Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Stadtklima, Planung und Klimawandel

Bauzentrum München – Fachforum
Der Klimawandel verlangt Anpassung

Johann-Dirk Hessel
Dr. Saskia Buchholz, Vera Heene, Dr. Heike Noppel, Dr. Meinolf Koßmann, Dr. Andreas Walter

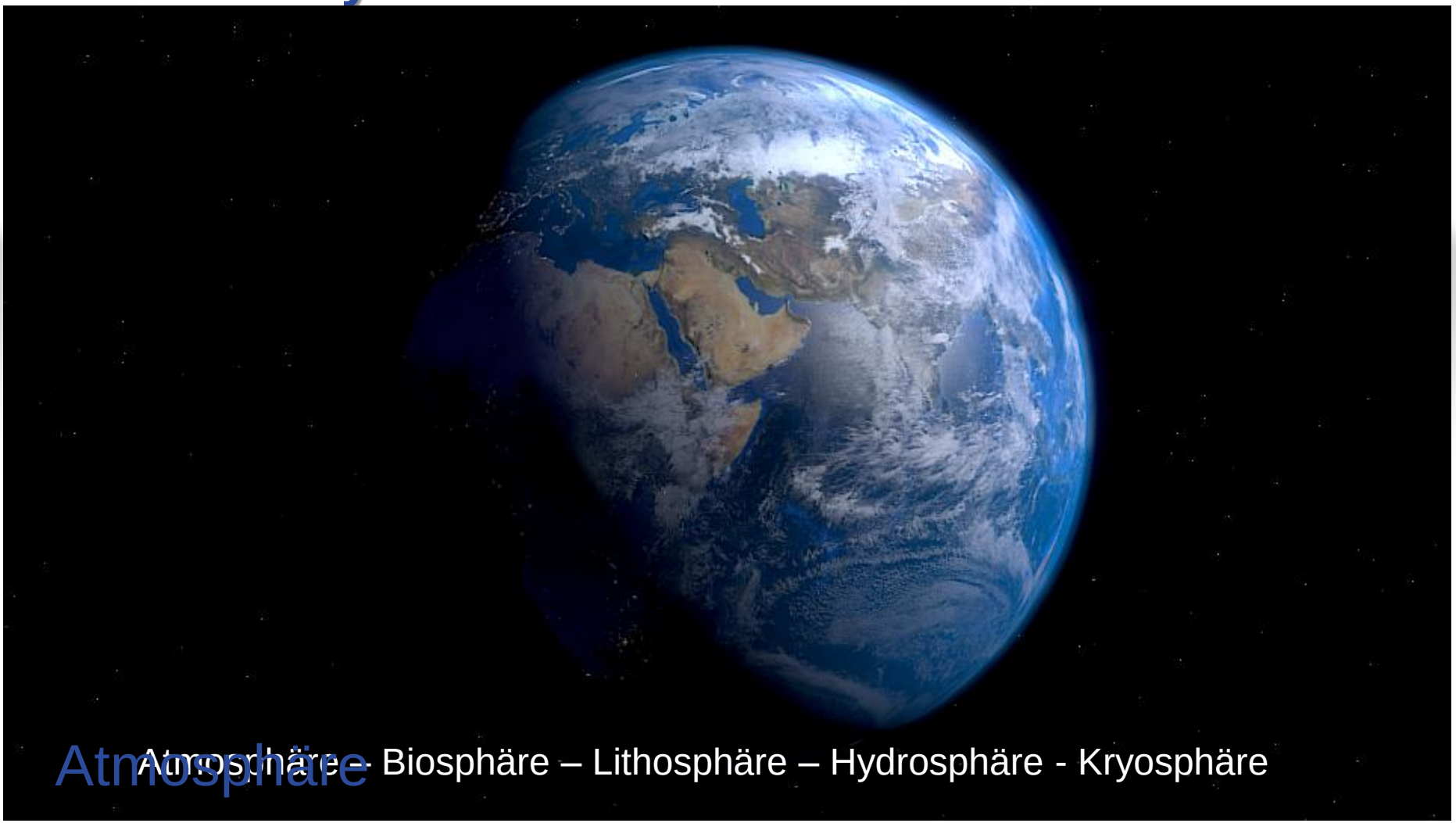
Zentrales Klimabüro Offenbach
Klima.offenbach@dwd.de

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

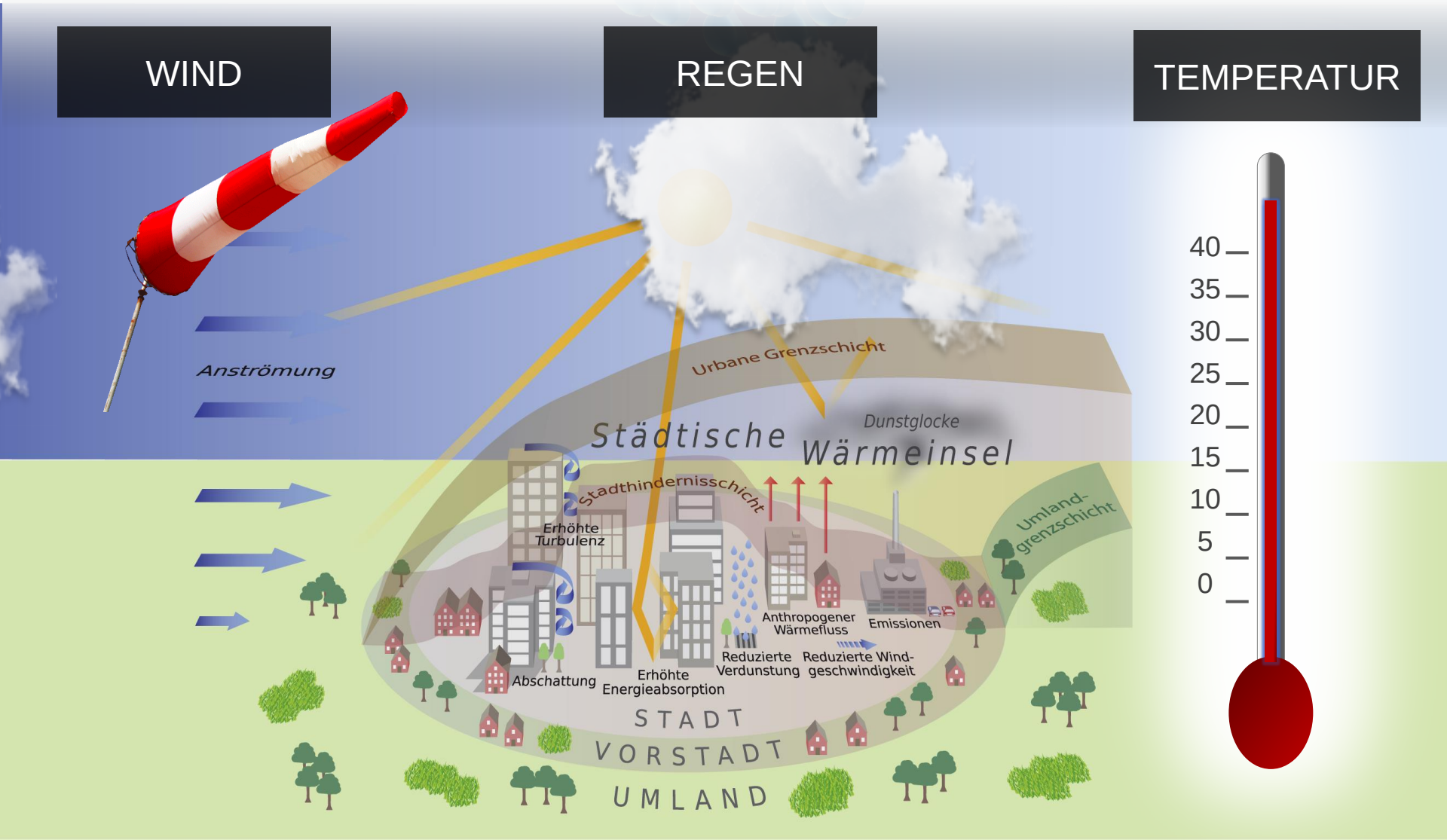
Stadtklima, Planung und Klimawandel – Ein Überblick

1. Klima, Klimasystem und Klimawandel … eine Vorbemerkung
2. Kurzer Blick in die Klimavergangenheit
3. Kurzer Blick in die Klimazukunft
4. Stadtklima im Klimawandel mit Fokus auf die Temperatur
5. INKAS ein Baustein

Das Klimasystem der Erde



Städte haben ihr eigenes Klima



Was zeichnet das Stadtklima aus?

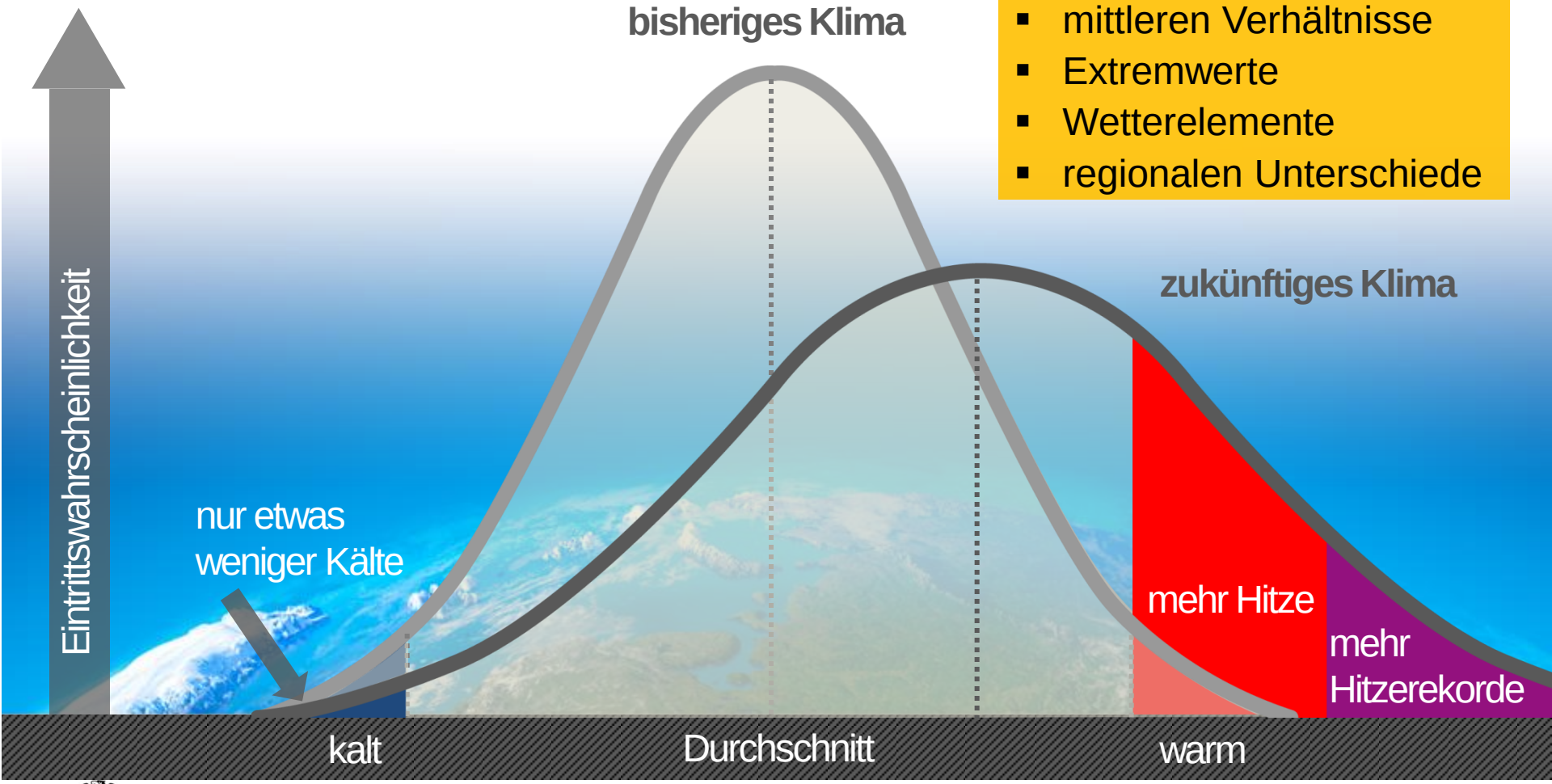
- Höhere Jahresmittel der Lufttemperatur: ca. 0,5 – 2 K
- Kürzere Sonnenschein-dauer: ca. 5 -15%
- Geringere Globalstrahlung: ca. 20 %
- Geringere Verdunstung
- Niedrigere mittlere Windgeschwindigkeiten: ca. 20 – 30%

- Höhere Jahressumme der Niederschläge: ca. 5 – 10 %
- Weniger Schnee im Winter: ca. 5 – 10%
- Deutlich erhöhte Luftver-schmutzung (Ozon, Staub, Ruß): ca. 5 – 25-fach
- Häufiger Dunst im Sommer/ Winter: ca. 30% / 100%

Wärmeinseleffekt in deutschen Städten: Im Sommer in Strahlungsnächten bis zu 10 K wärmer als das umliegende Freiland

Klimawandel – Was heißt das?

Veränderungen der
- mittleren Verhältnisse
- Extremwerte
- Wetterelemente
- regionalen Unterschiede



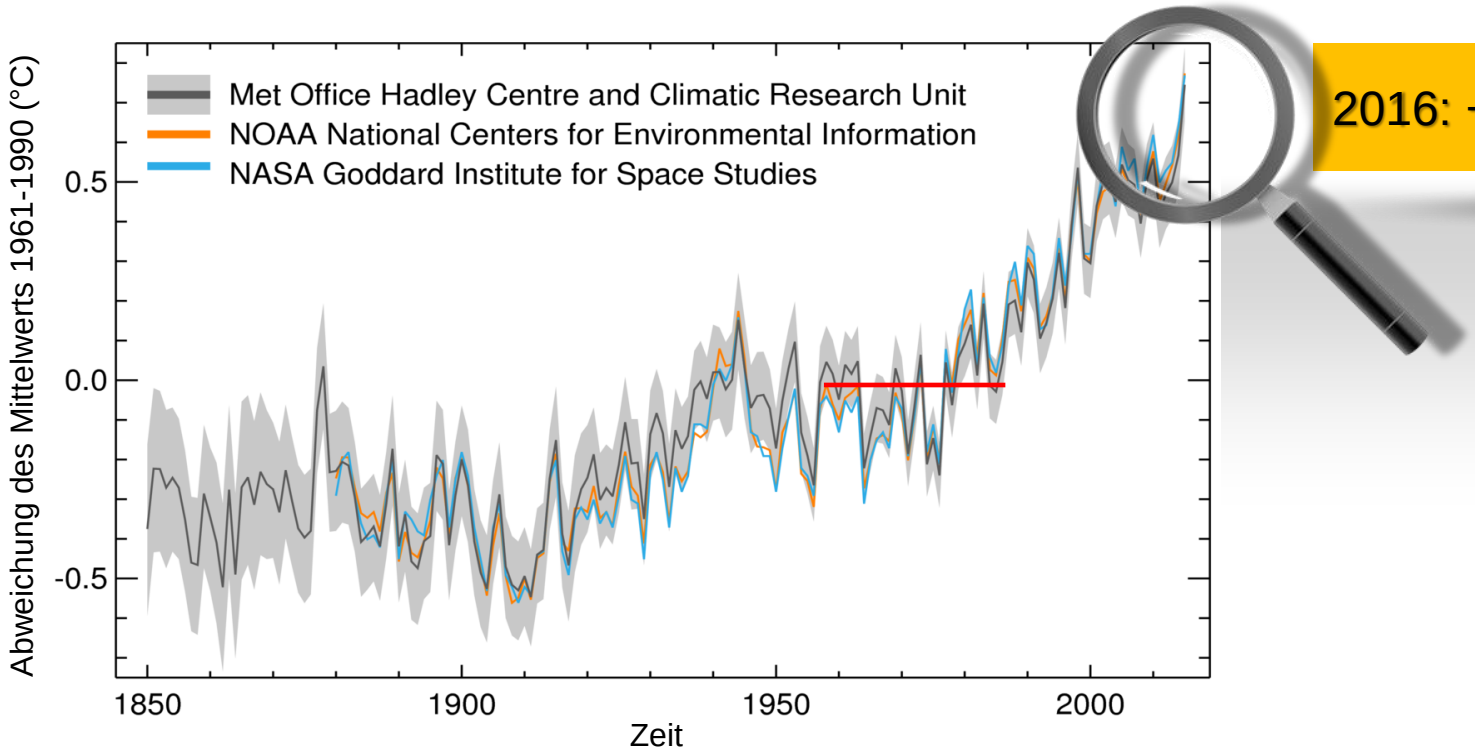
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Stadtklima, Planung und Klimawandel – Ein Überblick

1. Klima, Klimasystem und Klimawandel … eine Vorbemerkung
2. Kurzer Blick in die Klimavergangenheit
3. Kurzer Blick in die Klimazukunft
4. Stadtklima im Klimawandel mit Fokus auf die Temperatur
5. INKAS ein Baustein

Abweichungen der globalen Jahresmitteltemperatur

1850 bis 2015 von der Klimareferenzperiode 1961 bis 1990



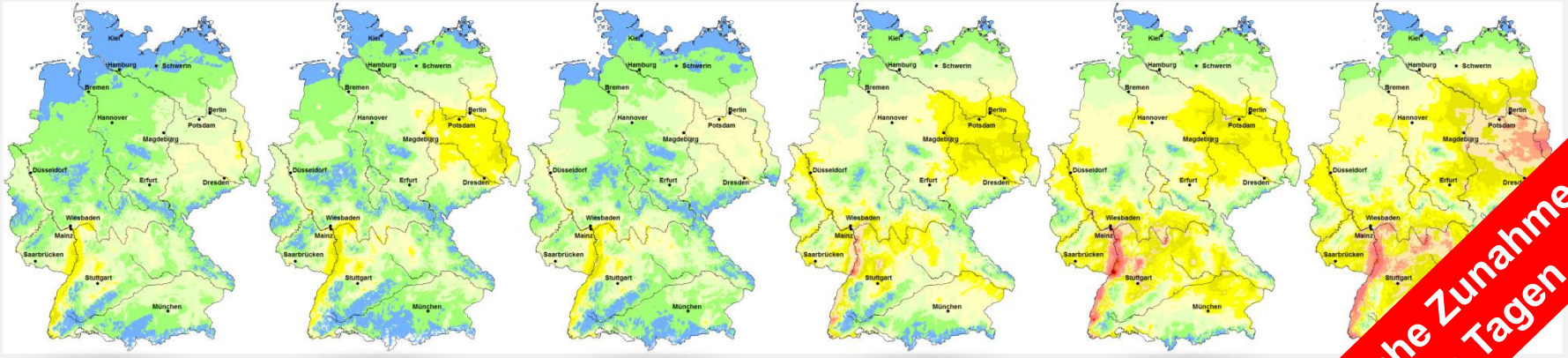
2016: +0.94 °C

"2016 war global das wärmste bisher beobachtete Jahr"

Quelle: WMO Press Release N° 2, 25 January 2016

Änderung der Anzahl heißer Tage

1956 - 1965	1966 - 1975	1976 - 1985	1986 - 1995	1996 - 2005	2006 - 2015

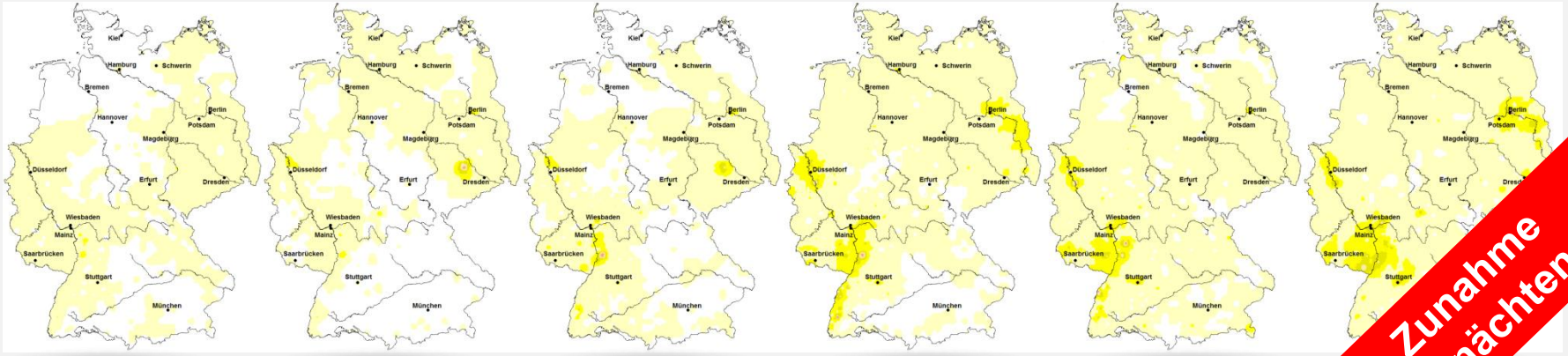


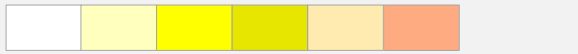
heißer Tag: $T_{max} \geq 30°C$

Bundesweite deutliche Zunahme der Zahl von heißen Tagen

Änderung der Anzahl von Tropennächten

1956 - 1965	1966 - 1975	1976 - 1985	1986 - 1995	1996 - 2005	2006 - 2015

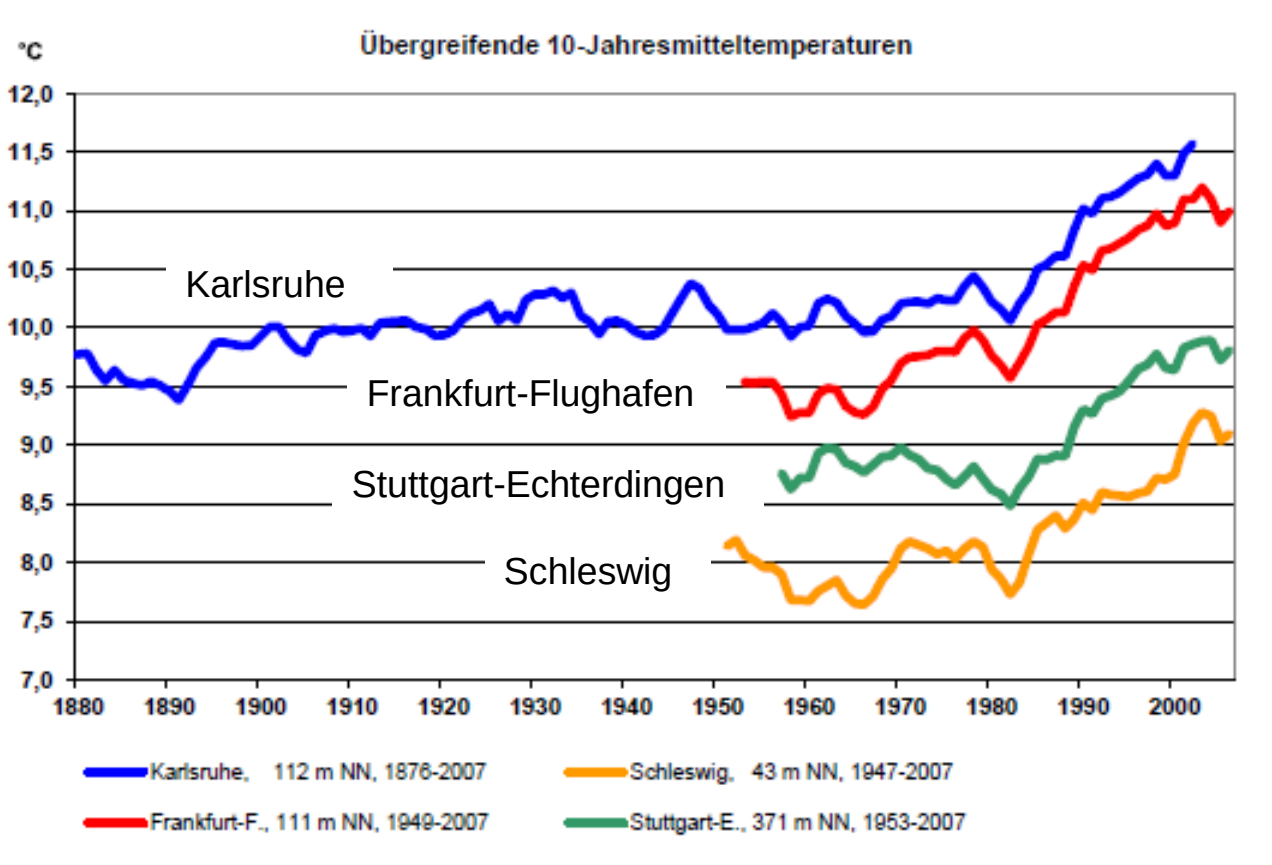




regional deutliche Zunahme der Zahl von Tropennächten

Tropennacht: $T_{min} \geq 20°C$

Lufttemperatur in einigen deutschen Städten



heute

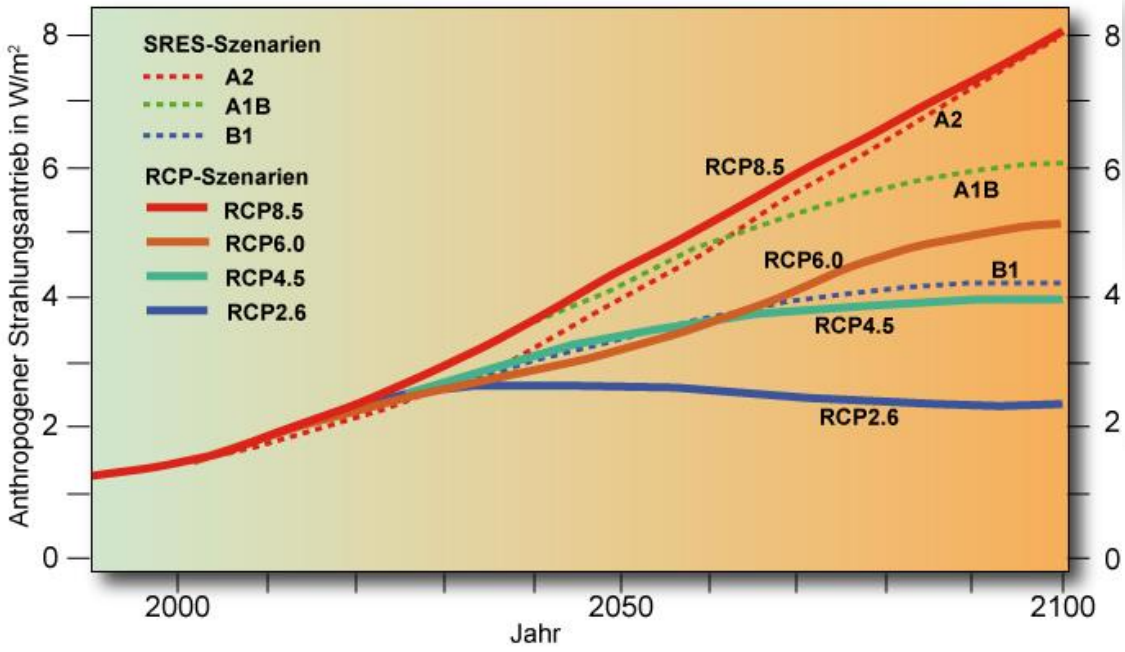
- ist es in Frankfurt im Jahresmittel 1,5 K wärmer als vor 50 Jahren
- ist es in Schleswig wärmer als früher im 750 km südlicher gelegenen Stuttgart

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Stadtklima, Planung und Klimawandel – Ein Überblick

1. Klima, Klimasystem und Klimawandel … eine Vorbemerkung
2. Kurzer Blick in die Klimavergangenheit
3. Kurzer Blick in die Klimazukunft
4. Stadtklima im Klimawandel mit Fokus auf die Temperatur
5. INKAS ein Baustein

Die künftigen CO_2-Emissionen sind entscheidend

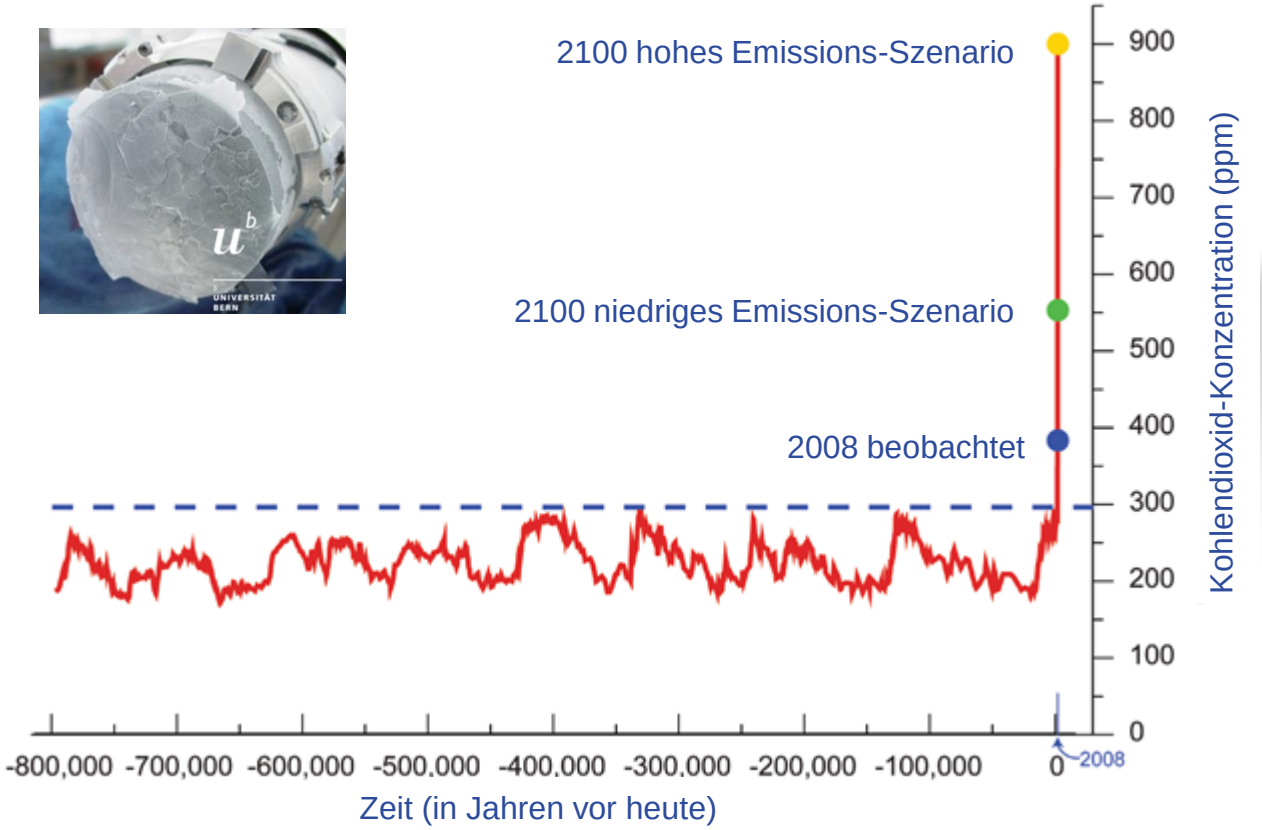


Emissionsszenarien beschreiben – die CO_2-äquivalent Emissionen fü verschiedene mögliche Variant der zukünftigen gesellschaftl und wirtschaftliche Entwicklung

2°C Ziel nur durch RCP 2.6 zu realisieren dazu nötig: negative Emissionen

ie:http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/

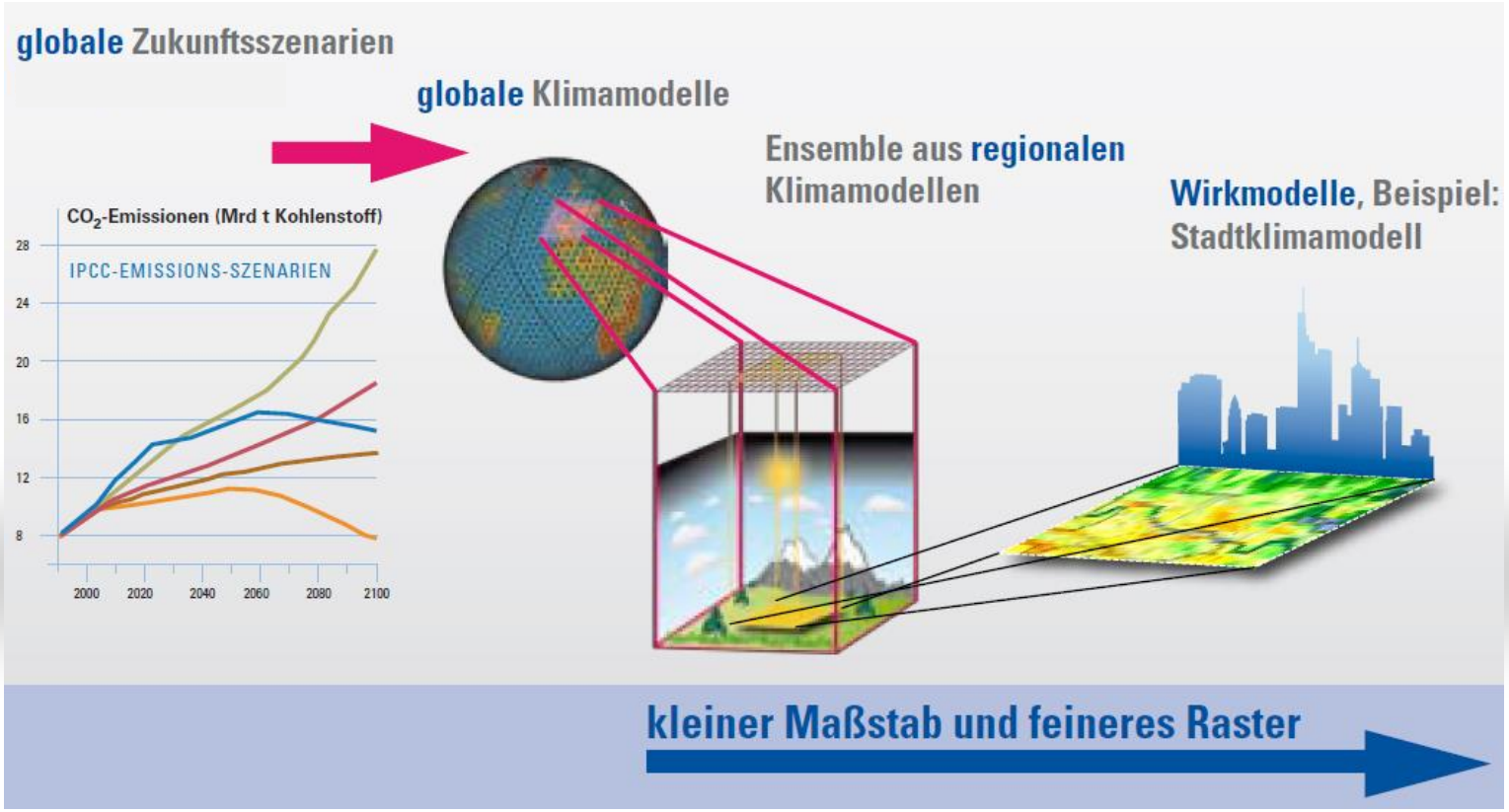
Entwicklung der atm. CO_2-Konzentration



"Die atmosphärischen Konzentrationen von CO_2, CH_4 und N_2O erreichen heute Werte, die in den vergangenen 800.000 Jahren nicht beobachtet wurden"

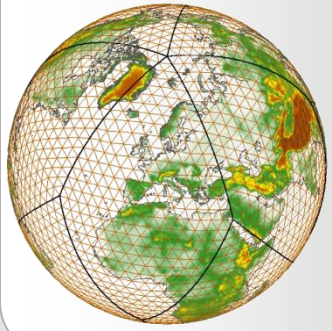
Quelle: Lüthi et al., Tans, IIASA

Prognosen für die Zukunft - Klimaprojektionen



Quelle: Deutscher Wetterdienst

Globale Modelle



HadCM 3Q0	HadCM 3Q16	HadCM 3Q3	BCM	ECHAM5 r3	ECHAM5 r2	ECHAM5 r1	ARPEGE

Regionale Modelle

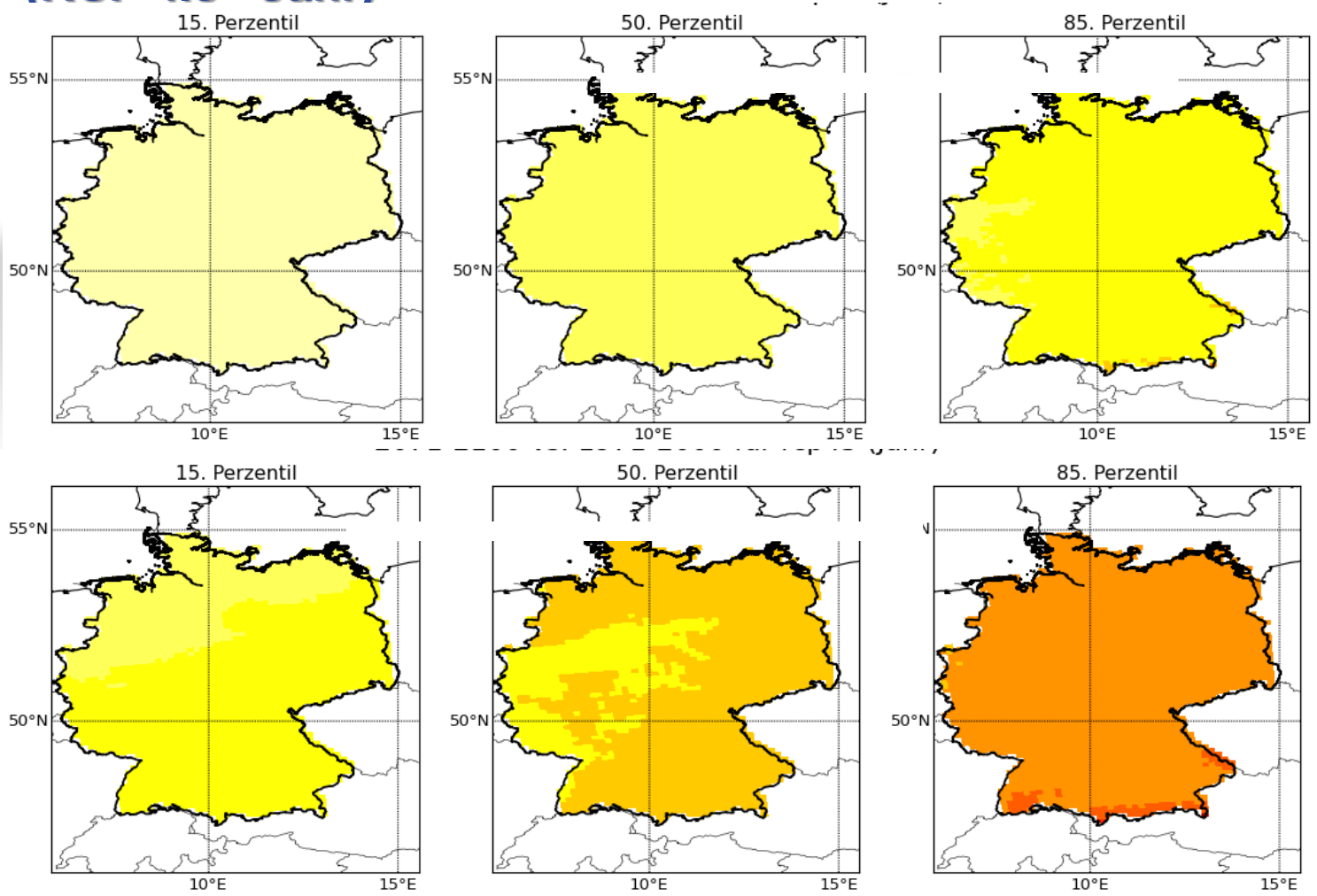
CLM	HadRM 3Q16					CLM	Hirham 5
HadRM 3Q0	C4 RCA3	RCA	5	3		REMO	RM 5.1
				Racmo 2		Hirham 5	
				REMO			

→ kein bester oder wahrscheinlichster Modelllauf

→ komplette Bandbreite der Simulationen abgedeckt

19 Modellkombinationen

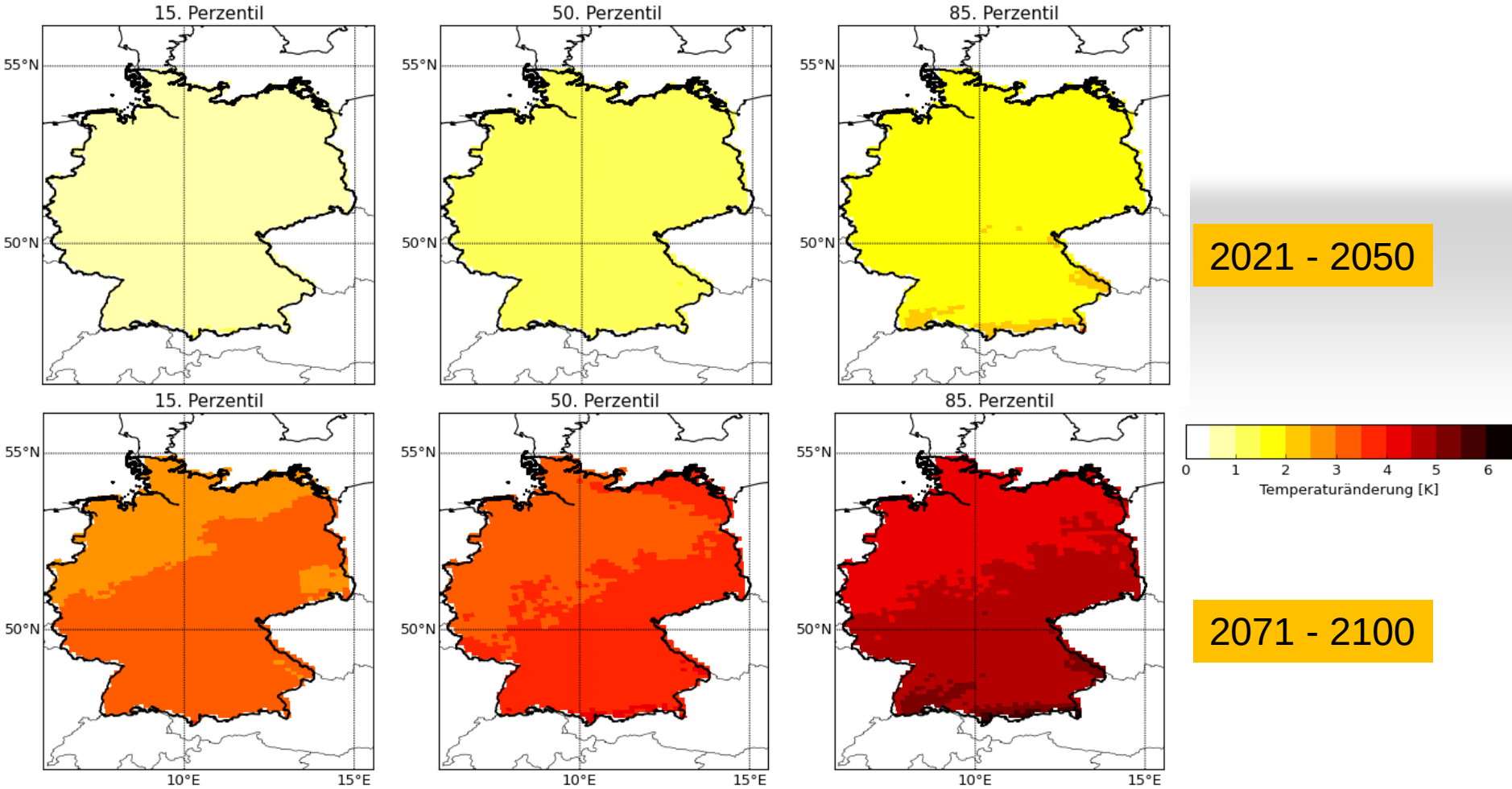
Bandbreite der wahrscheinlichsten Lufttemperaturänderungen (RCP 4.5 - Jahr)



2021 - 2050

2071 - 2100

Bandbreite der wahrscheinlichsten Lufttemperaturänderungen (RCP 8.5 - Jahr)



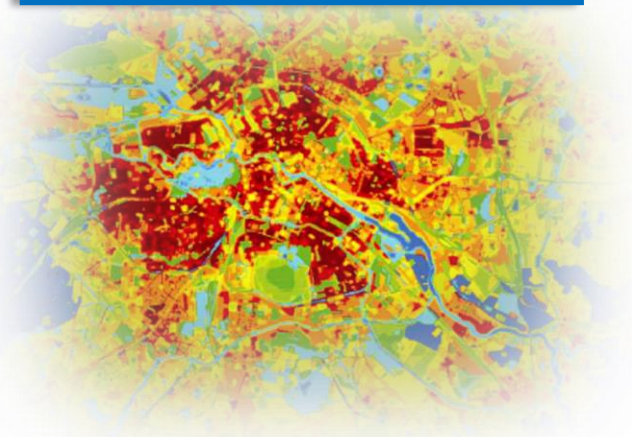
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

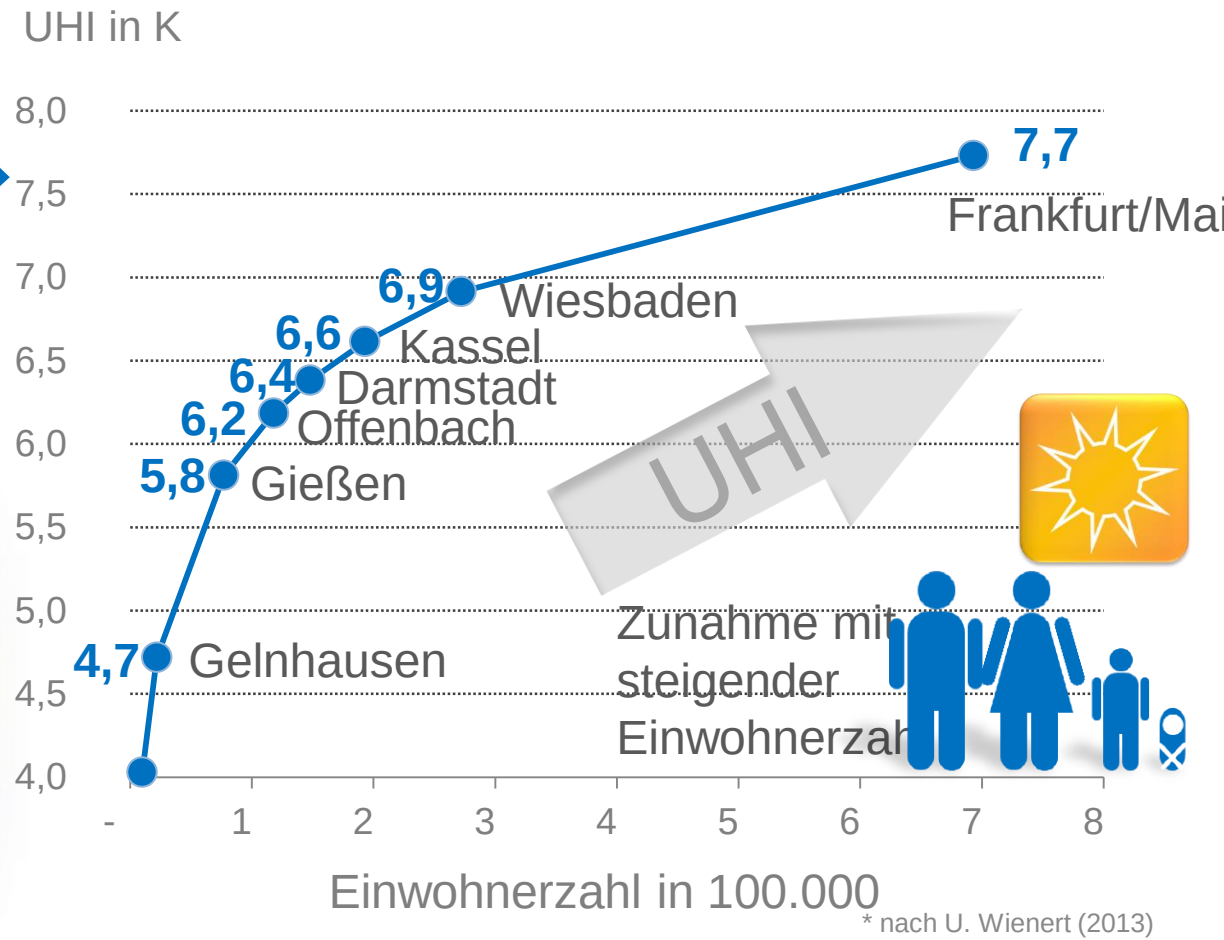
Stadtklima, Planung und Klimawandel – Ein Überblick

1. Klima, Klimasystem und Klimawandel … eine Vorbemerkung
2. Kurzer Blick in die Klimavergangenheit
3. Kurzer Blick in die Klimazukunft
4. Stadtklima im Klimawandel mit Fokus auf die Temperatur
5. INKAS ein Baustein

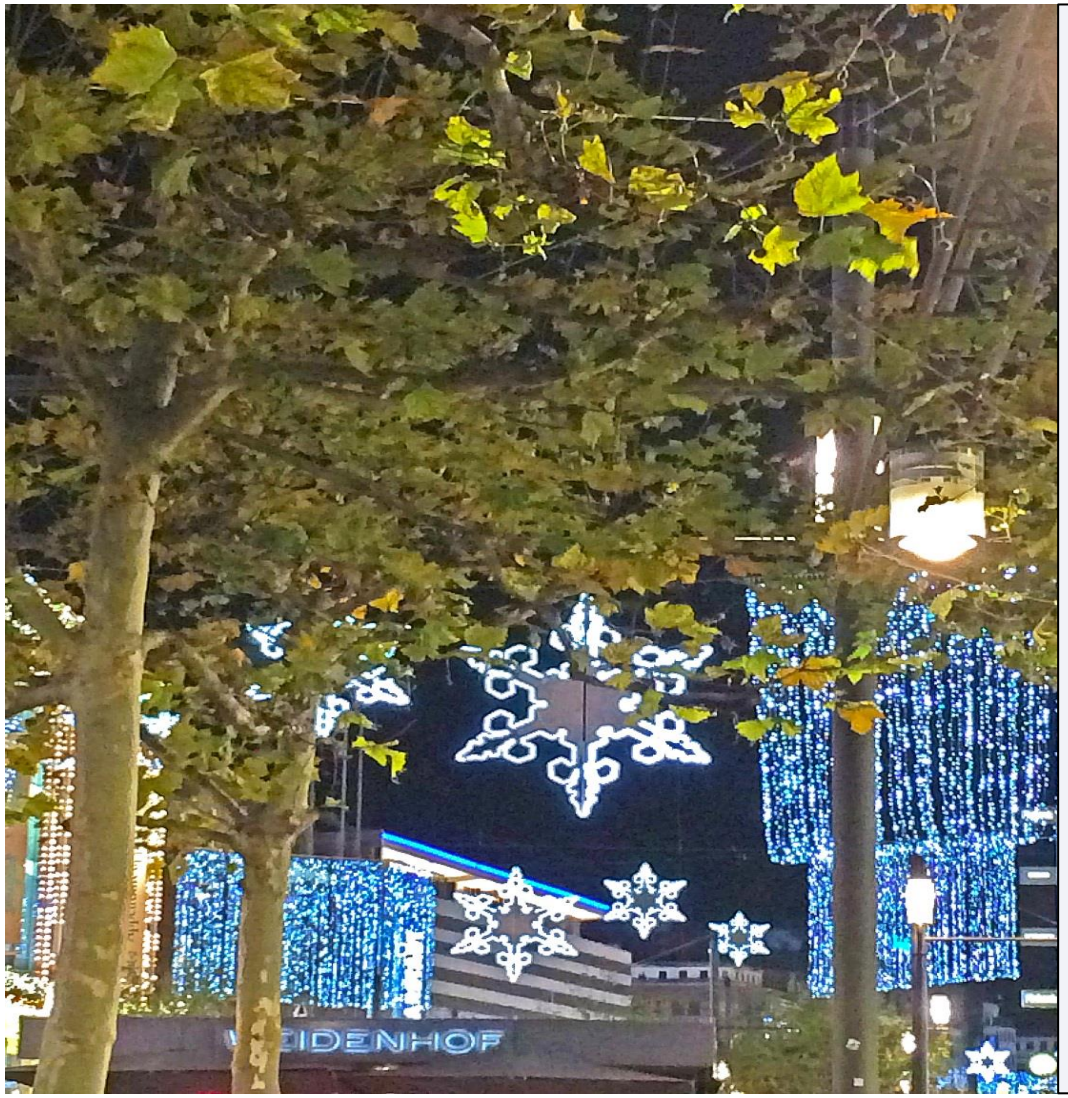
Empirischer städtischer Wärmeinselindex = UHI

Bei geringer Windgeschwindigkeit und Bewölkung reduziert sich die Abhängigkeit auf die Einwohnerzahl und der UHI erreicht folgende Maximalwerte*

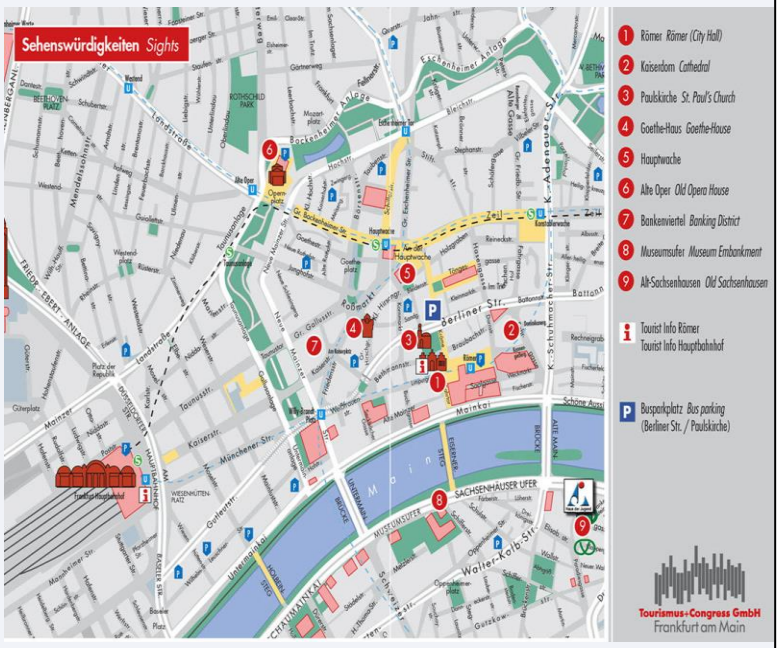




* nach U. Wienert (2013)



Frankfurt
Innenstadt (Zeil)
Ende Dezember 2015



Ursachen der städtischen Wärmeinsel

Vergleich Stadt - Umland

Höhere Wärmespeicherung durch versiegelte, bebaute Flächen und dunkle Farben (Strahlungsabsorption)

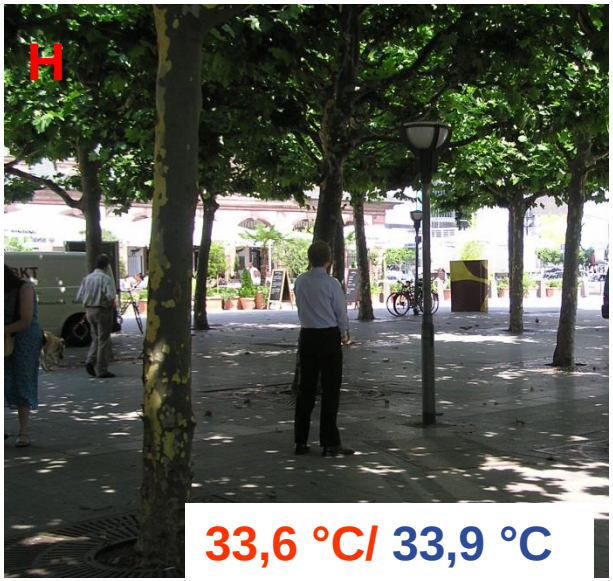
Geringere Verdunstung (= geringere Abkühlung) durch hohen Niederschlagsabfluss bei hohem Versiegelungsgrad

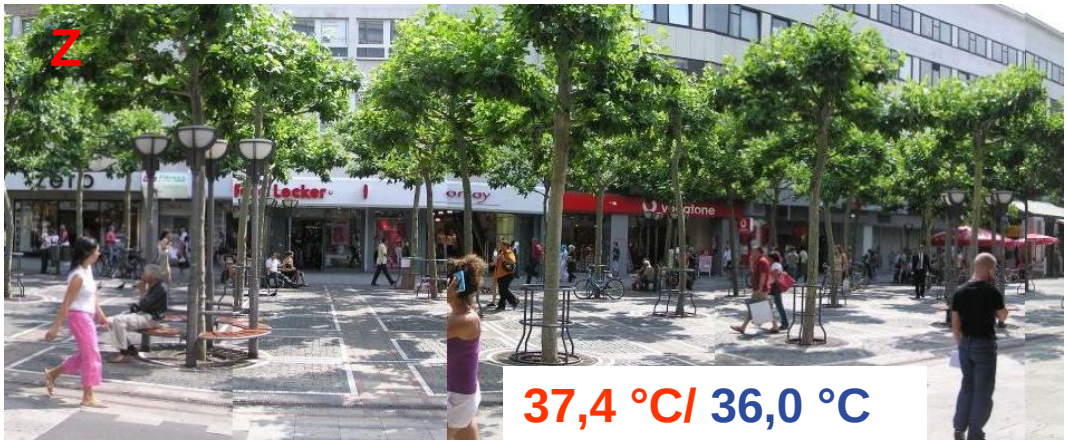
In Städten steigt die Lufttemperatur im Sommer um 0,3 – 0,4 K je 10% zusätzlichem Versiegelungsgrad

Wirkung der Bepflanzung von Fußgängerzonen

Frankfurt am Main:
Roßmarkt/ Hauptwache/ Zeil im Vergleich
Messungen am 20.07.06 nachmittags,
wärmster Tag im Sommer 2006

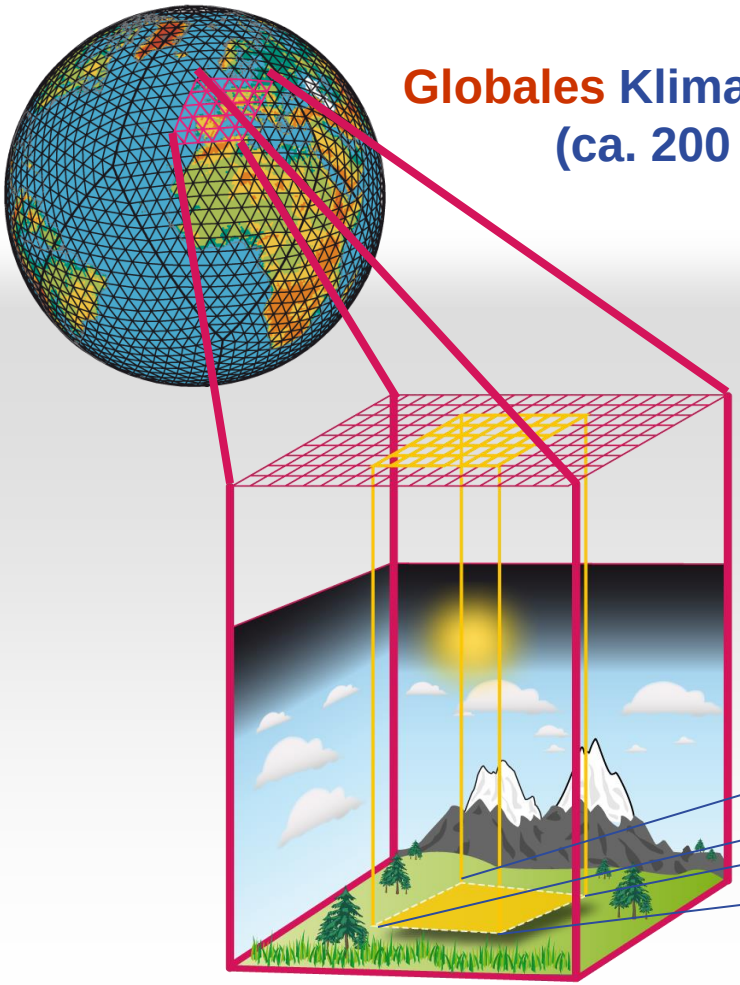
Gefühlte Temperatur/
Lufttemperatur





Fotos: DWD

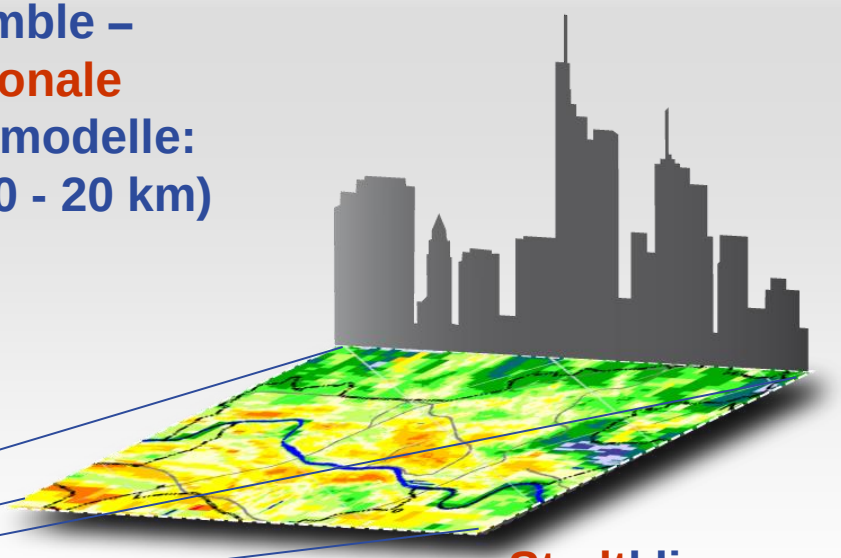
Vom globalen zum lokalen Klimamodell



Globales Klimamodell (ca. 200 km)

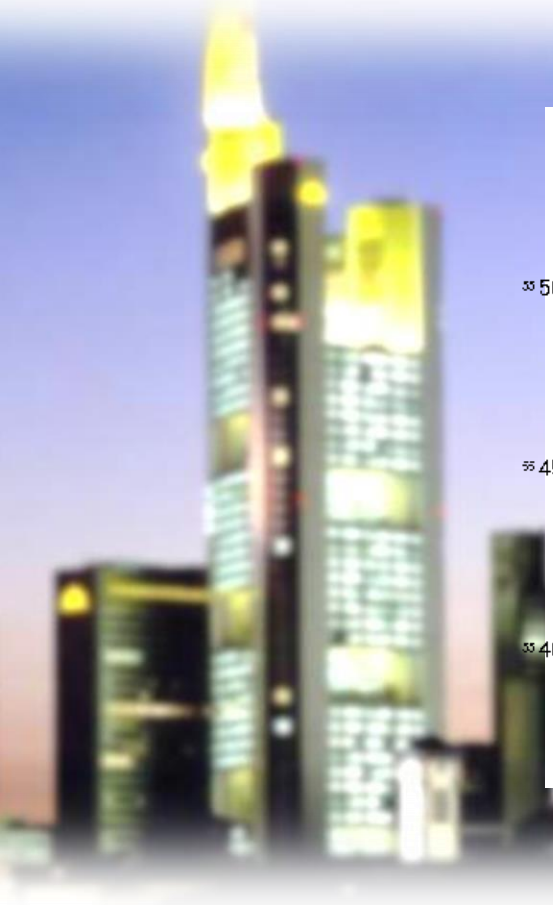
Modelle ermöglichen den Vergleich zwischen Ist- und Plan-Zustand, Vergangenheit und Zukunft

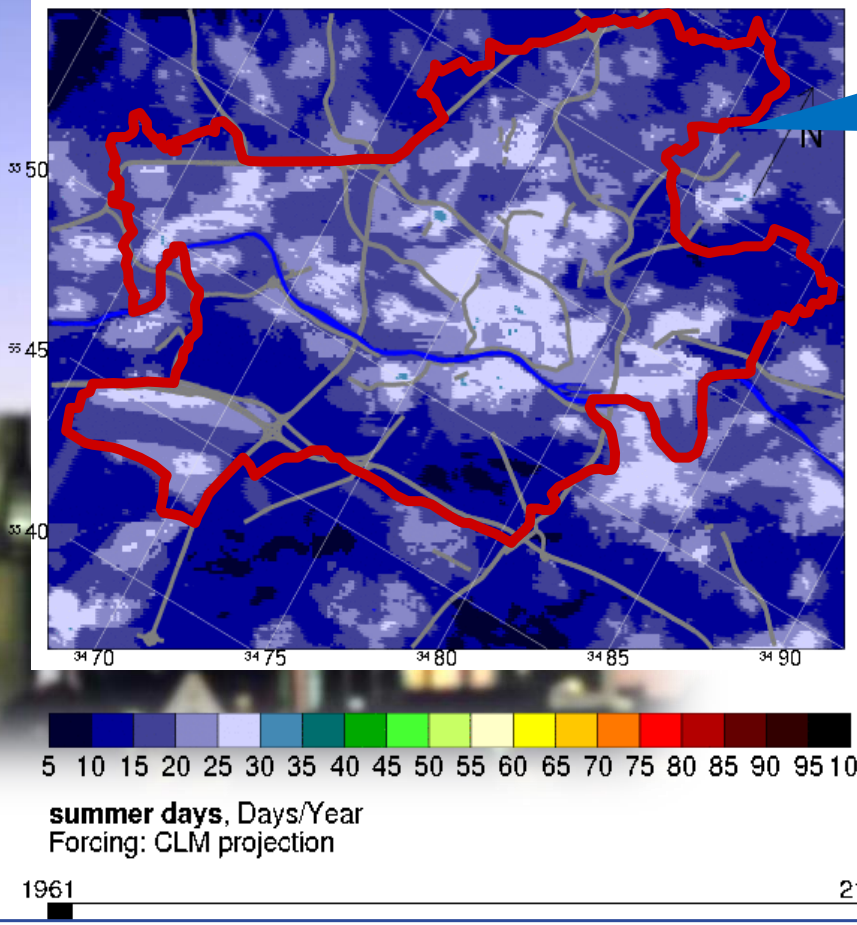
Ensemble – 4 regionale Klimamodelle: (ca. 10 - 20 km)



Stadtklimamodell (ca. 50–100 m)

Klimawandel – Städte sind betroffen





SOMMERTAGE
Frankfurt am Main

Entwicklung von
1961 – 2100

Wirkmodell
MUKLIMO_3
Antrieb durch
CLM (A1B)

Quelle: Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klima- und Umweltberatung

Stand 09/2011

Reduzierung der städtischen Überwärmung

Grünflächen
- Parkgröße und Verteilung
- Baumbedeckung
- Bodenfeuchte

Wasserflächen
- Größe und Verteilung
- Wassertemperatur

Bebauungsstrukturen
- Gebäudehöhe
- Geb.grundflächenanteil
- Versiegelungsgrad zw. Gebäuden
- Gebäudeform

Oberflächen- und Materialeigenschaften
- Albedo
- Wärmeleitfähigkeit
- Dachbegrünung

©Deutscher Wetterdienst, 2014

Stadtklima, Planung und Klimawandel – Ein Überblick

1. Klima, Klimasystem und Klimawandel … eine Vorbemerkung
2. Kurzer Blick in die Klimavergangenheit
3. Kurzer Blick in die Klimazukunft
4. Stadtklima im Klimawandel mit Fokus auf die Temperatur
5. INKAS ein Baustein

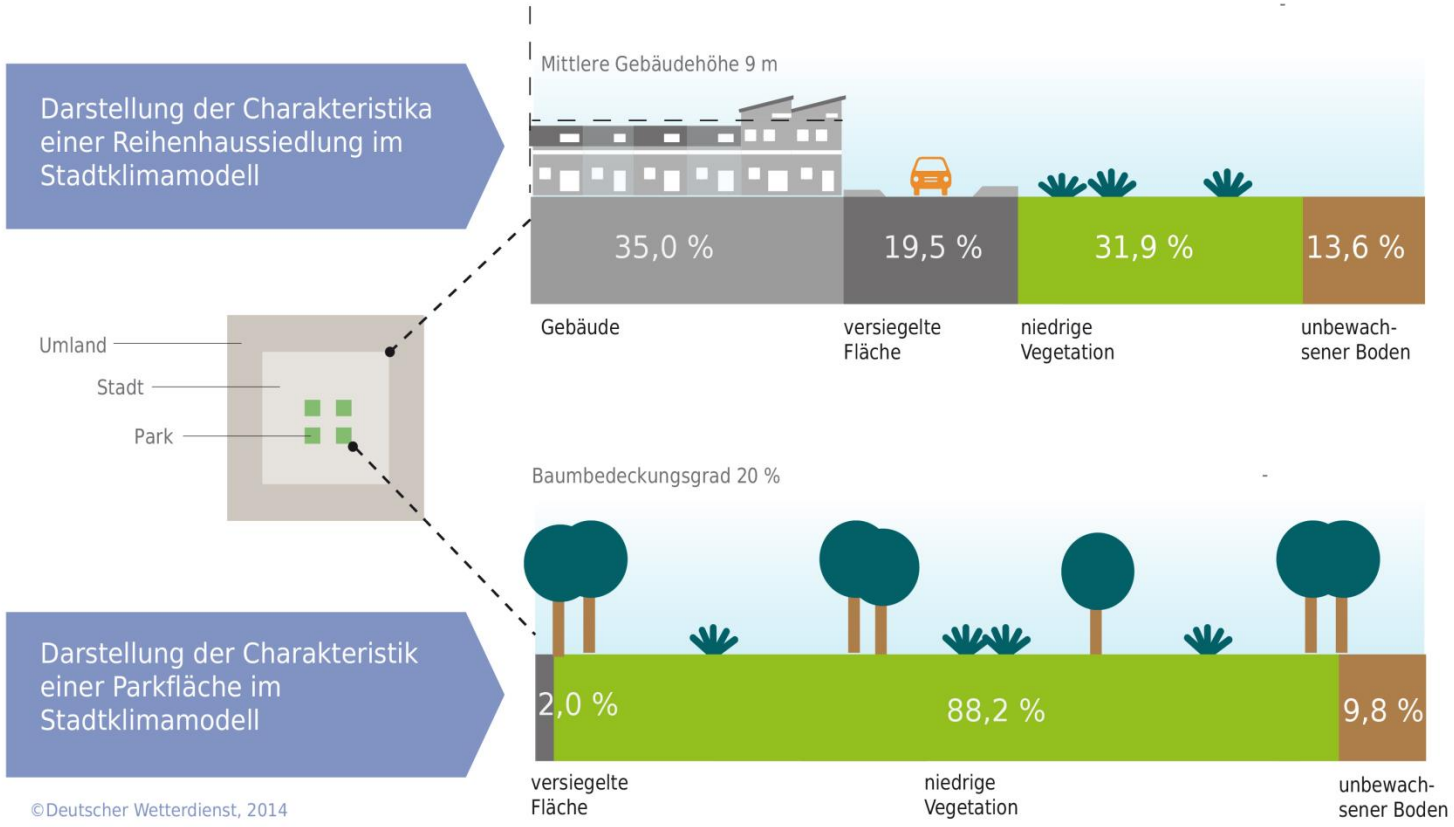
Internetbasierte Beratungsleistungen

Klimaainformationsportal für die Stadt- und Raumplanung

Anwendung von INKAS bei der Entwicklung und dem Vergleich von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (WWW.DWD.de/inkas)

Idealisierte Stadt

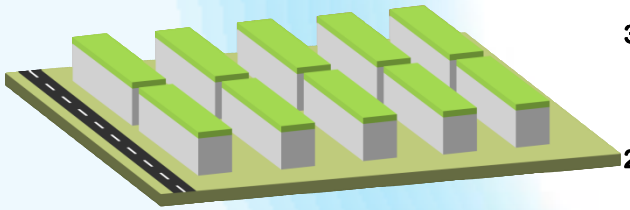
Schematische Darstellung des Modellgebietes für eine idealisierte Stadt der Fläche von 100 km² und vier gleich großen, über die Stadt verteilten Parkflächen.

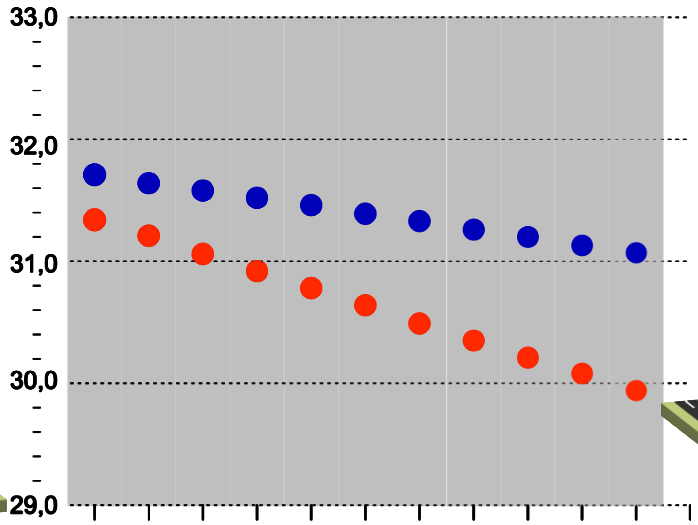


Erhöhung der Dachbegrünung

ZEILENBEBAUUNG

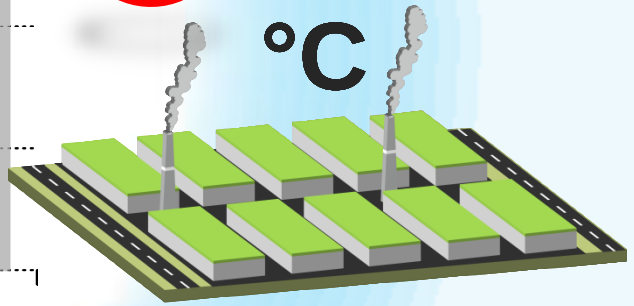
ΔT_{MAX} [redacted] °C





INDUSTRIE

ΔT_{MAX} [redacted] °C



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 %

Flächenanteil der Dachbegrünung

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Vielen Dank.

Dipl.-Met. Johann-Dirk Hessel
Leiter Zentrales Klimabüro Offenbach

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach

Tel. 069/8062-2966
johann-dirk.hessel@dwd.de
Klima.offenbach@dwd.de