

A composite image showing a city skyline (likely New York City) in the background. The foreground is split: the left side shows a cracked, dry, brownish field, while the right side shows a lush, green field. The sky is a mix of orange and blue, suggesting a sunset or sunrise.

Urbane Räume im Klimawandel

Andere Stadt...andere Fragen....????

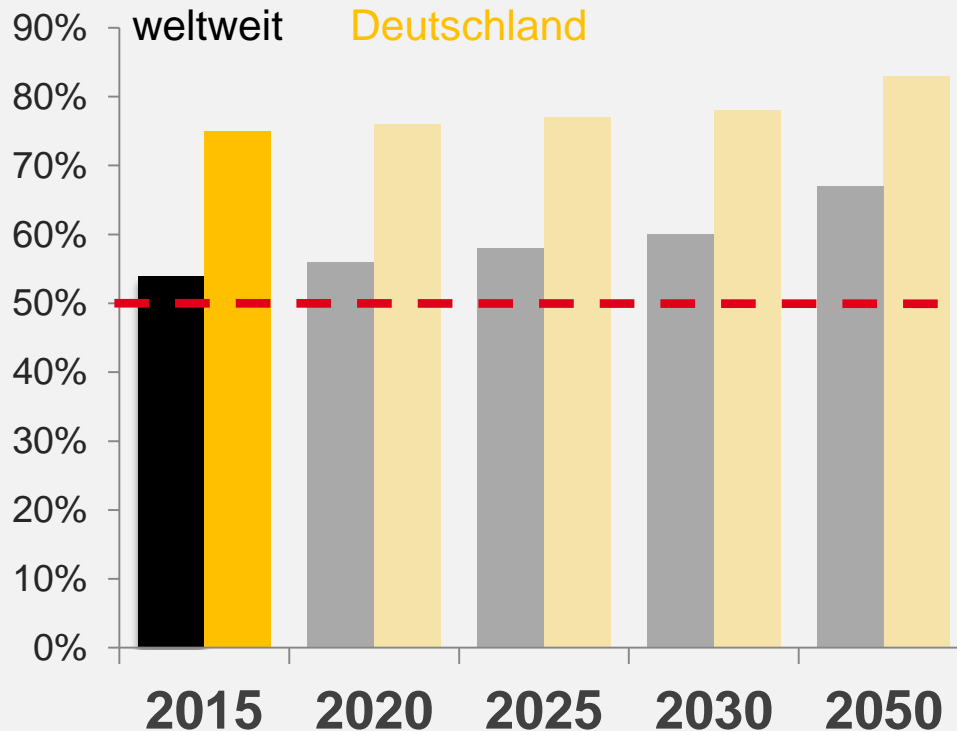
Gudrun Mühlbacher

Leiterin der Niederlassung München des
Deutschen Wetterdienstes

Vortrag DMG München am 24.11.2017

Herausforderungen für Städte

Stadtbevölkerung



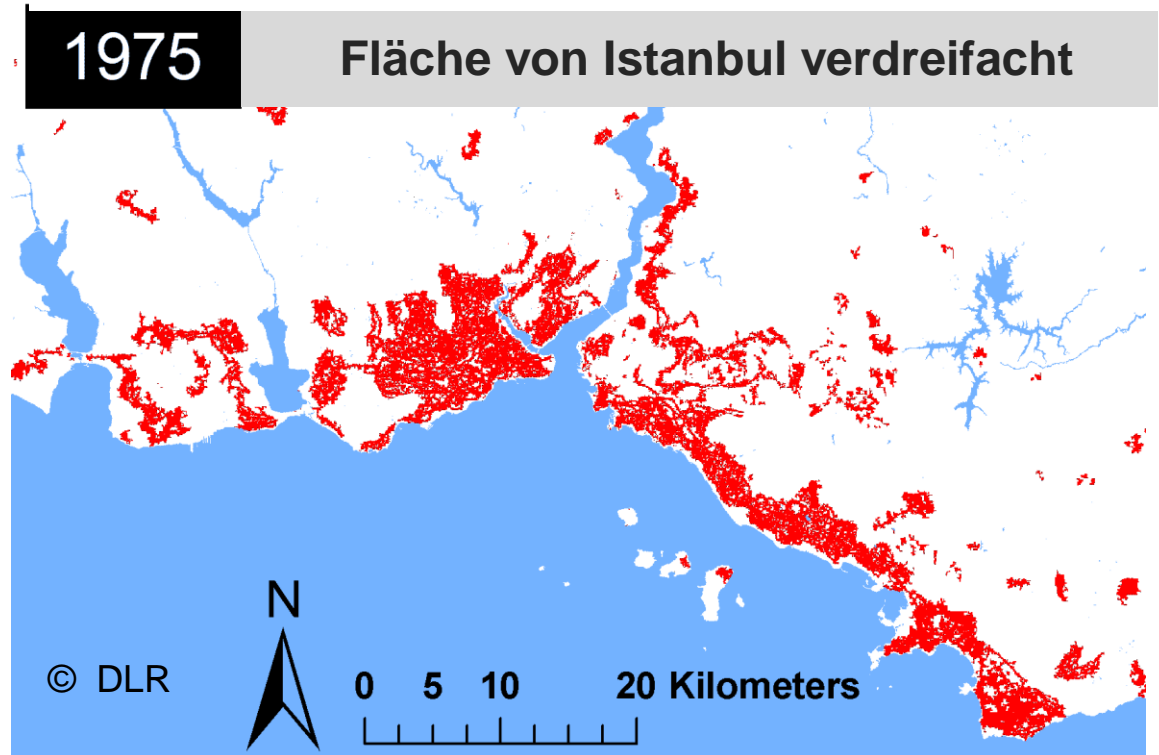
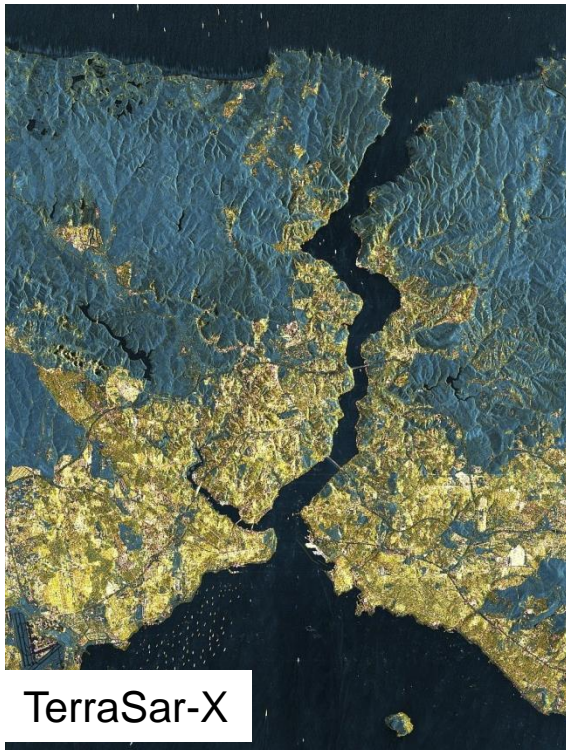
Source: Statista 2017 & Bundesamt für Statistik, IW Köln

Mehr als **50 %** lebt in Städten
Trend: ansteigend



Monitoring von Topographie und Morphologie der Stadt

Beispiel: Istanbul - Flächenfraß einer Metropole

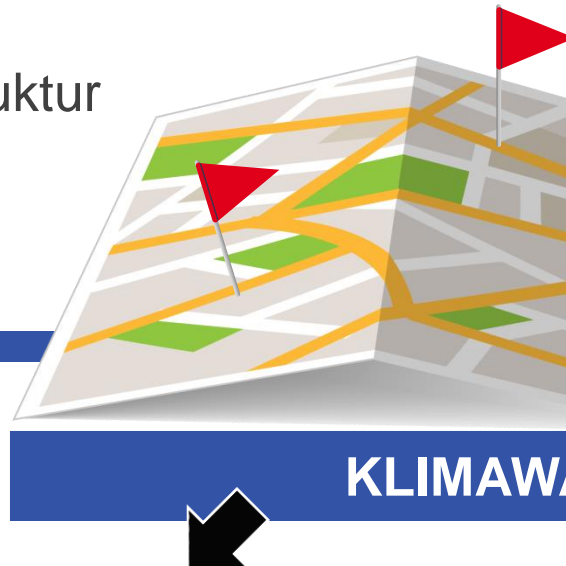


Herausforderungen

 Demografischer Wandel

 Infrastruktur

2017



KLIMASCHUTZ

”

*Die
Bürgermeister
großer Städte
sind Helden und
Problemlöser
unserer Zeit!*

eins-

2100

”

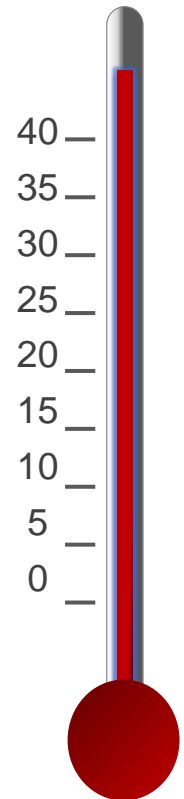
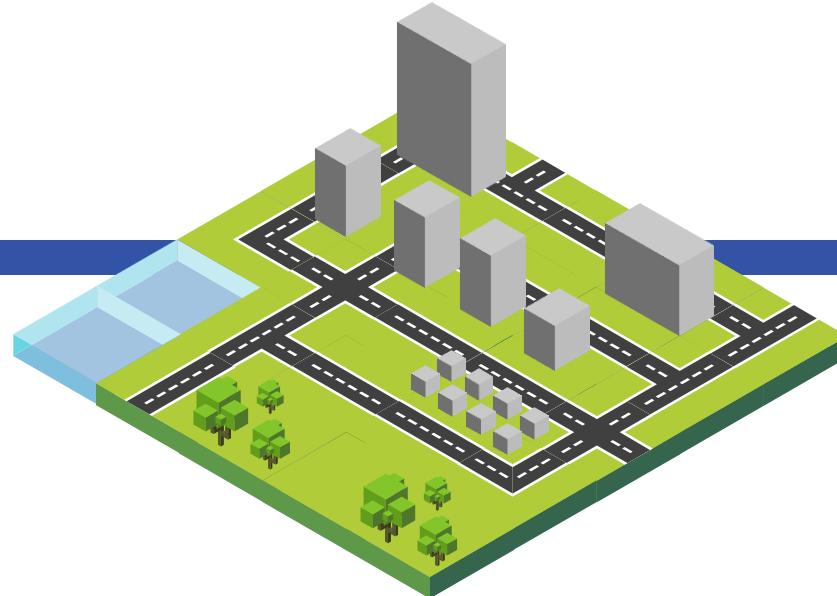
Quelle: Spiegel Nr. 40, 30.09.2013

Städte haben ihr eigenes Klima

Wind

Regen

Temperatur



LOWRY (1977) – Konzeptionelles Modell

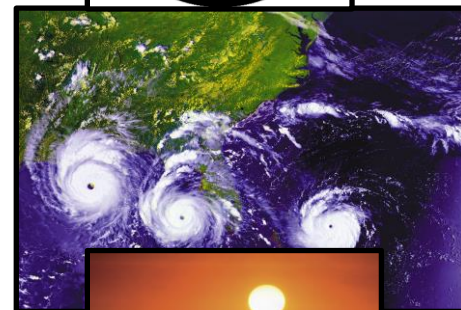
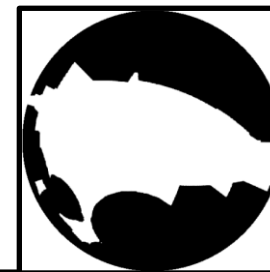
$$M_{i,t,x} = C_{i,t,x} + L_{i,t,x} + U_{i,t,x}$$

$M_{i,t,x}$: Messwert oder berechneter Wert einer meteorologischen oder lufthygienischen Größe
bei der Wetterlage i zur Zeit t am Ort x in der Stadt

$C_{i,t,x}$: Regionalklima-Anteil
großräumiges Wetter, großr. Witterung, großr. Klima, lufthygienische Hintergrundbelastung
bei der Wetterlage i zur Zeit t am Ort x in der Stadt

$L_{i,t,x}$: Lokalklima-Anteil
Einflüsse durch die natürliche, d.h. nicht urbane, Bodenbedeckung und durch die topogr. Verhältn.
bei der Wetterlage i zur Zeit t am Ort x in der Stadt

$U_{i,t,x}$: Stadtklima-Anteil
Einflüsse durch die eigentliche Urbanisierung
bei der Wetterlage i zur Zeit t am Ort x in der Stadt



Phänomene und Prozesse in Städten hängen ab:
- vom **aktuellem Wetter, Zeit und Bereich** in der Stadt

Was muss man Wissen?

Identifizierung von Risikofaktoren

Hochwasser

Hitze

Luftqualität

Topographie und Morphologie der Stadt

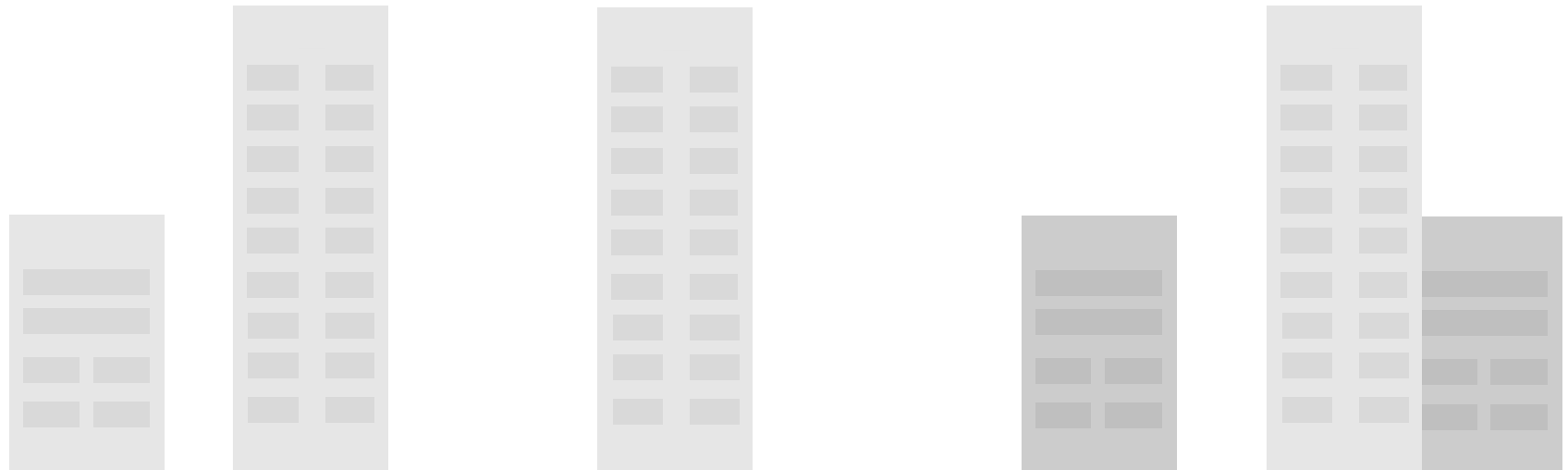
Zeitliche Veränderung der Stadt

Zeitliche Veränderung des regionalen und urbanen Klimas

Wirksamkeitsprüfung für Anpassungsmaßnahmen



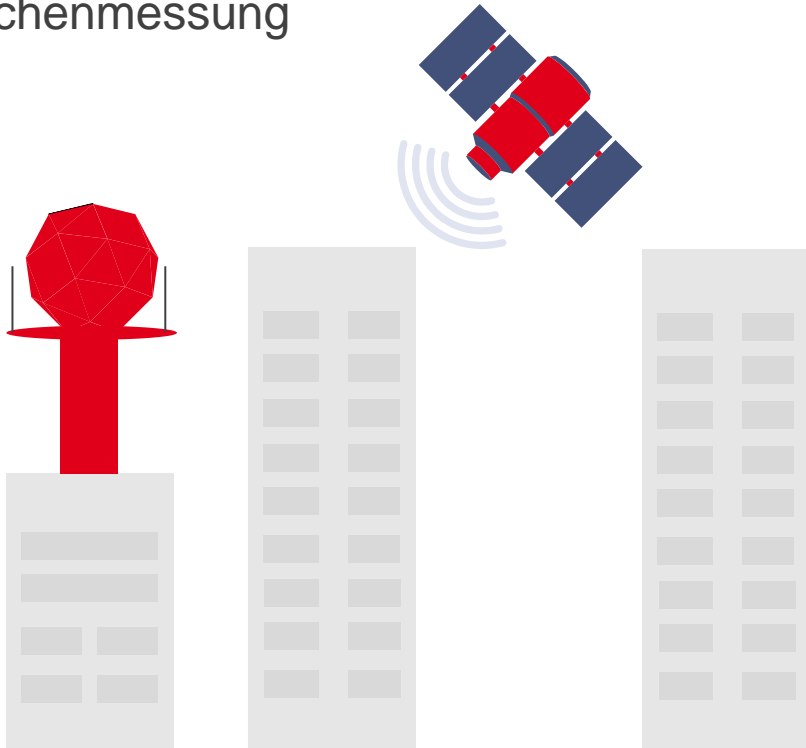
Messinstrumente für das Stadtklima



Messinstrumente für das Stadtklima

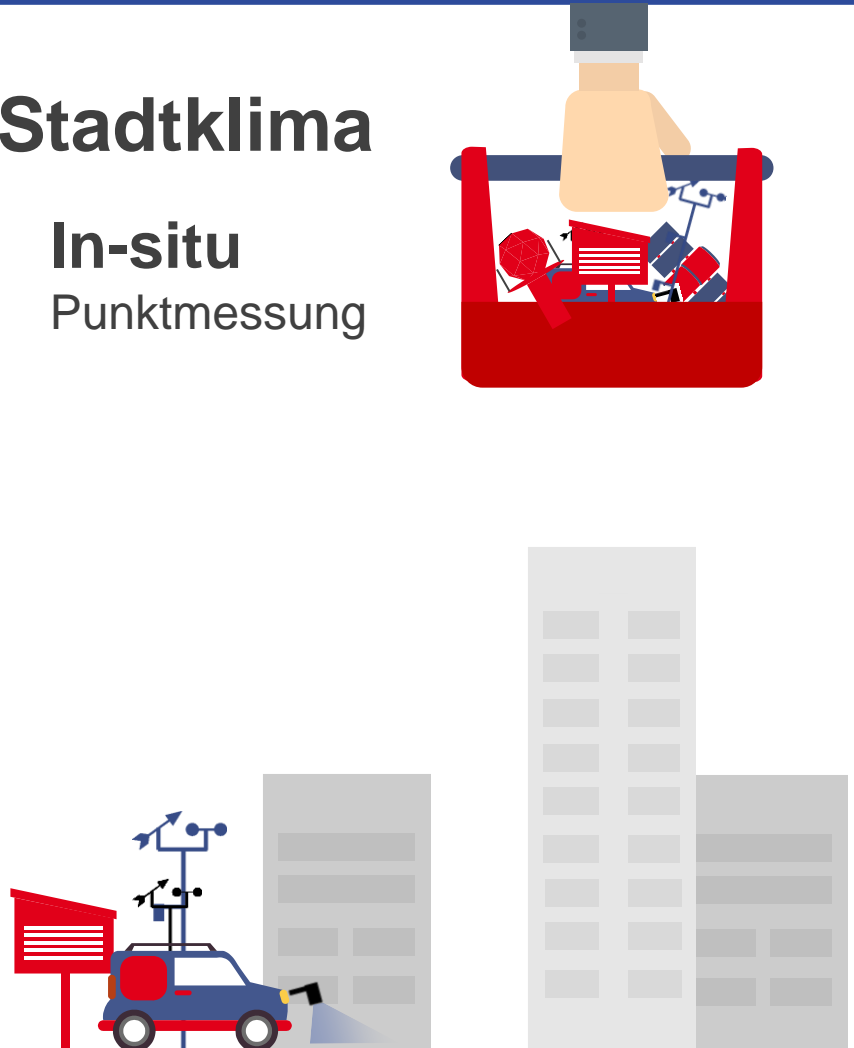
Fernerkundung

Flächenmessung



In-situ

Punktmessung



Laufende und abgeschlossene Stadtklimaprojekte (Auszug)

München



Frankfurt/Main und Offenbach



Halle



Köln



Stuttgart



Verschiedene Städte...verschiedene Fragen...???



Pilotprojekt, Start 2007
Untersuchung der zukünftigen Wärmebelastung
Ziel: detailgenaue Modellierung der unterschiedlichen städtischen Bebauungsstrukturen innerhalb der Stadtgebiete



Hitze



Untersuchung der zukünftigen Wärmebelastung/Stadtbelüftung unter dem Einfluss eines regionalen Gebirgswindsystems (Alpines Pumpen)
Ziel: Simulation der stadtklimatisch wichtigen Gebirgswinde als Eingangsdaten für das Stadtklimamodell



Hitze



Luftqualität



Untersuchung der zukünftigen Wärmebelastung in Verbindung mit dem demographischen Wandel
Ziel: wetterlagenbezogene Klimatologie der Wärmeinseleffekte und Modellrechnungen zur thermischen Belastung von Fahrgästen



Hitze



Untersuchung der zukünftigen Wärmebelastung und von Starkniederschlägen
Ziel: Identifikation von Wärmebelastungszonen und Auswertung sommerlicher Starkniederschlagsereignisse



Hitze



Hochwasser



Untersuchung der zukünftigen physiologisch relevanten Wärmebelastung auf Basis der „Gefühlten“ Temperatur
Ziel: detailgenaue Modellierung der „Gefühlten Temperatur“ unter Berücksichtigung der städtischen Bebauung und Topographie



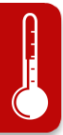
Hitze

Eine Frage...viele Antworten?



Hitze

Quelle: dpa



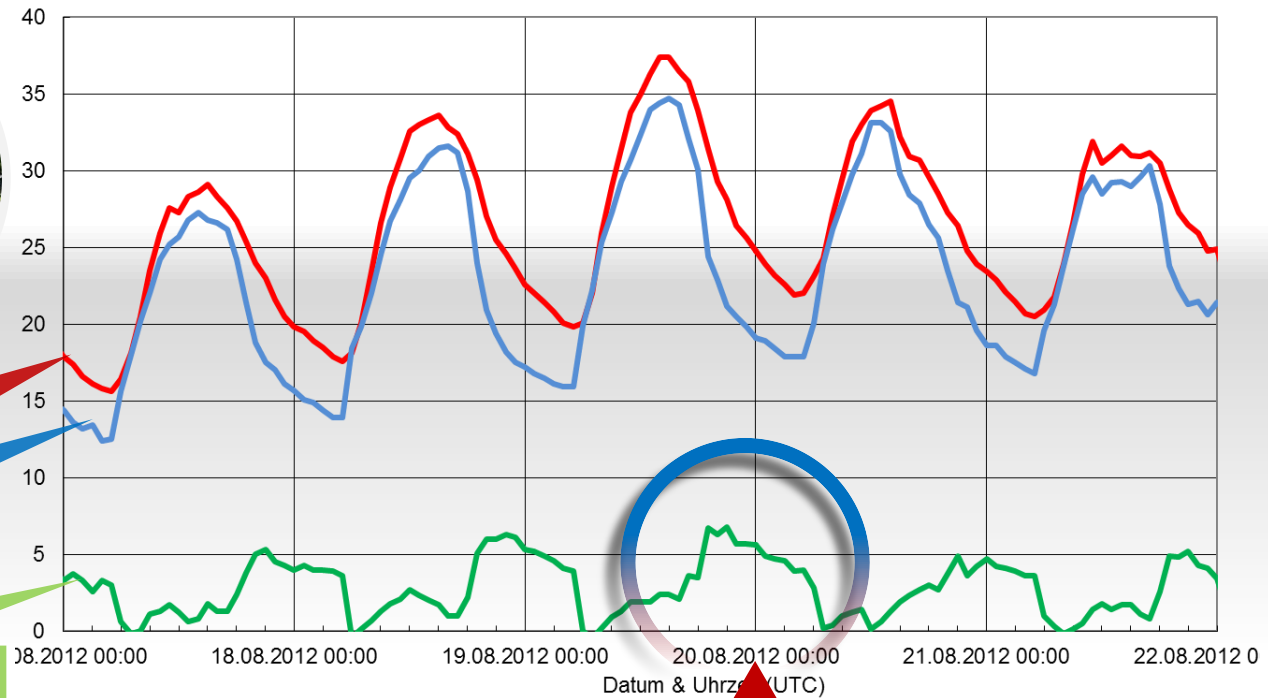
Die Wärmeinsel: Beispiel Offenbach

Temperaturmessungen des DWD in der Innenstadt und im Umland im August 2012

Quelle: Stadt Offenbach



Lufttemperatur °C und Temperaturdifferenz in K



City, dichte Bebauung

Umland, Freifläche

Temperaturdifferenz

Temperaturdifferenz:
bis 7 Kelvin

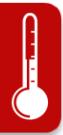




Maßnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung



- Bebauungsstrukturen verändern (s. virtuelle Stadt)
- helle und reflektierende Oberflächen



Maßnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung

- mehr Dach- und Fassadenbegrünung
- mehr Schatten (Bäume, Alleen, Arkaden)





Maßnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung

Beispiele: Dach- und Fassadenbegrünung



www.8bier.com/green-roof-house-meera-house

Meera House 1, Australia



www.greenroofs.com

Fukuoka Prefectural
International Hall, Japan



www.treehugger.com

Center for Urban Agriculture
Mithun Architects' Vertical Farm for Seattle



Maßnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung

- Frischluftschneisen regional planen und ausbauen
- Vernetzung von Grünflächen und Grünflächenanteil erhöhen
- Vermeidung sekundärer Wärmequellen, z.B. bessere Wärmeisolation und natürliche Belüftung von Gebäuden statt Klimaanlage





Maßnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung

Beispiel: Renaturierung in Seoul (Südkorea)



Vorher:

Fluss im Stadtzentrum befindet sich unter Hauptverkehrsader



Renaturierung:

Fluss freigelegt und beidseitig begrünt; Verkehr reduziert, neue U-Bahn gebaut und Buslinien verstärkt

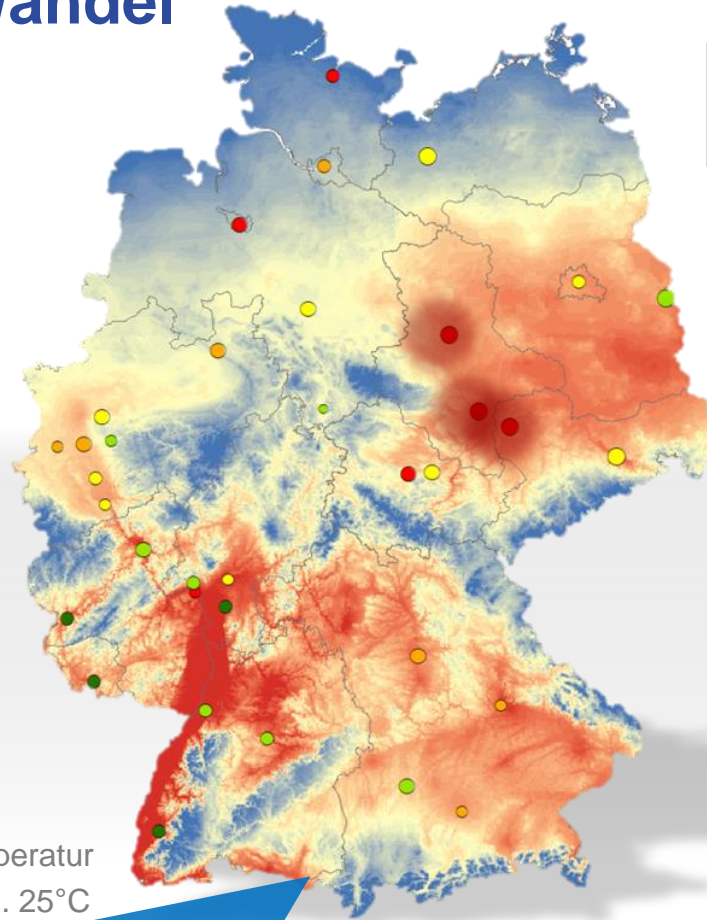
Anpassungsmaßnahmen an Starkniederschläge



- mehr Verdunstung ermöglichen und weniger Abfluss in die Kanalisation, wie z.B. durch
 - mehr Dachbegrünung
 - weniger versiegelte Flächen
 - mehr Rückhaltebecken
- Anpassung der Kanalnetzbemessung



Risikoverteilung Wärmebelastung und Demographischer Wandel



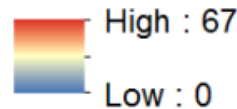
Grünflächenanteil in den Städten (%)

- kein Wert
- 0 - 11
- 12 - 18
- 19 - 27
- 28 - 37
- 38 - 56

Demographie (Altersstruktur), Bevölkerung über 65 Jahre (%)

- kein Wert
- 0,0 – 18,0
- 18,1 – 20,0
- 20,1 – 22,0
- 22,1 – 24,8

Zahl der Sommertage, 1981-2010



Klimawandel in Raumplanung und Stadtentwicklung

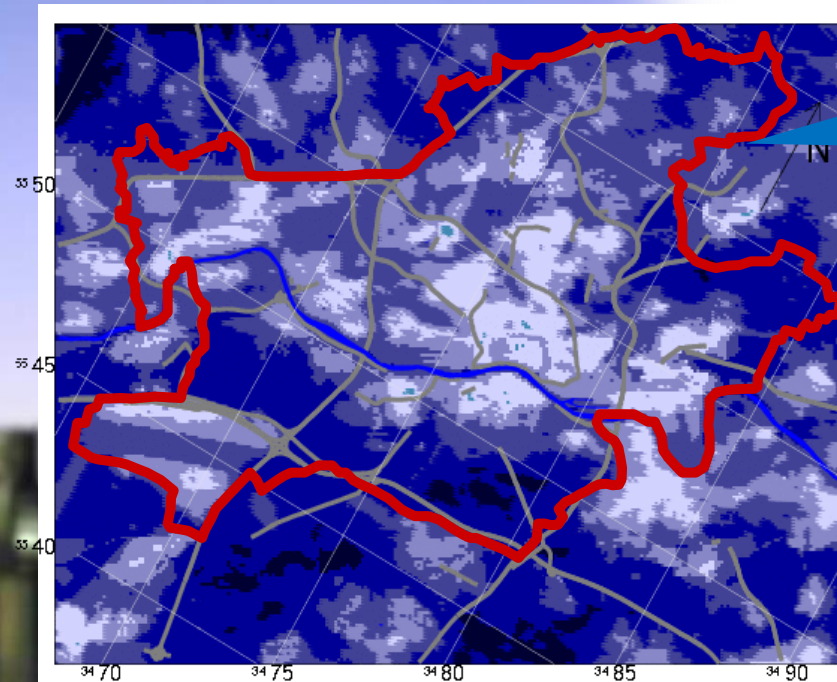
- Gesetzlicher Auftrag -



Quelle	Kernaussage (Auswahl)
Raumordnungsgesetz ROG §2(2)	Den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes ist Rechnung zu tragen durch Maßnahmen „... die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen...“
Baugesetzbuch BauGB §1(5)	Die Bauleitpläne ... sollen dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern, ...
Baugesetzbuch BauGB §1a <i>(nahezu gleichlautend zu ROG §2(2))</i>	Den Erfordernissen des Klimaschutzes ist Rechnung zu tragen durch Maßnahmen „... die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen...“



Klimawandel – Städte sind betroffen

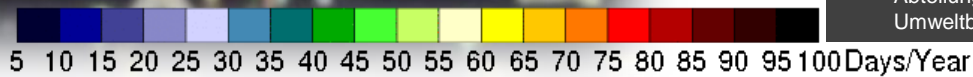


SOMMERTAGE Frankfurt am Main

Entwicklung von
1961 – 2100

Wirkmodell
MUKLIMO_3
Antrieb durch
CLM (A1B)

Quelle: Deutscher
Wetterdienst,
Abteilung Klima- und
Umweltberatung



summer days, Days/Year
Forcing: CLM projection

1961

2100

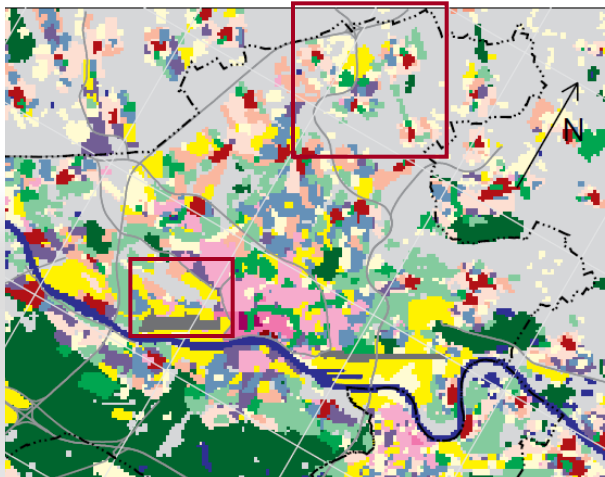
Stand 09/2011





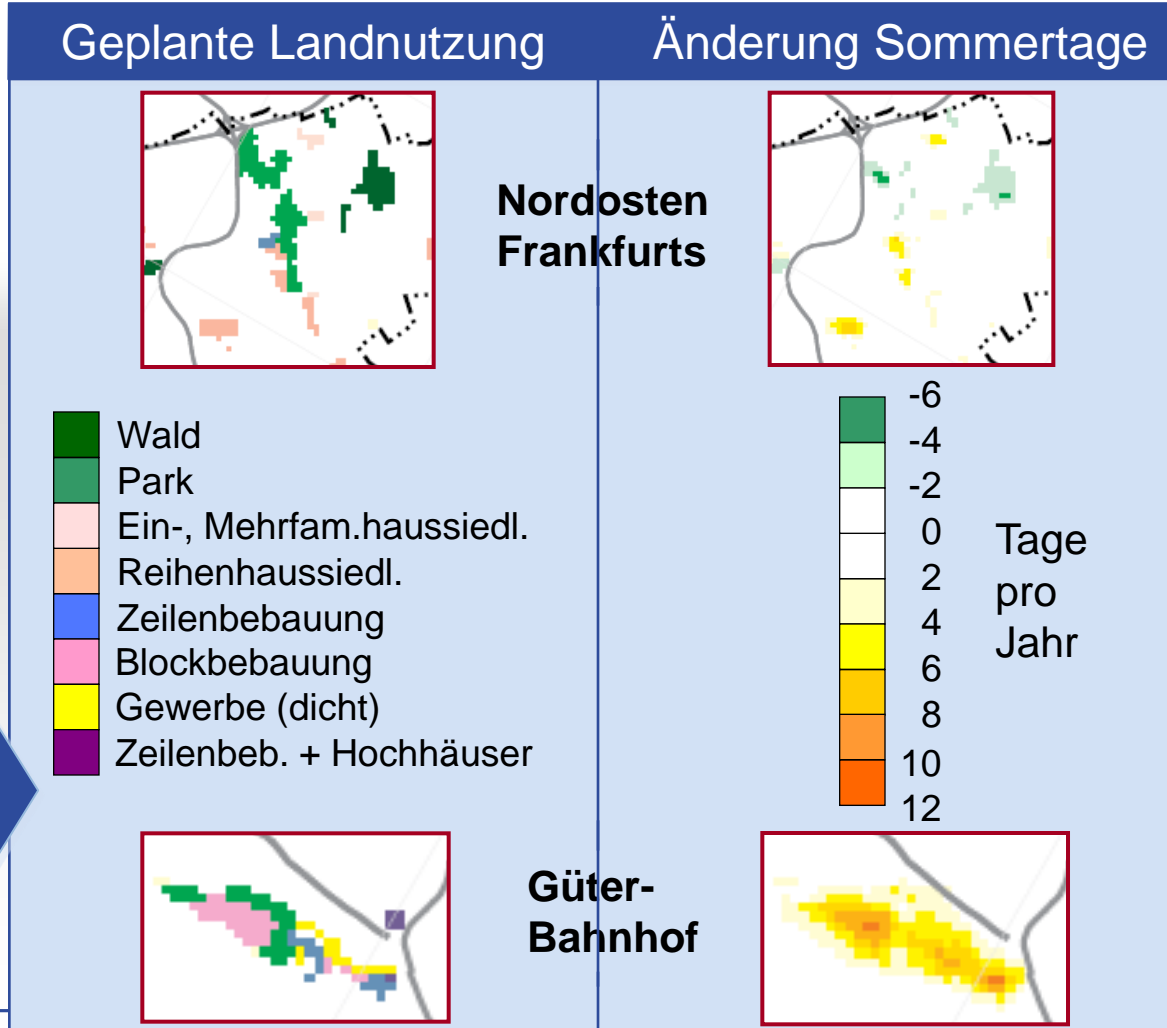
Einfluss von Landnutzungsänderungen auf Sommertage

1971 - 2000 in Frankfurt/Main



Neue Grünflächen reduzieren, Bebauungsverdichtungen erhöhen das sommerliche Temperaturniveau.

→ Geeignete Stadtplanung ist eine Möglichkeit zur Anpassung an den Klimawandel

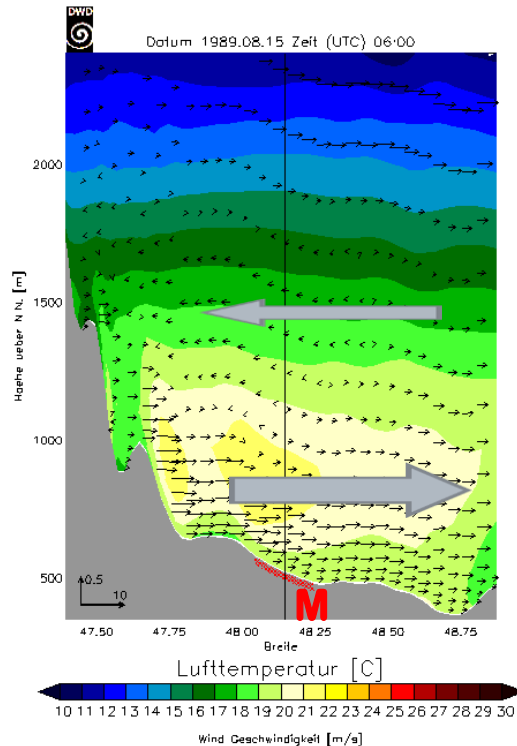




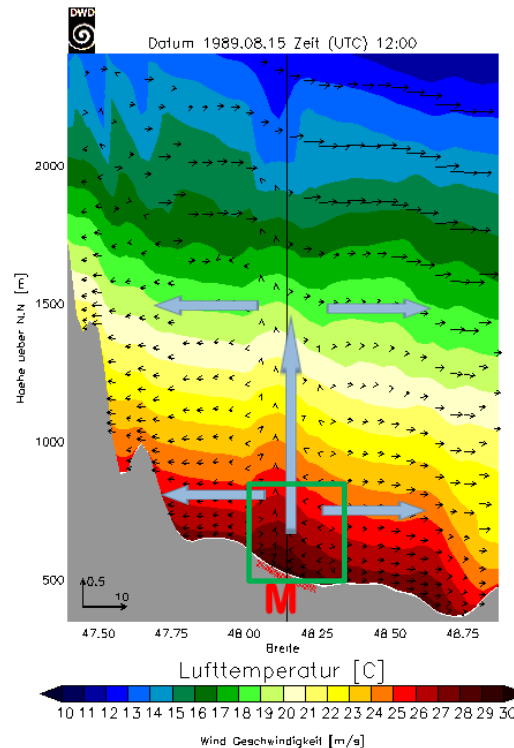
Einfluss des Alpiner Pumpens auf Wärmeinsel in München

Süd-Nord-Schnitt der Temperatur- und Windverteilung am 15.08.1989,
Modell COSMO-CLM mit Stadtparametrisierung TEB

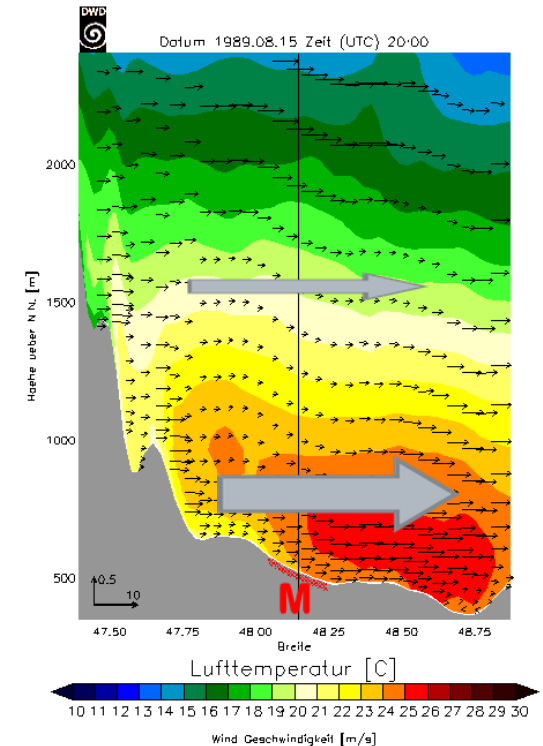
08:00 MESZ



14:00 MESZ



22:00 MESZ

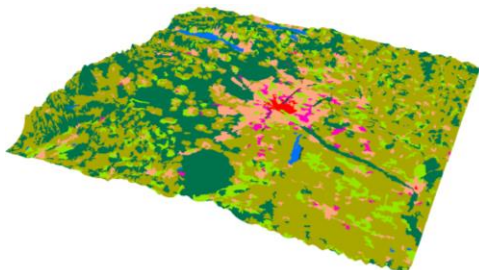




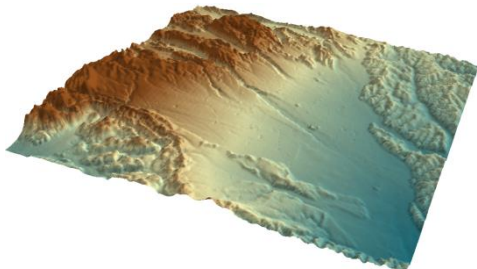


Reale Stadt

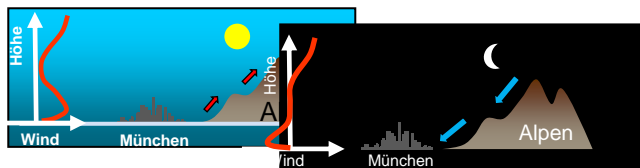
Komplexe Landnutzung



Komplexe Orografie



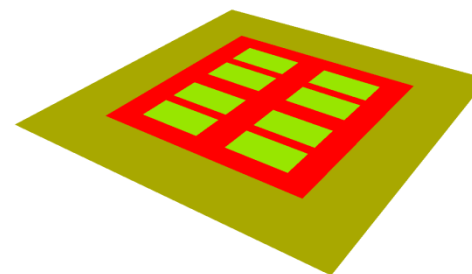
Lokale und mesoskalige Windsysteme



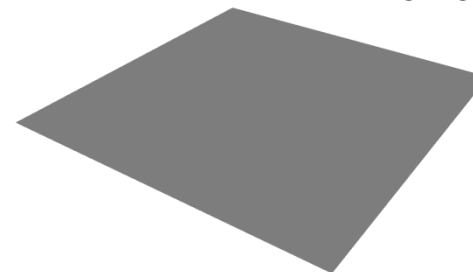
Vereinfachung

Virtuelle Stadt

Einfache Landnutzung



Keine Orografie



Keine Berücksichtigung lokaler
und mesoskaliger Windsysteme



Informationsportal Klimaanpassung in Städten

INKAS



Kriterien-Auswahl

Fläche in km²

- 100**
- 10
- 20
- 30
- 40
- 50
- 100
- 150
- 200


Art der Bebauung

- Blockbebauung**
- Ein-/Mehrfamilienhaus
- Altstadt
- Reihenhaussiedlung
- Zeilenbebauung
- Blockbebauung
- Citybebauung ab 1950
- Industrie/Gewerbe

Bebauungsumgebung

- Freiland**
- Freiland
- Wald
- Siedlung locker
- Siedlung dicht

Auswahl der Anpassungsmaßnahmen



- Gebäudegrundflächenanteil
- Gebäudehöhe
- Wandflächenindex
- Versiegelungsgrad zw. Gebäuden



Ergebnis

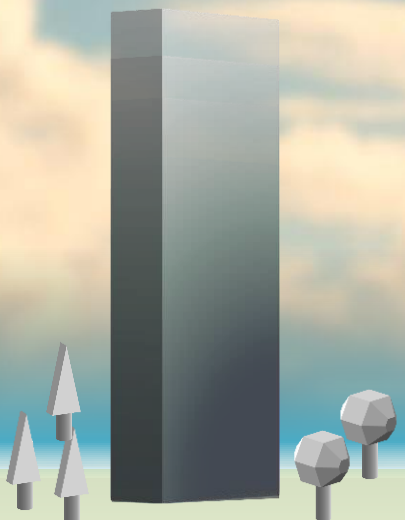
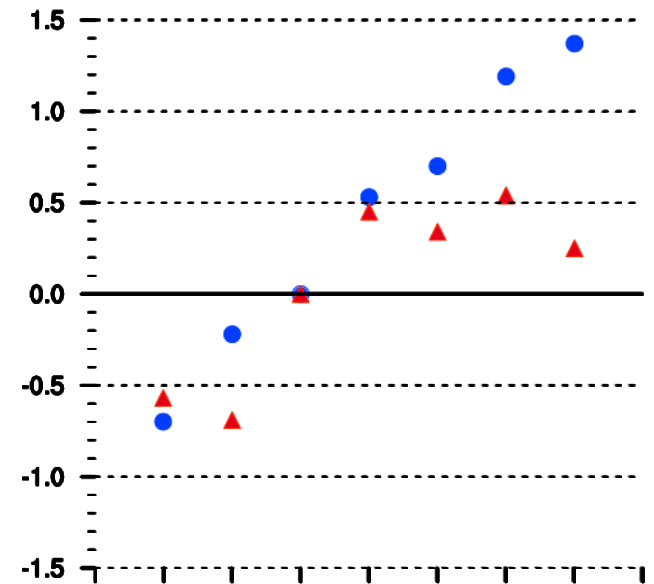
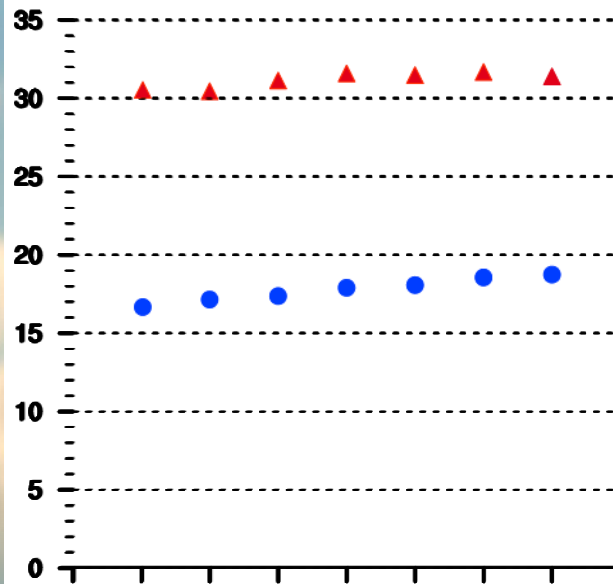
30 m

Lufttemperatur °C

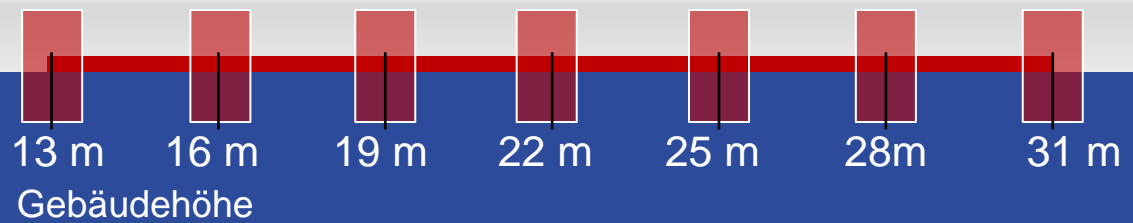
MAX ▲

MIN ●

Temperaturdifferenz zur Referenz(19m)



Gebäudehöhe

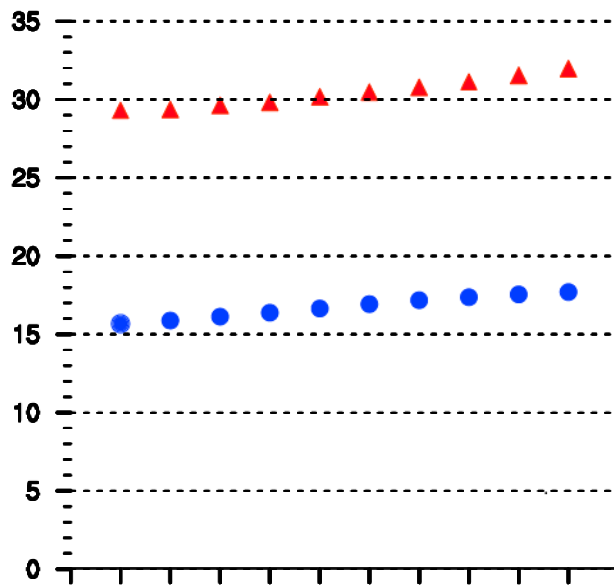


Ergebnis

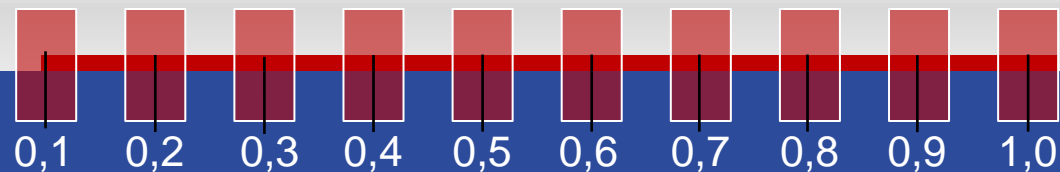
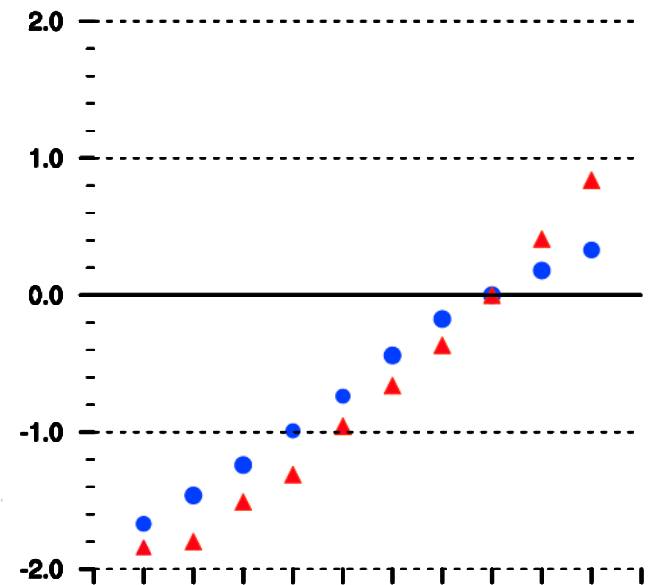
0,8

Lufttemperatur °C

MAX ▲
MIN ●



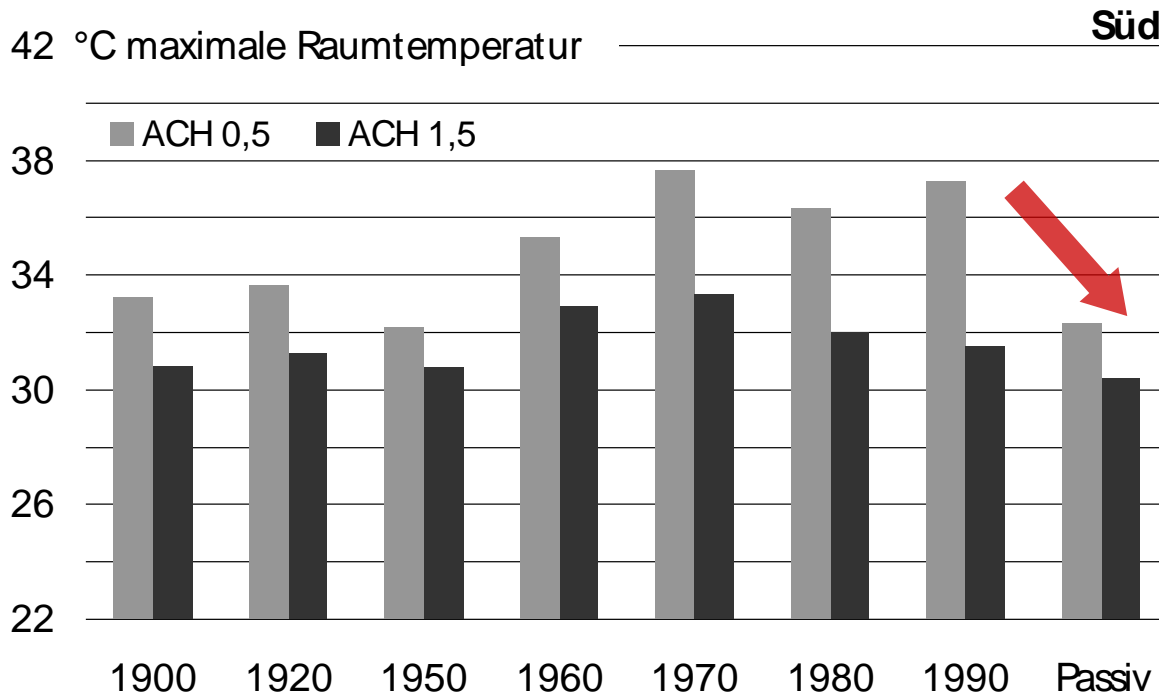
Temperaturdifferenz zur Referenz (0,8)



Anteil der Versiegelung zw. Gebäuden

Raumtemperatur: Einfluss des Baumaterials

Max. Raumtemperatur (*) im Sommer für verschiedene Baualterstufen
(Basis: Testreferenzjahr 12 für einen warmen Sommer)



ACH = air change per hour

50er Jahre



Baualterstufe 90er Jahre



(*) - 1 Raum mit Fenster im OG
- 1 Person 24 h im Raum



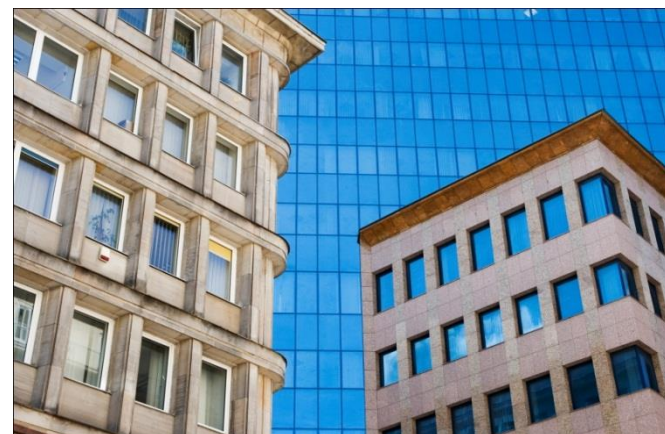
Energiebedarf eines klimatisierten Bürogebäudes

in einer Stadt mit 800 000 EW im Oberrheingraben – Testrechnungen

Grundlagen: Gebäudemodell nach DIN ISO EN 13790; Sanierung nach EnEV 2009; TRY-Region 12

Nutzenergiebedarf in kWh/m²a

Bürogebäude	Wärme	Kälte	Gesamt
~2000, Bestand	135	62	197
~2000, saniert	47	39	86
2021-50, saniert	42	47	89



Wärme

Der Einsparung durch die Sanierung beträgt ca. 65%. Nach Sanierung bleibt sie infolge des Klimawandels 2021- 50 vergleichsweise gering.

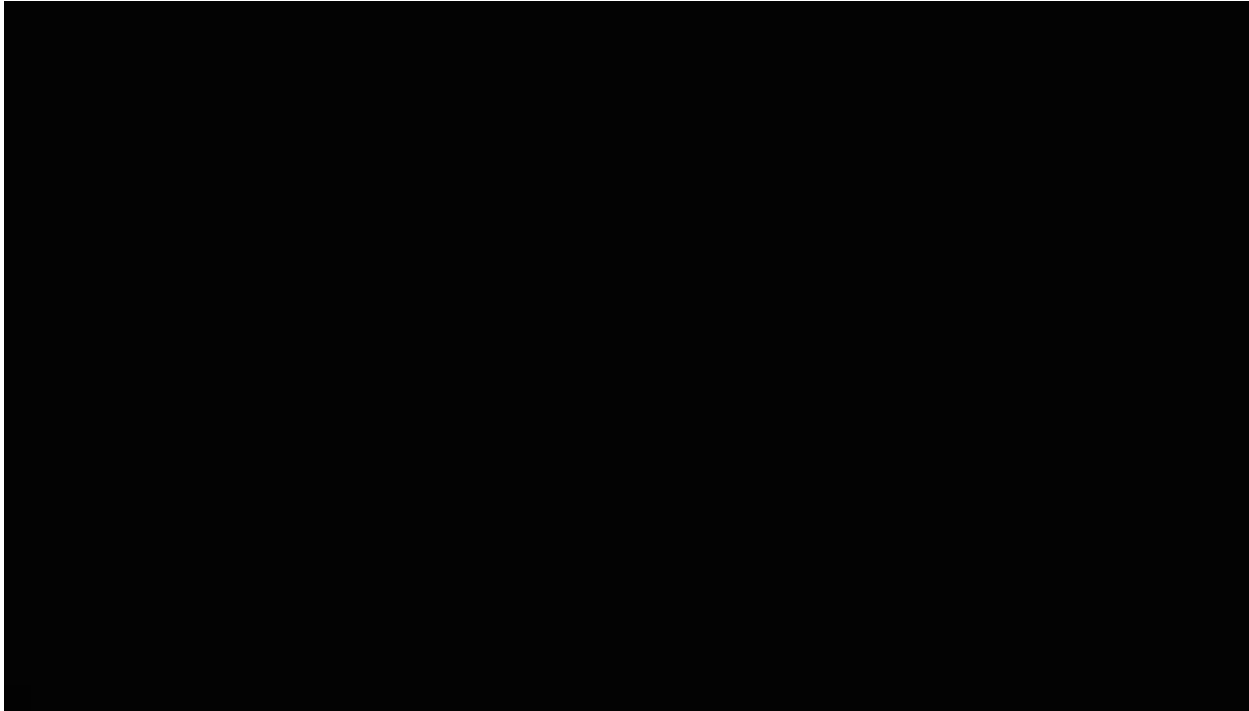
Kälte

Durch die Sanierung werden ca. 35% Energie eingespart. Infolge des Klimawandels sind Werte wie vor der Sanierung zu erwarten.

Gesamt

Der Gesamtenergiebedarf wird durch die Sanierung um ca. 50% gesenkt. Nach Sanierung ändert er sich durch den Klimawandel 2021- 50 nur gering.

Masdar-City



**Die CO₂-freie
Wissenschaftsstadt
in der Wüste
von Abu Dhabi**

Masterplan:
Sir Norman Foster
Tradition und Moderne

Masdar City Ariel Fly

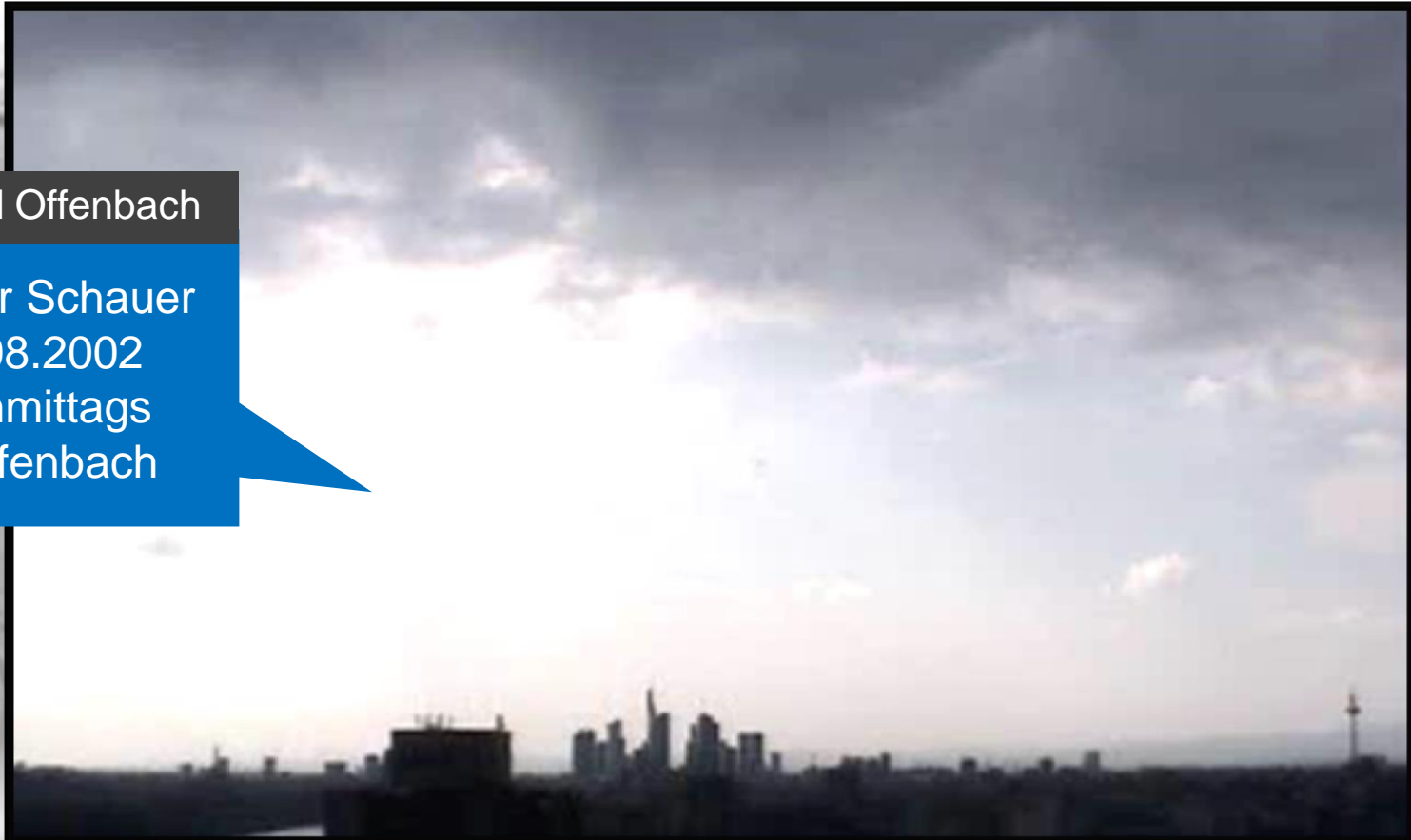
www.masdarcity.ae



Unterschiedliche Niederschlagsmengen in der Stadt

Beispiel Offenbach

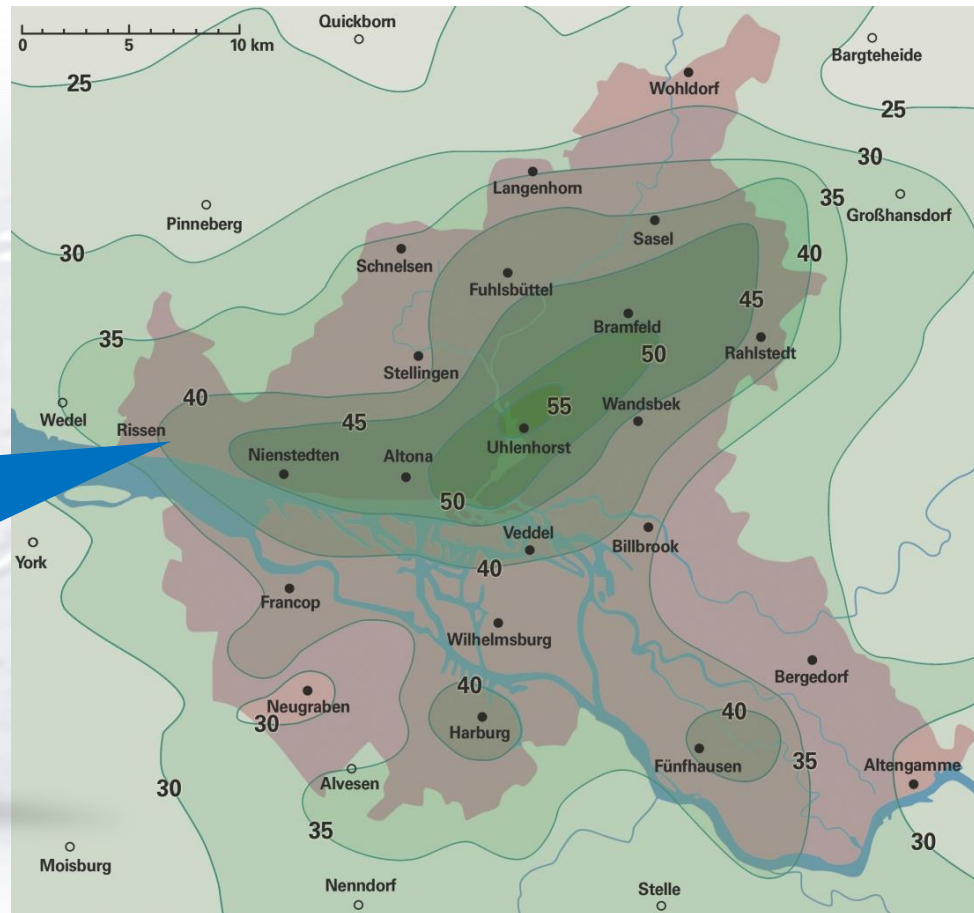
Lokaler Schauer
20.08.2002
nachmittags
in Offenbach





Unterschiedliche Niederschlagsmengen in der Stadt

Beispiel Hamburg
Tage mit mindestens
20 mm Niederschlag
(Anzahl, 1954 – 1967)



Quelle: Rosenhagen u. Schatzmann, 2011 (nach Reidat ,1971)

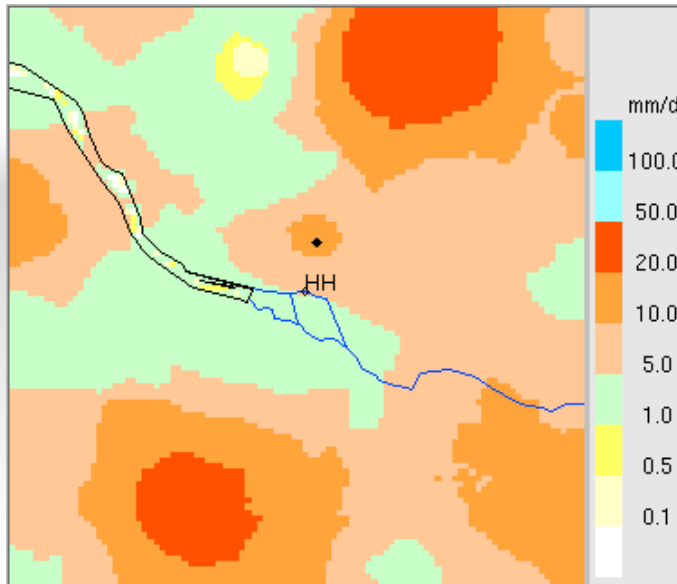




Was wissen wir über den Niederschlag in Städten?

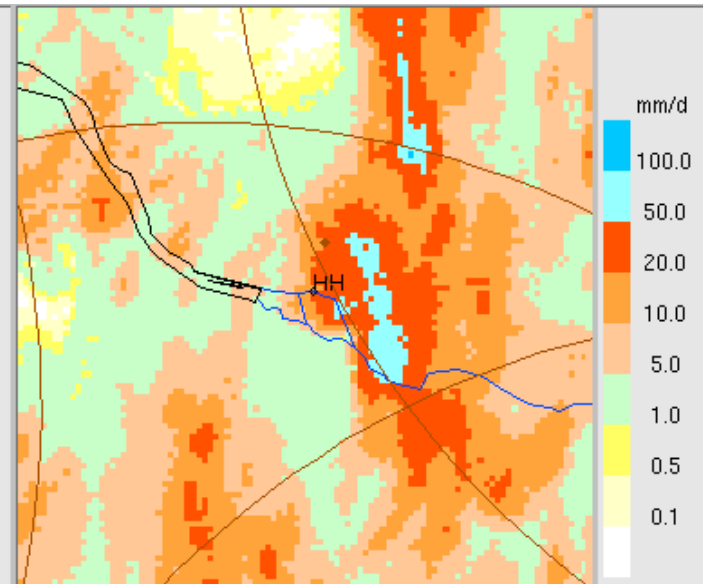
Hamburg, 6.6.2011: Lokales Starkniederschlagsereignis setzt u.a. Hamburger Hauptbahnhof unter Wasser

REGNIE



Stationsmeldungen zeigen nur relativ unbedeutende Niederschläge

RADOLAN



Mit RADOLAN-Verfahren ausgewertete Niederschlagshöhen z. T. über 50 mm/Tag





Mittlere Änderung des Niederschlags bis 2050

Modellergebnisse

Mittel 1971-2000 (Referenz)

Mittel 2021-2050 (Projektion)

Region Hamburg (HH)

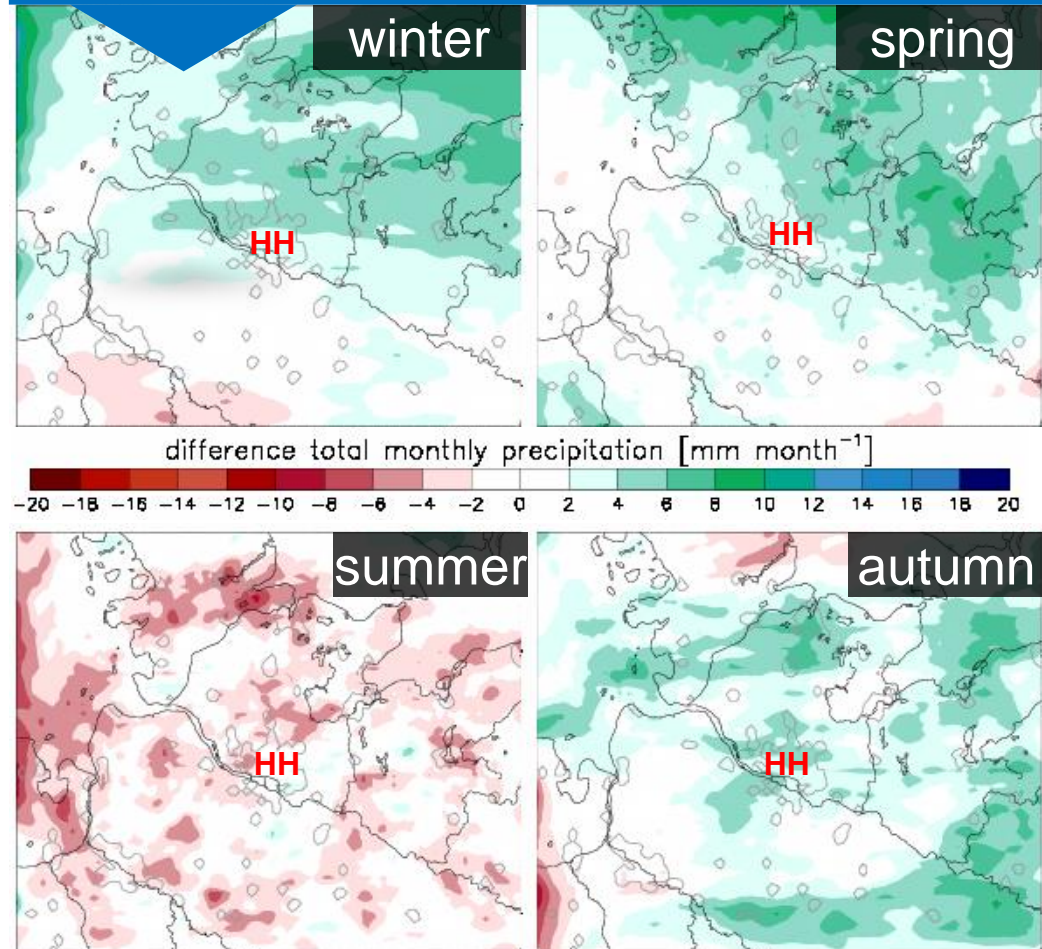
Räumliche Auflösung 3 km

Mit Stadtparametrisierung TEB

Änderungssignale Zukunft

- Lee-Effekt im Winter und Frühling: Niederschlagszunahme
- Sommer: Niederschlagsabnahme
- Herbst: Zunahme über großen Flächen

DWD-Simulationen mit COSMO-CLM





Erwartete Trends extremer Niederschläge

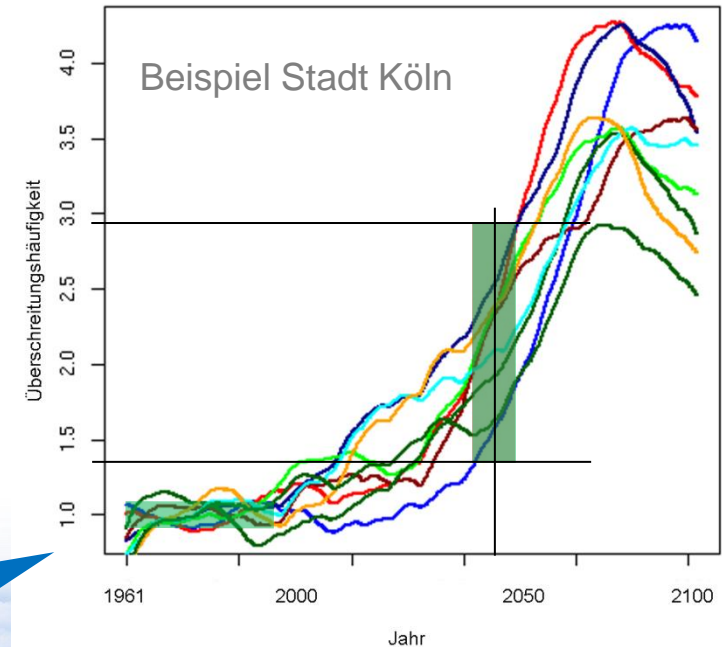
Basis

stündliche Niederschlagssummen des reg. Klimamodells HIRHAM 5, Szen. A1B an 9 Gitterpunkten im Raum Köln

Jährlichkeit $T=1$ (ein Ereignis/Jahr)
Entsprechend dem 99,99 %-Perzentil

Ergebnis

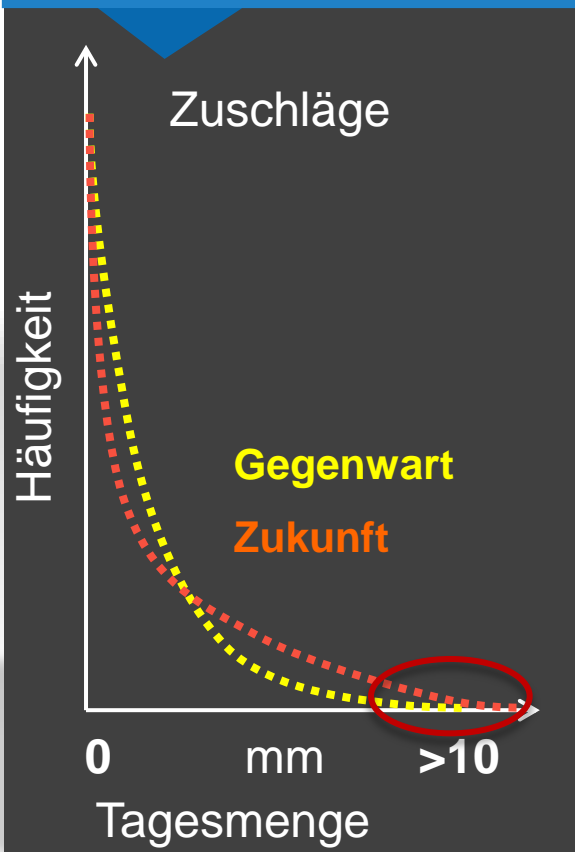
Niederschlagsereignisse die im Zeitraum 1961-2000 nur einmal aufgetreten sind, können in der Mitte des Jahrhunderts zwischen 1,35 und 2,9 mal häufiger auftreten.





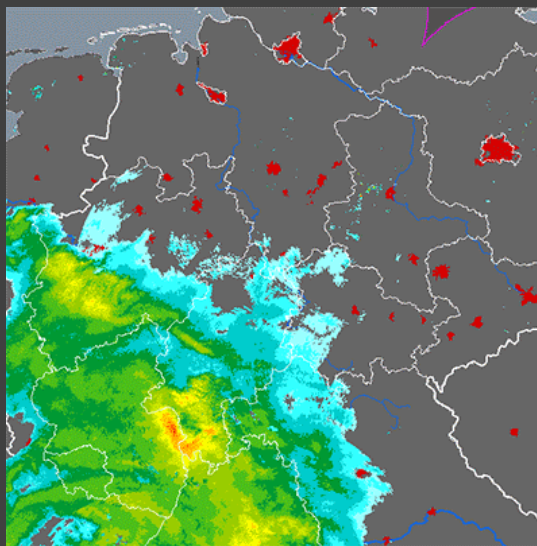
Klimatologische Informationen für die Anpassung

Möglichkeit 1



Möglichkeit 2

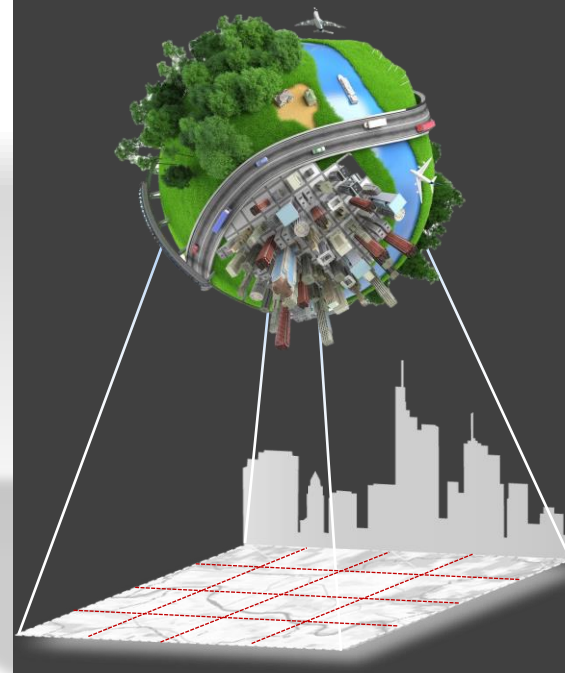
Auswertung von
Radarinformationen



Möglichkeit 3



Klimamodellierung



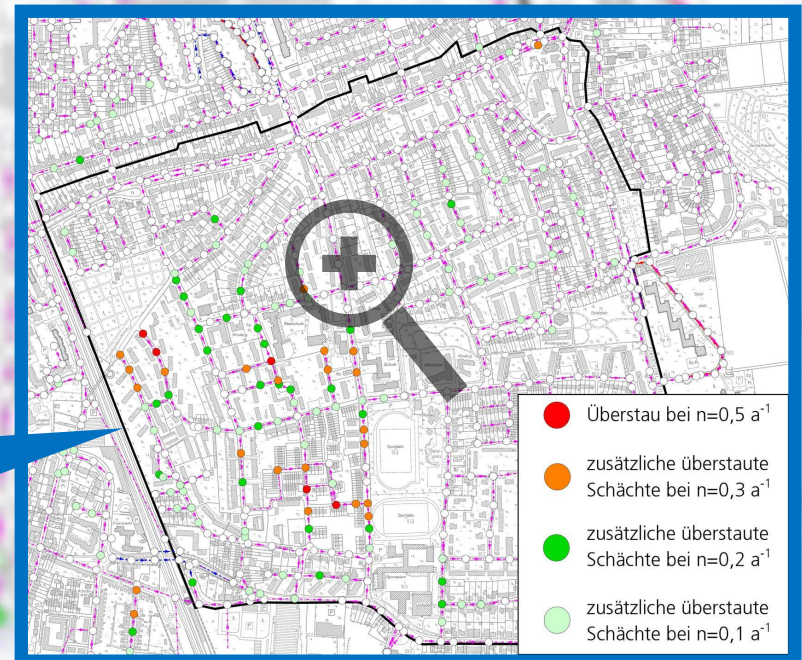


Anpassung der Kanalnetz bemessung an Starkniederschläge

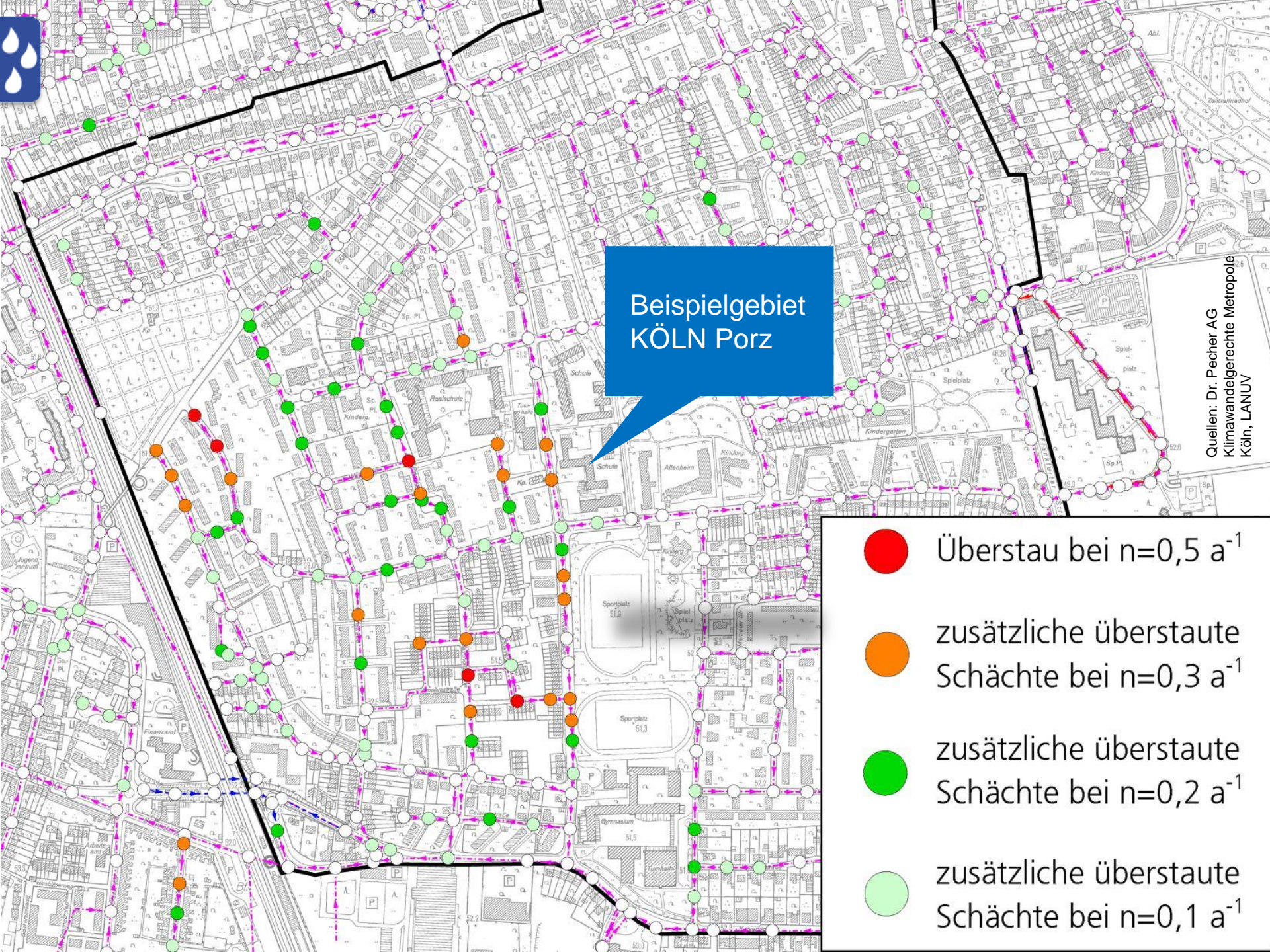
- Modelle zu Überflutungsbetrachtungen
- Stadtgebietsweite Analysen
der Topographie (Mulden und Fließwege)
der Oberfläche (2D-Abflussberechnung)
des Kanalnetzes (Überstauschächte)

Beispiel Klimaanpassung

Ergebnisse der Überstau-
betrachtung für das Beispielgebiet
Köln/Porz – überstaute Schächte in
Abhängigkeit der Niederschlags-
belastung ($n = 0,5 \text{ a}^{-1}$)



Quellen: Dr. Pecher AG
Klimawandelgerechte Metropole Köln, LANUV



Beispielgebiet
KÖLN Porz

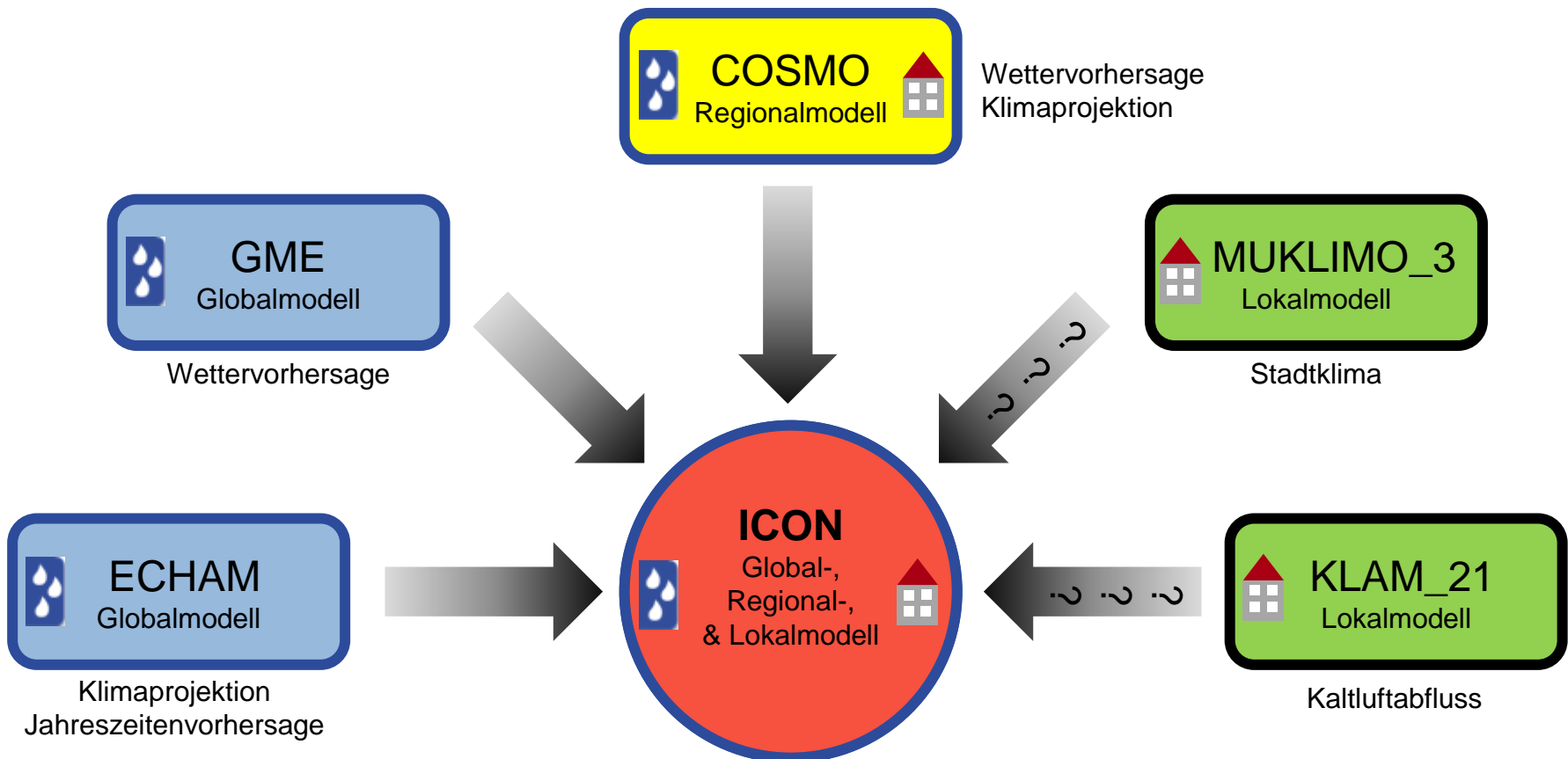
- Überstau bei $n=0,5 a^{-1}$
- zusätzliche überstaute Schächte bei $n=0,3 a^{-1}$
- zusätzliche überstaute Schächte bei $n=0,2 a^{-1}$
- zusätzliche überstaute Schächte bei $n=0,1 a^{-1}$

Quellen: Dr. Pecher AG
Klimawandelgerechte Metropole
Köln, LANUV



Wie geht es weiter?

DWD & MPI-M entwickeln das neue Wetter- & Klimamodell **ICON**
→ Ein vereinheitlichtes Modell auch für die Stadtklimatologie?



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Gudrun Mühlbacher

Deutscher Wetterdienst
Regionales Klimabüro München
Helene-Weber-Allee 21
80637 München

E-Mail:
klima.muenchen@dwd.de
Tel.: +49 (0) 69 / 8062 - 9210
Fax: +49 (0) 69 / 8062 - 9230