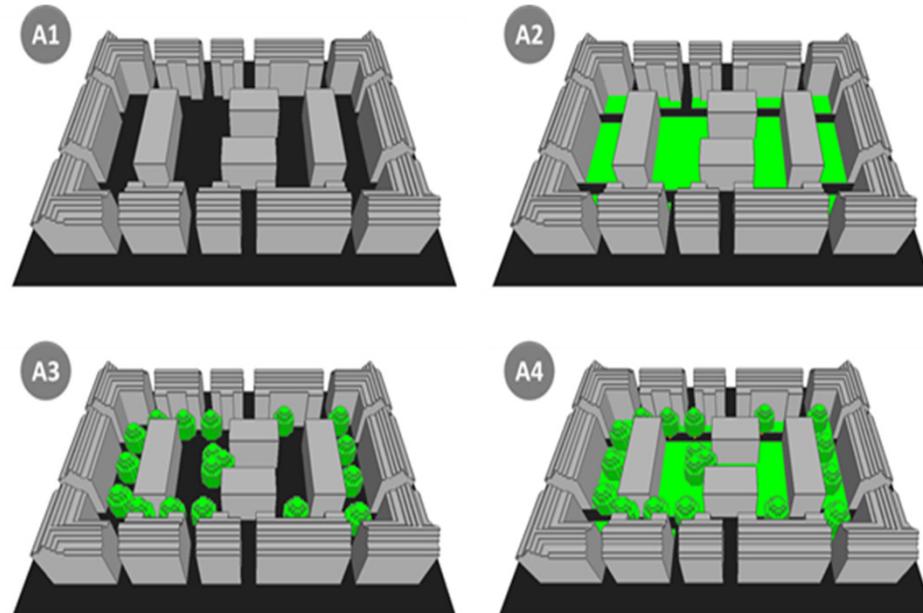
### Sanierter Zustand



## Optimierte Gebäudestruktur

### Optimierung:

- Lücken zwischen den Gebäuden erleichtern die Belüftung des Innenbereichs.
- Begrünter Innenhof.
- Gebäude innerhalb des Blocks mit grünen Dächern und begrenzter Höhe.
- Gebäude um den Block sollten mit Gründächern ausgestattet werden; ist aber nicht verpflichtend.
- Fassaden, die nach Süden ausgerichtet sind, müssen begrünt oder mit kühlen Materialien gestaltet werden.



## Neuplanung Quartier „Das Rosenberg“



Illustration: Pflugfelder GmbH

## Förderprogramm

### „Mehr Grün in der Stadt“

- Anreize für Flächenentsiegelung, Fassaden-, Dach- und Mauerbegrünung
- Fachberatung und zweckgebundene Zuschüsse
- Verdichtungsgrad  $\geq 51$  %

FÖRDERUNG DER HOF-, DACH-  
UND FASSADENBEGRÜNUNG



BERATUNG VON EIGENTÜMERINNEN UND EIGENTÜMERN  
BIS ZU 50 PROZENT ZUSCHUSS DURCH DAS  
KOMMUNALE GRÜNPROGRAMM.



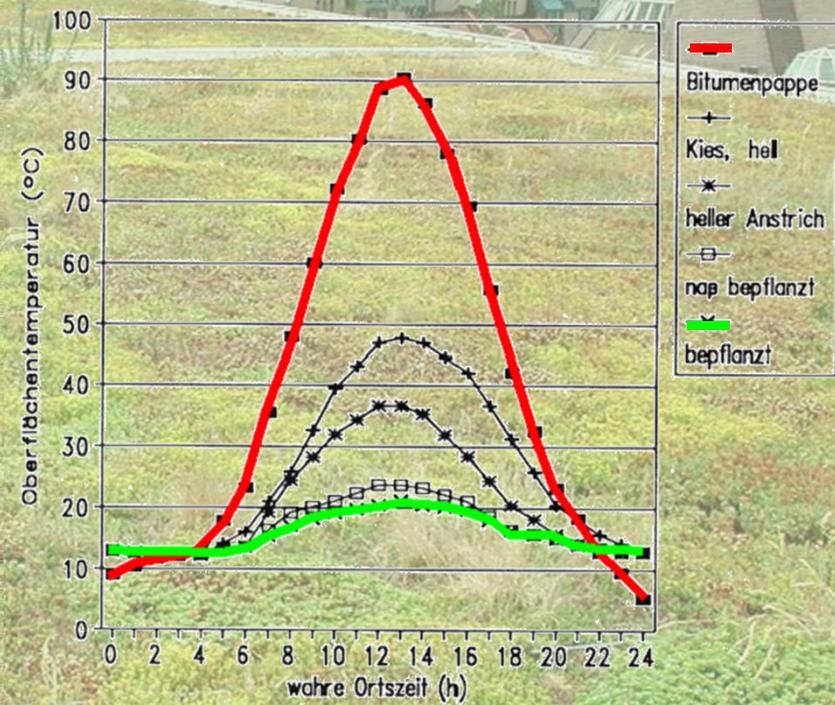
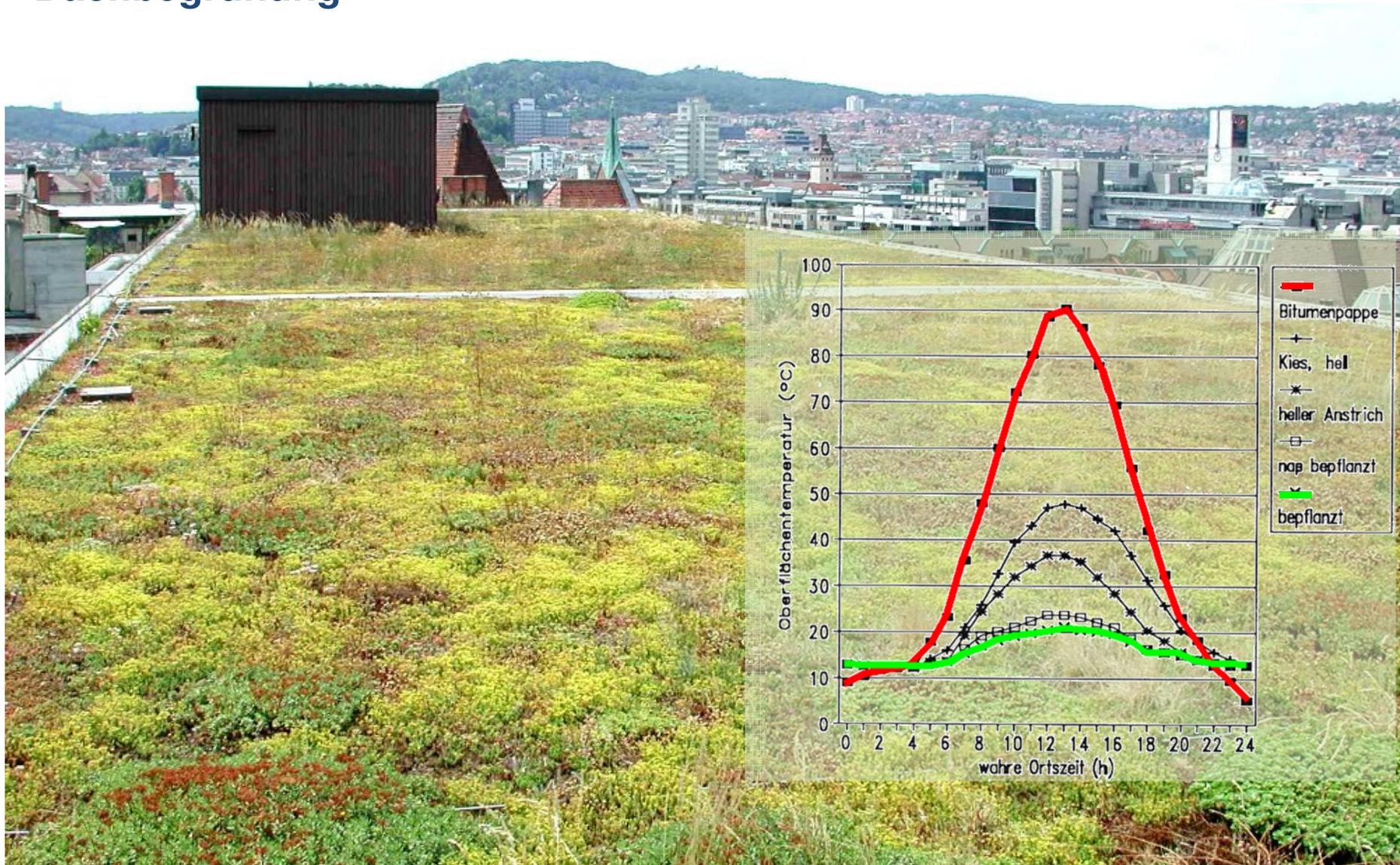
KONTAKT, BERATUNG, ANTRAG, FÖRDERUNG  
AMT FÜR STADTPLANUNG UND STADTERNEUERUNG

E-MAIL alexander.schmid@stuttgart.de  
TELEFON 0711 216 – 20 325

Die Richtlinie für das kommunale Grünprogramm der Landeshauptstadt Stuttgart zur Förderung der Hof-, Dach- und Fassadenbegrünung und der Antrag auf Förderung sind online erhältlich unter:  
[www.stuttgart.de/gruenprogramm](http://www.stuttgart.de/gruenprogramm)

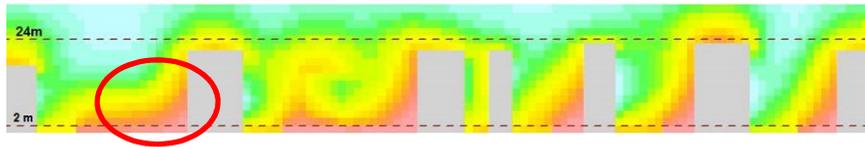


# Dachbegrünung



## Beispiel für die Wirksamkeit von Maßnahmen

Basisszenario: Sommertag, 12 Uhr



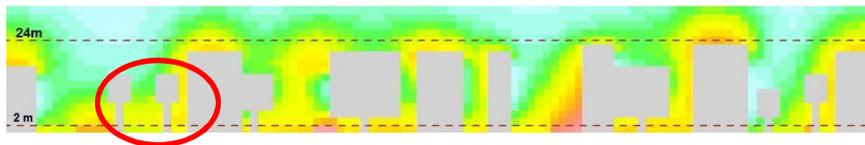
Straßenbäume:

bodennah bis minus 12 K

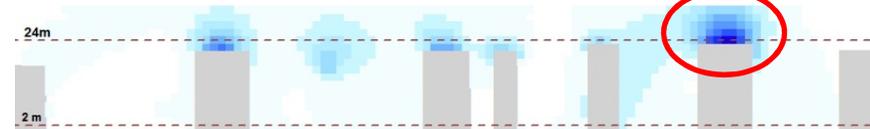
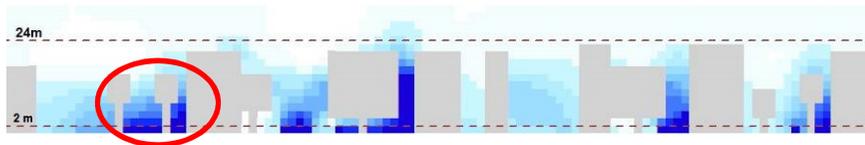
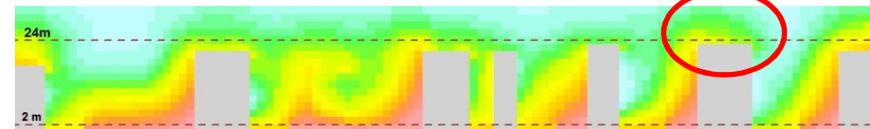
Dachbegrünung:

im Dachniveau bis minus 10 K

Szenario „Bäume“



Szenario „Dachbegrünung“



Im Auftrag der:

# Privates Grün: Doppelter Nutzen





Stadtklimatologe



Stadtplaner





Stadtklimatologe  
& Stadtplaner



Kommunalpolitiker



# Stadtklimatologe, Stadtplaner & Kommunalpolitiker

