

# Urbane Böden im Klimaschutz am Beispiel Hamburgs

**Prof. Dr. Annette Eschenbach**

Institut für Bodenkunde, Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit,

Universität Hamburg

Annette.Eschenbach@uni-hamburg.de

Städtische Böden im Klimaschutz in Nordrhein-Westfalen 17.11.2016

 **nua** • natur- und  
umweltschutz-  
akademie nrw.

Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



# „Urban millenium“

Weltweit leben über die Hälfte (54%) der Menschen in Städten (UN, 2014). In Deutschland leben 77% der Menschen in dicht oder mittelstark besiedelten Gebieten (StaB, 2014). Die Urbanisierung schreitet weiter voran.

In Deutschland werden ca. 14 % der Gesamtfläche als Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) genutzt. Die tägliche Zunahme der SuV beträgt nach wie vor 70,5 ha pro Tag (2013, StaB, 2014).



Hamburg ist ein Stadtstaat mit 755 km<sup>2</sup> und 1,8 Mio. Einwohnern (2015).

59,6 % Siedlung und Verkehr  
24,5 % Landwirtschaft  
6,4 % Wald  
8,0 % Wasserfläche (StaB, 2014).

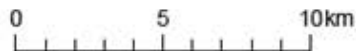
# Natürliche Bodenformengesellschaften in Hamburg

- I Böden der Jungmoränenlandschaft
- II Böden der Altmoränenlandschaft
- III Böden des Elbtals



- Pseudogleye, Braunerden, Parabraunerden und Podsole aus Geschiebedecksand über saalezeitlicher Grundmoräne
- Braunerden und Podsole aus saalezeitlichen Schmelzwassersanden
- Pseudogleye und Parabraunerden aus Geschiebedecksand über weichselzeitlichem Geschiebelehm der Grundmoräne
- Braunerden, Podsole und Gleye aus weichselzeitlichen Schmelzwassersanden
- In Senken Anmoorgleye, Podsole und Niedermooere aus Sand/Torf; in höher gelegenen Flächen Pseudogleye und Braunerden aus weichselzeitl. Sanden über saalezeitl. Grundmoräne
- In Trockentälern der Harburger Berge: Kolluvisole, im Elbtal Podsole und Gleye aus weichselzeitlich umgelagerten Sanden
- Parabraunerden und Braunerden aus weichselzeitlichem Sandlöss
- Podsole und Regosole aus weichselzeitlichen und holozänen Flugsanden
- Gleye, Vegen und Niedermooere aus holozänen Fluss-, Bach und Seeablagerungen
- Flusswatt, Flussstrand, Flussrohmarsh und Flusskleimarsch aus holozänen perimarinem Sanden und Lehmen
- Flusskleimarsch und Organomarsch aus holozänen perimarinem Lehmen und Tonen
- Moore
- nicht kartiert

Entwurf: G. Miehlich, Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg, 2010  
 Grafik: Ingo Brandt, Büro für biologisch-ökologische Gutachten, Hamburg, 2010  
 Basis: Bodenökologische Konzeptkarte Hamburg,  
 Büro für Bodenbewertung Dr. Wolfram Kneib, Kiel, Stand 1989  
 Digitalisierung: Geologisches Landesamt Hamburg



## Faktor Mensch: Böden der Stadt

In städtischen Verdichtungsräumen sind die Faktoren der Bodenbildung stark durch den Menschen überprägt:

- Relief: verändert durch Abtrag und Auftragen von Material
- Ausgangsgestein: Aufträge und Umlagerungen, oft mit mineralischen Fremdbestandteilen (Bauschutt, Aschen, Ziegel...)
- Klima: Stadtklima ist 1-3°C wärmer als im Umland
- Zeit: Kürzere Zeitspanne der Bodengenese



© UHH / CEN/ A. Eschenbach



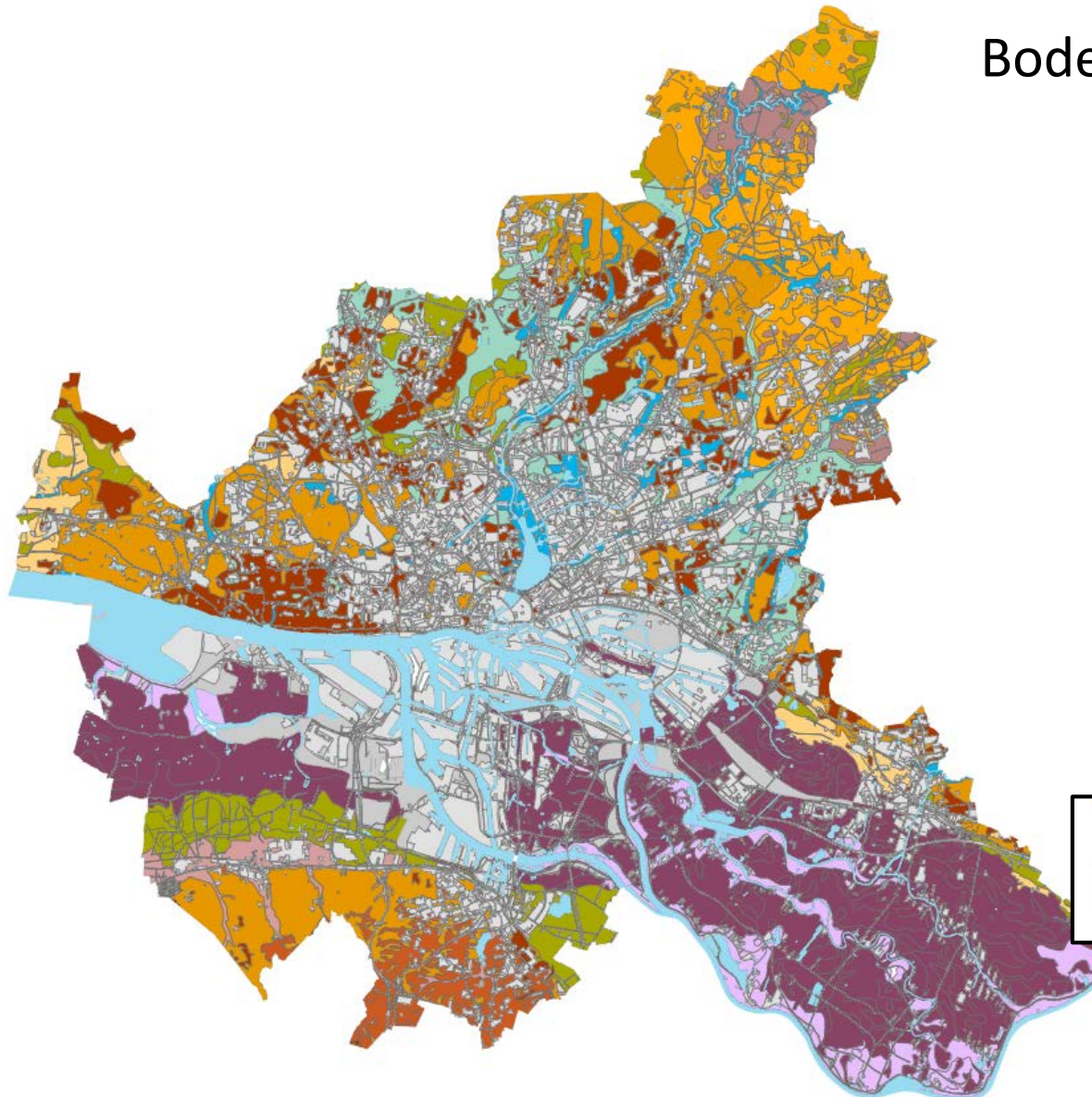
# „Stadtböden“ - Böden in der Stadt

„Stadtböden“ ist der Überbegriff für die vielfältigen Böden der städtisch-industriellen Räume:

- Böden natürlicher Entwicklung  
(**naturnahe Böden**)
- Böden anthropogener **Aufträge**  
natürlicher oder technogener Substrate  
bzw. Mischungen
- **versiegelte Böden**



# Bodenformengesellschaften



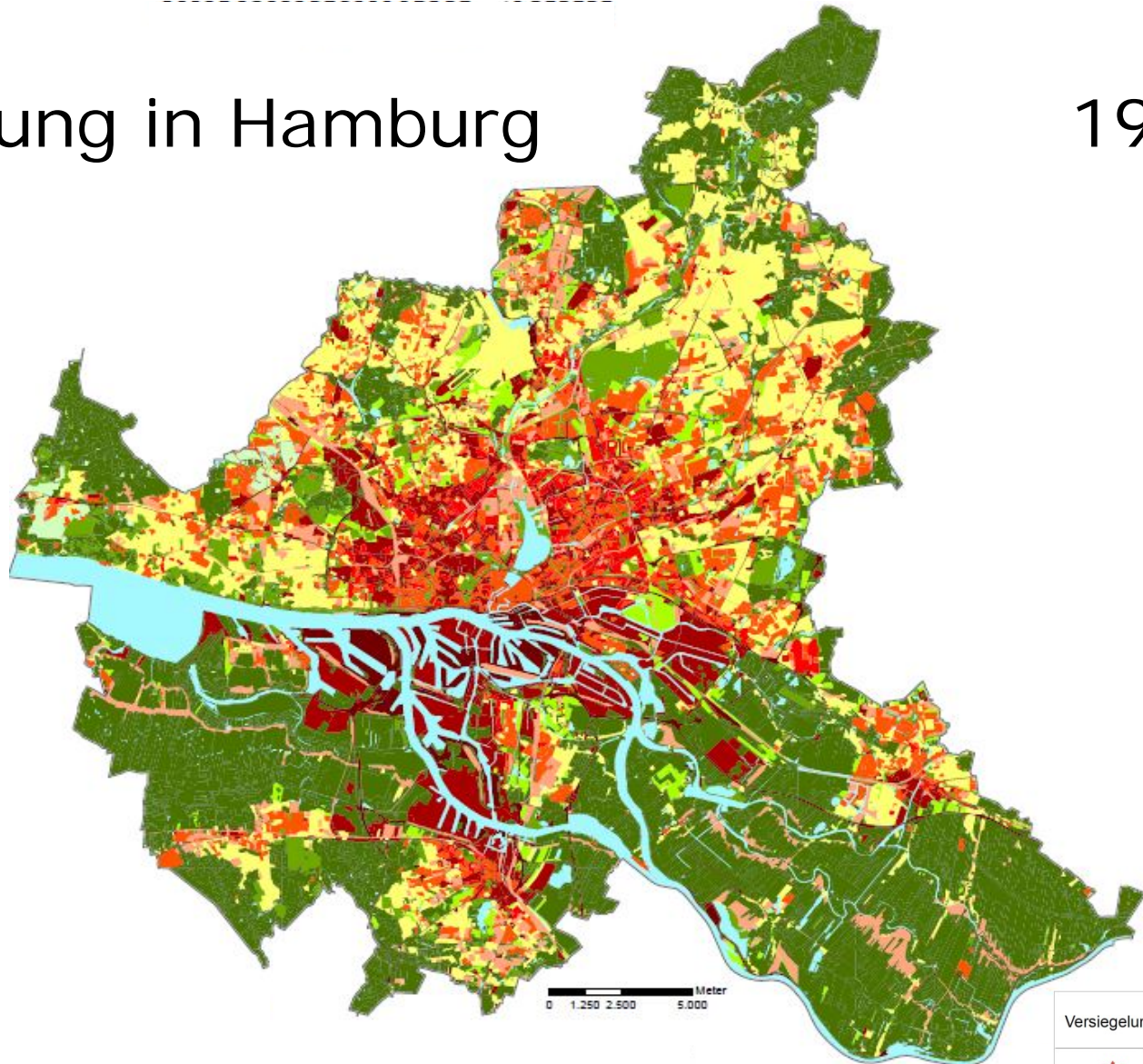
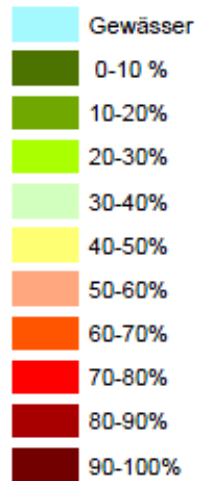
- Pseudogleye, Braunerden, Parabraunerden und Podsole aus Geschiebedecksand über saalezeitlicher Grundmoräne
- Braunerden und Podsole aus saalezeitlichen Schmelzwassersanden
- Pseudogleye und Parabraunerden aus Geschiebedecksand über weichselzeitlichem Geschiebelehm der Grundmoräne
- Braunerden, Podsole und Gleye aus weichselzeitlichen Schmelzwassersanden
- In Senken Anmoorgleye, Podsole und Niedermoore aus Sand/Torf;
- In höher gelegenen Flächen Pseudogleye und Braunerden aus weichselzeitl. Sanden über saalezeitl. Grundmoräne
- In Trockentälern der Harburger Berge: Kolluvisole. Im Elbtal Podsole und Gleye aus weichselzeitlich umgelagerten Sanden
- Parabraunerden und Braunerden aus weichselzeitlichem Sandlöss
- Podsole und Regosole aus weichselzeitlichen und holozänen Flugsanden
- Gleye, Vegen und Niedermoore aus holozänen Fluss-, Bach und Seeablagerungen
- Flusswatt, Flusststrand, Flussrohmarsh and Flusskleimarsch aus holozänen, perimarinischen Sanden und Lehmen

- Tiefgründig gestörte und teilweise versiegelte Böden
- Aufschüttungen, nicht kartiert

# Versiegelung in Hamburg

1999

## Versiegelungsgrad

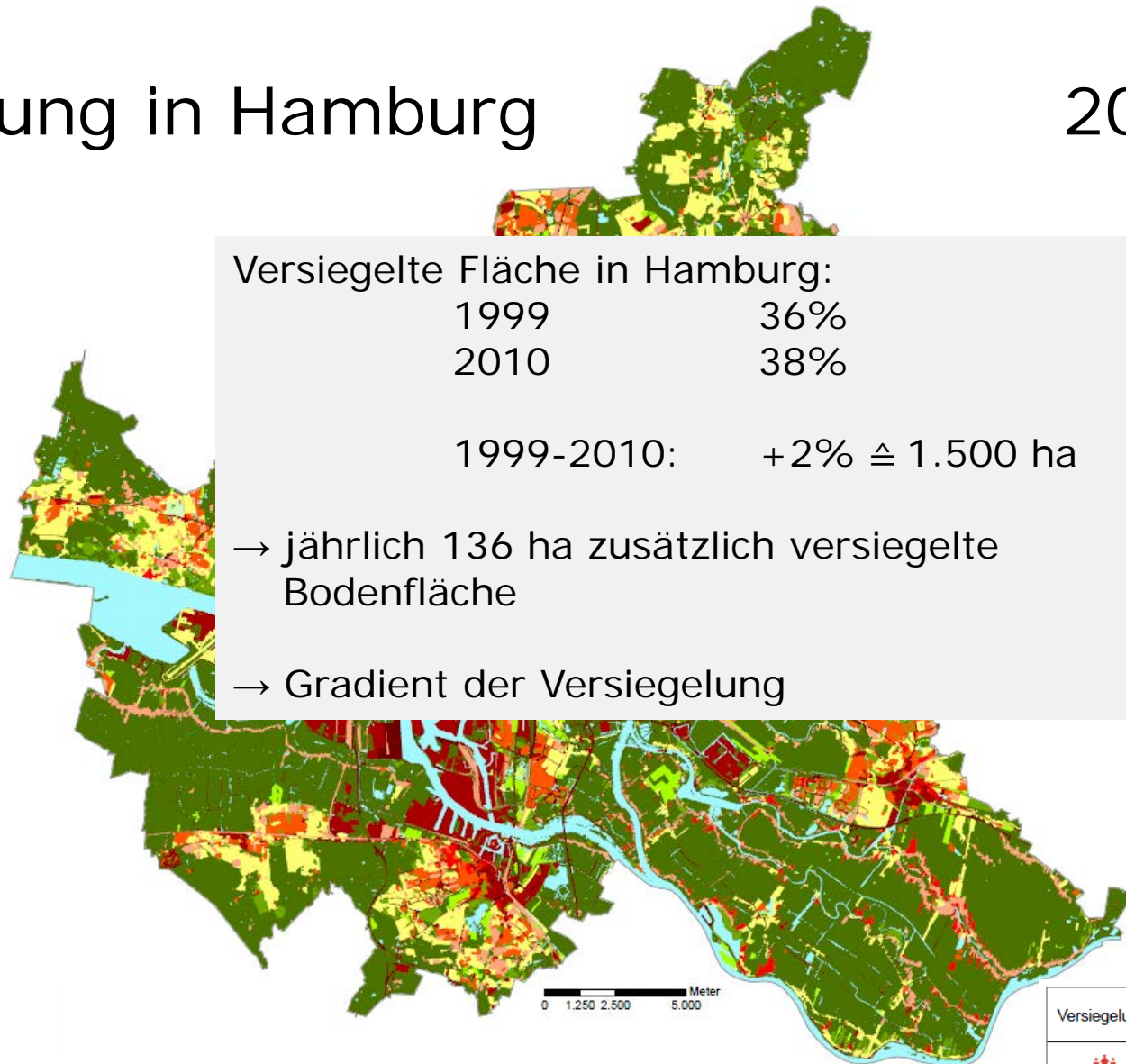
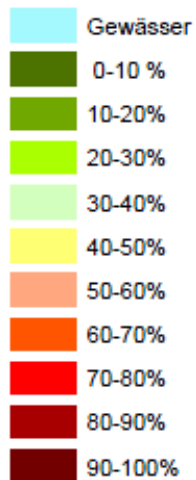


Versiegelung in Hamburg 1999

# Versiegelung in Hamburg

2012

## Versiegelungsgrad



Versiegelung in Hamburg 2012



Freie und Hansestadt Hamburg  
 Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt  
 U 21, Grundstück, Bodenmanagement,  
 Informationssysteme



# Stadtklima – Städtische Wärmeinsel

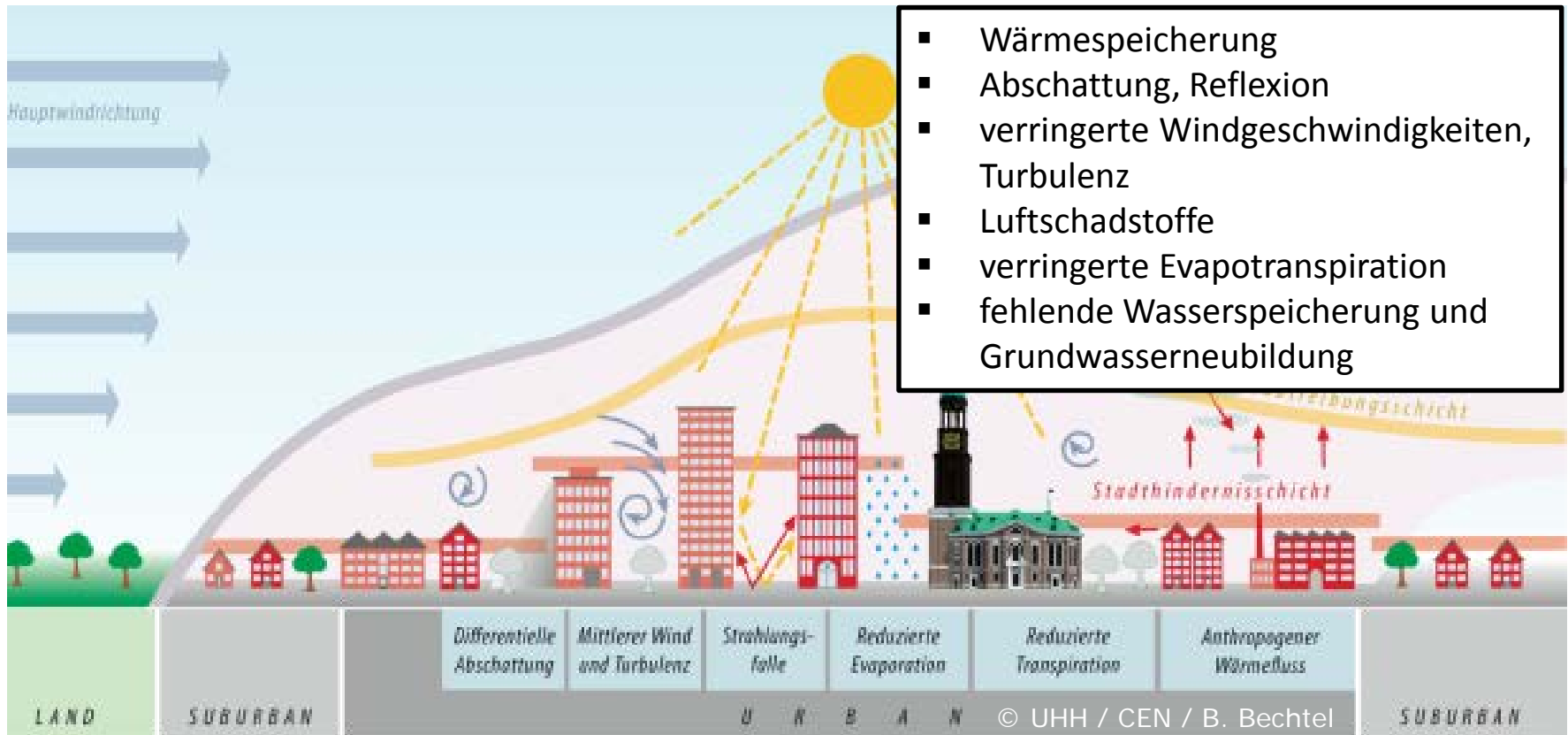


Abb. Bechtel nach Grawe

Unter Stadtklima (...) versteht man das gegenüber dem **Umland** durch die **Bebauung** und anthropogene **Emissionen** (wie z.B. Luftschadstoffe oder Abwärme) **modifizierte Mesoklima** von Städten und Ballungsräumen“ (DWD)

# Klimawandel – Metropolregion Hamburg

## CO<sub>2</sub>

- vorindustriell: 280 ppm; heute 390 ppm; 2100: 720 bis 1070 ppm

## Temperatur

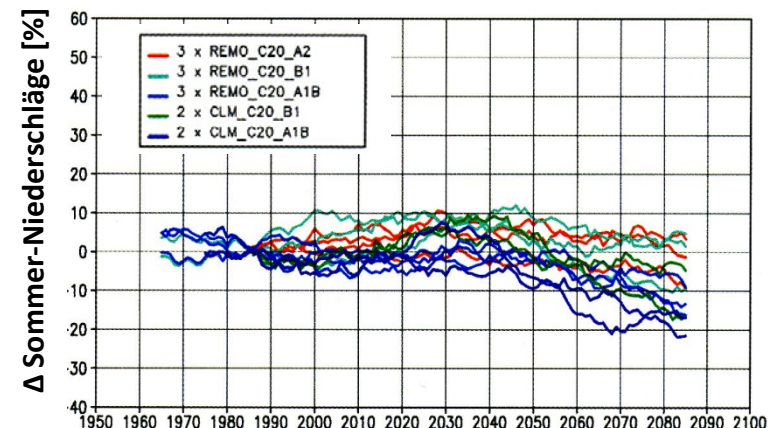
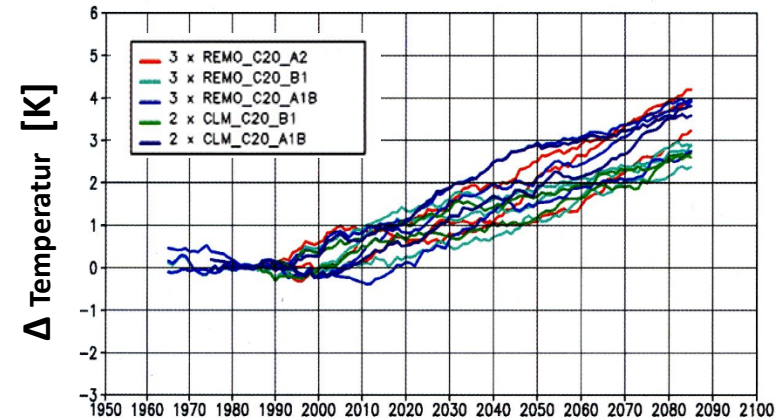
- 2071-2100: Anstieg der JMT um 1,9 bis 3,3 K
- Zunahme der Tage mit sehr hohen Temperaturen: Hitzetage um 4-7 pro Jahr  
Tropennächte auf 3-4 pro Jahr

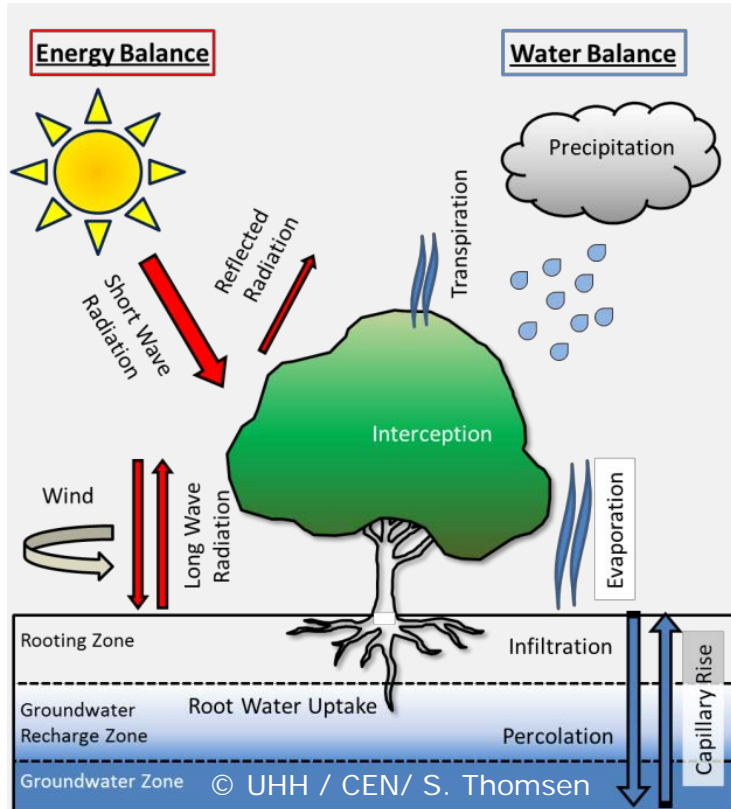
## Niederschlag

- Kaum Veränderung der Jahresniederschlagsmenge
- 2071-2100: Sommerniederschläge +4 bis -22%, zumeist Abnahme (A1B -10 bis -22%)
- Zunehmende Intensität von Starkregenereignissen
- Zumeist Zunahme Trockentage im Sommer

## Meeresspiegel

- Anstieg des Meeresspiegels um 20 - 80 cm





## Kühlfunktion von Böden

- Evapotranspiration führt zur Abnahme des fühlbaren Wärmestroms
  - Versiegelung verhindert die Verdunstung
- Welchen Einfluss haben **städtische Böden** mit ihrem **Verdunstungspotenzial** auf das lokale Klima (abhängig von Bodennutzungen, Versiegelung, Grundwasserflurabstand, Bodenwasserhaushalt)
- **Handlungsoptionen** für die Stadtplanung

Hamburg Urban Soil Climate Observatory  
 (HUSCO)  
 Bodenkunde & Meteorologie

# Welche Faktoren steuern die „Kühlfunktion von Böden“ ?

## **Bodenfaktoren:**

Fähigkeit zur Speicherung von Wasser im Wurzelraum (Bodenart, Anteil Steine, Humusgehalt, Lagerungsdichte)

Wurzeltiefe, Durchwurzelbarkeit

Fähigkeit zur Infiltration - Versiegelung

## **Vegetationsfaktoren:**

Transpirationspotential der Vegetation

Fähigkeit zur Beschattung

## **Klimafaktoren:**

Niederschlag

Luftfeuchte, Temperatur

Windgeschwindigkeit, Turbulenz

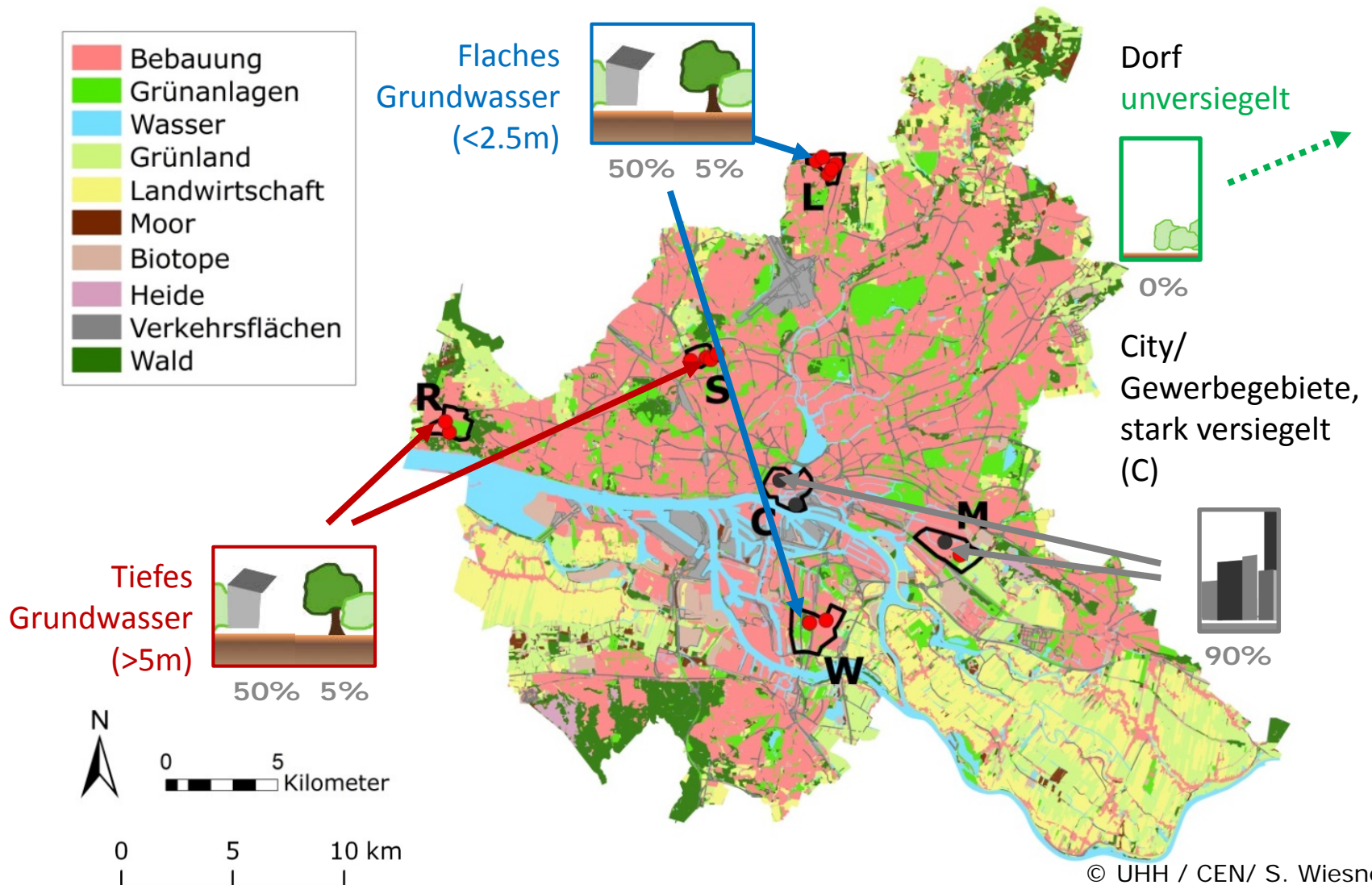


© UHH / CEN/ IfB

Wieviel Wasser kann ein Boden in kritischen Phasen zur Verdunstung zur Verfügung stellen ?

# HUSCO

## Untersuchungsgebiete in Hamburg



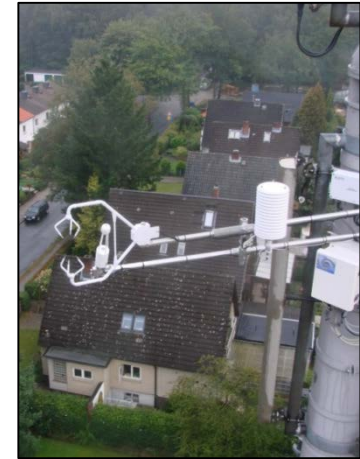
# HUSCO

## Untersuchungsstandorte

10 MeteoStationen



2 Eddy Kovarianz Systeme



18 BodenStationen (5 Tiefen,  $\leq 1.60\text{m}$ )



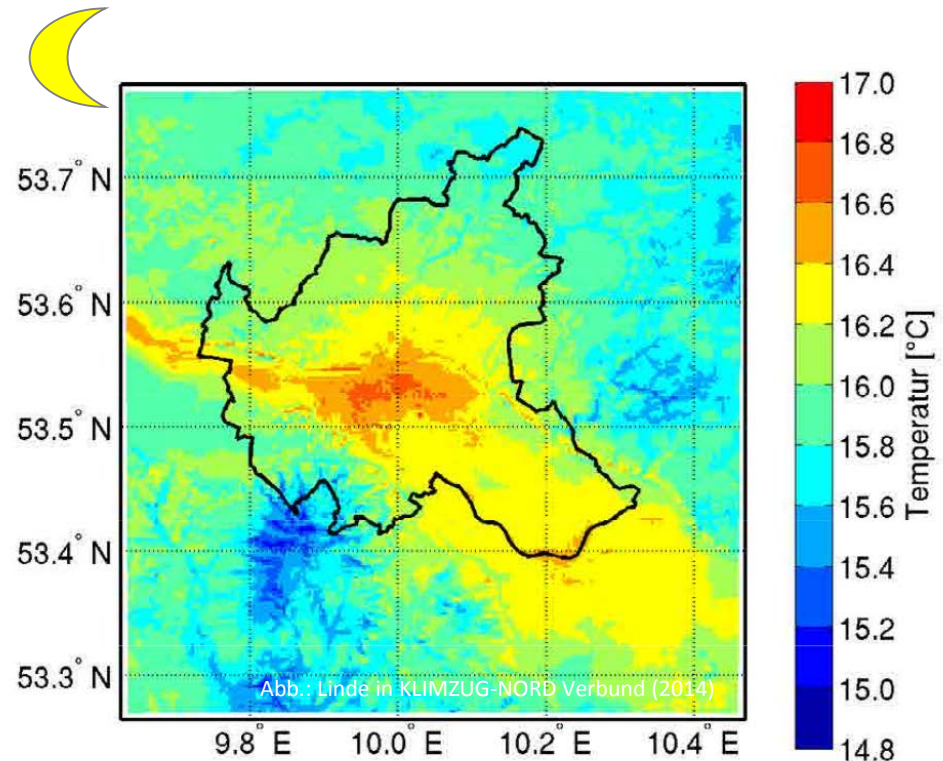
# Stadtklima in Hamburg

Überwärmung im **Jahresmittel** im Vergleich zu ländlicher Referenz

	Messungen (HUSCO)	Schlünzen et al. (2009)
Innenstadt	<b>+1.0K</b>	+1.1 K
Stadtrand	$\pm 0.25$ K	+0.5 K

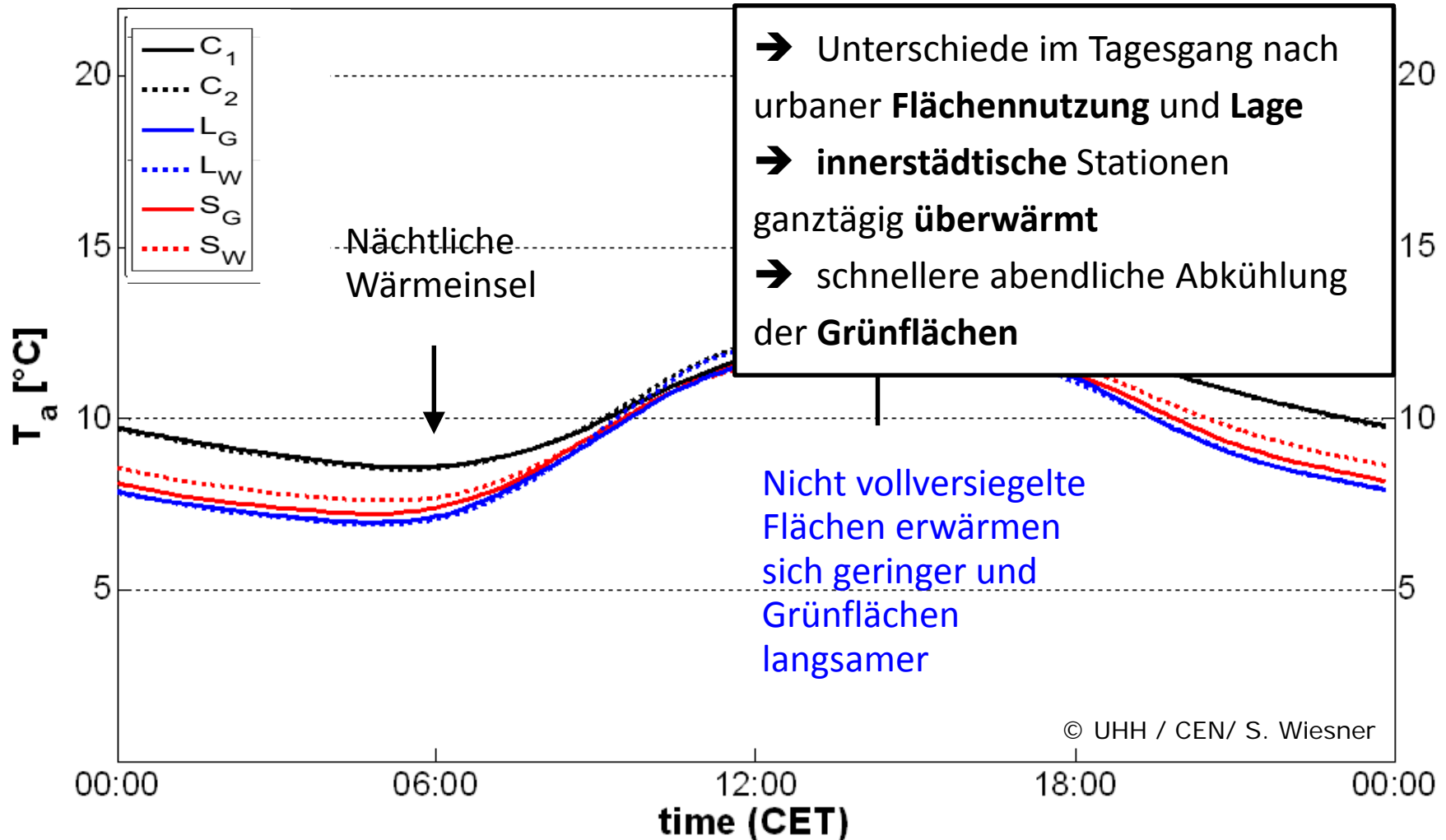
**nächtliche Wärmeinsel (UHI)** im Jahresmittel (Messungen HUSCO):

- +1.7 K** (Innenstadt)
- +0.7 K** (Wohngebiet)
- +0.3 K** (Grünfläche)



Mittlere sommerliche Temperatur zwischen 20 und 24 Uhr in 10 m über Grund für den Zeitraum 1971-2000

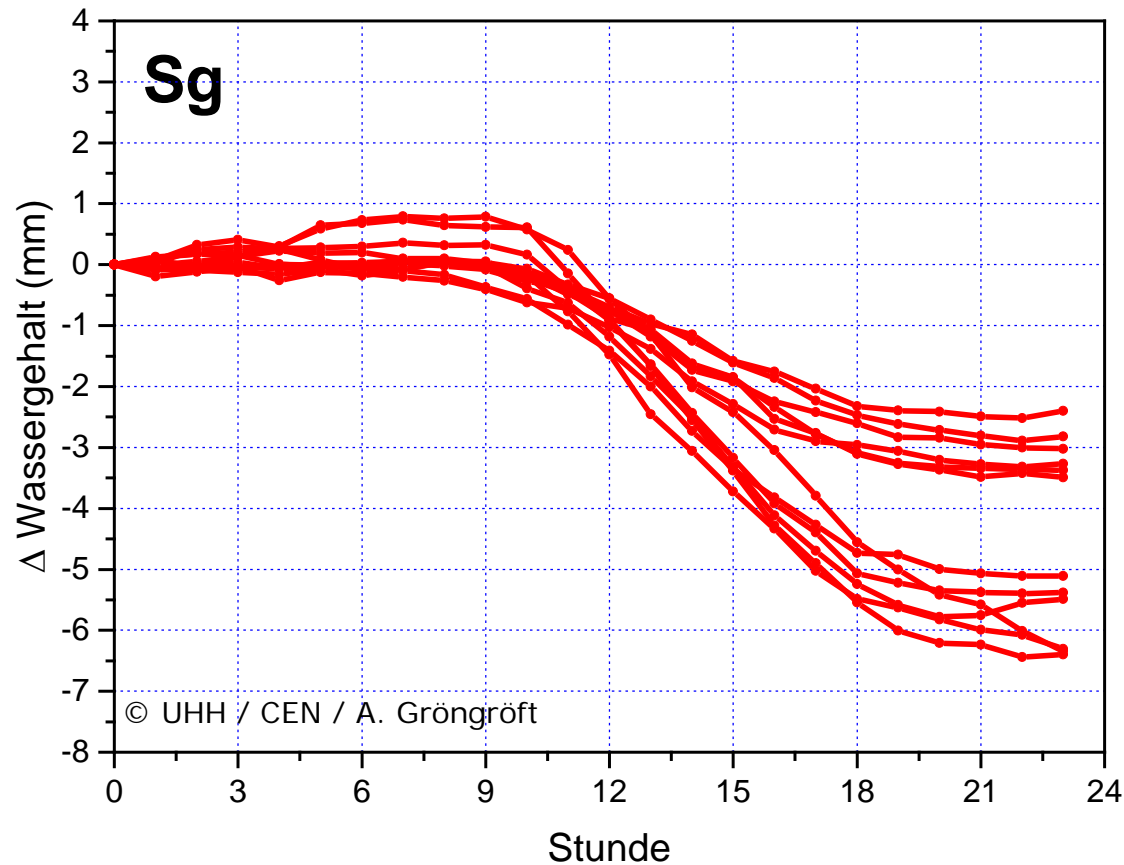
# Tagesgang der Lufttemperatur (Sept 2011-Sept 2012)





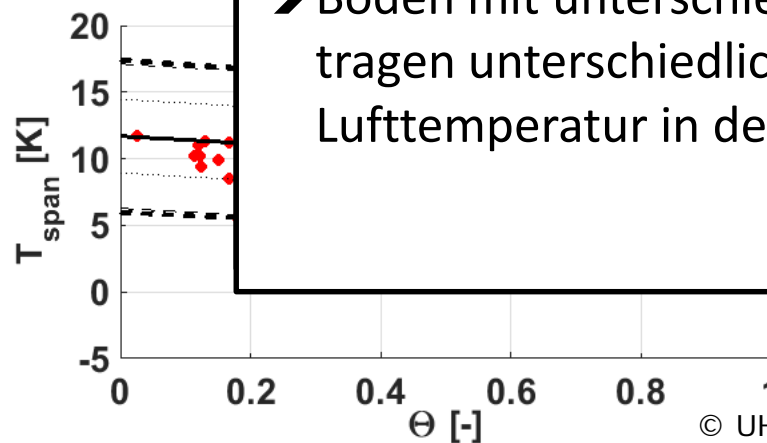
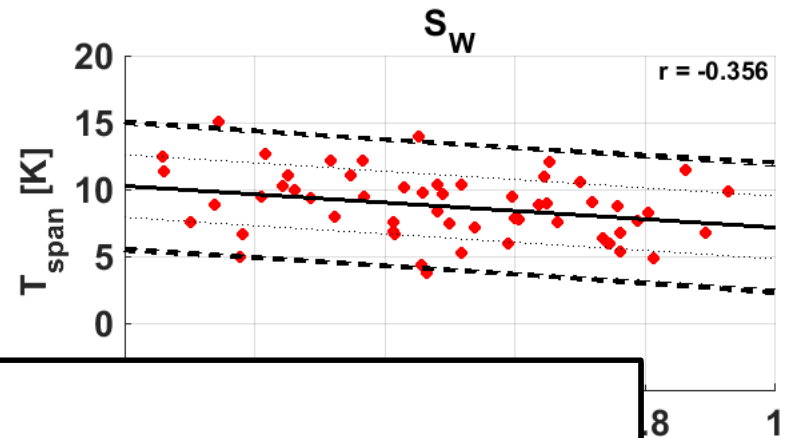
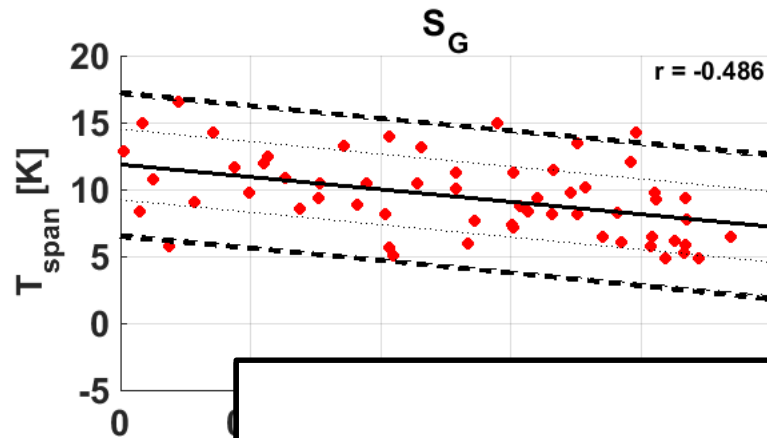
# Ergebnisse des Wasserhaushaltsuntersuchungen 2011-15

## Diurnale Änderungen Wasservorrat im Wurzelraum (Hitzetage)

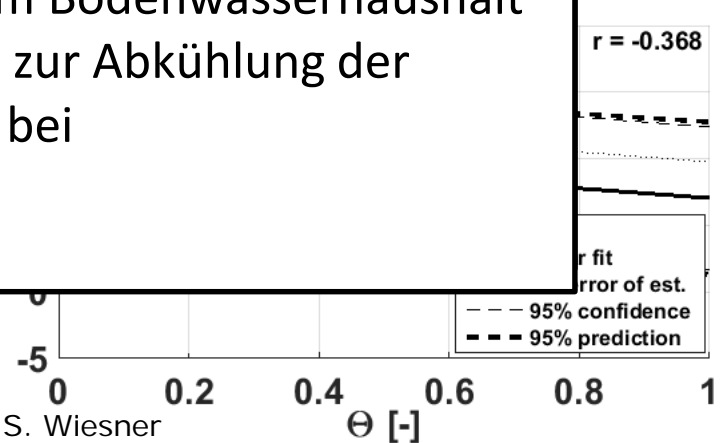


# Zusammenhang Oberbodenwassergehalt $\Theta$ und Spanne der Lufttemperatur $T_a$

6 °C {



➔ Böden mit unterschiedlichem Bodenwasserhaushalt tragen unterschiedlich stark zur Abkühlung der Lufttemperatur in der Stadt bei



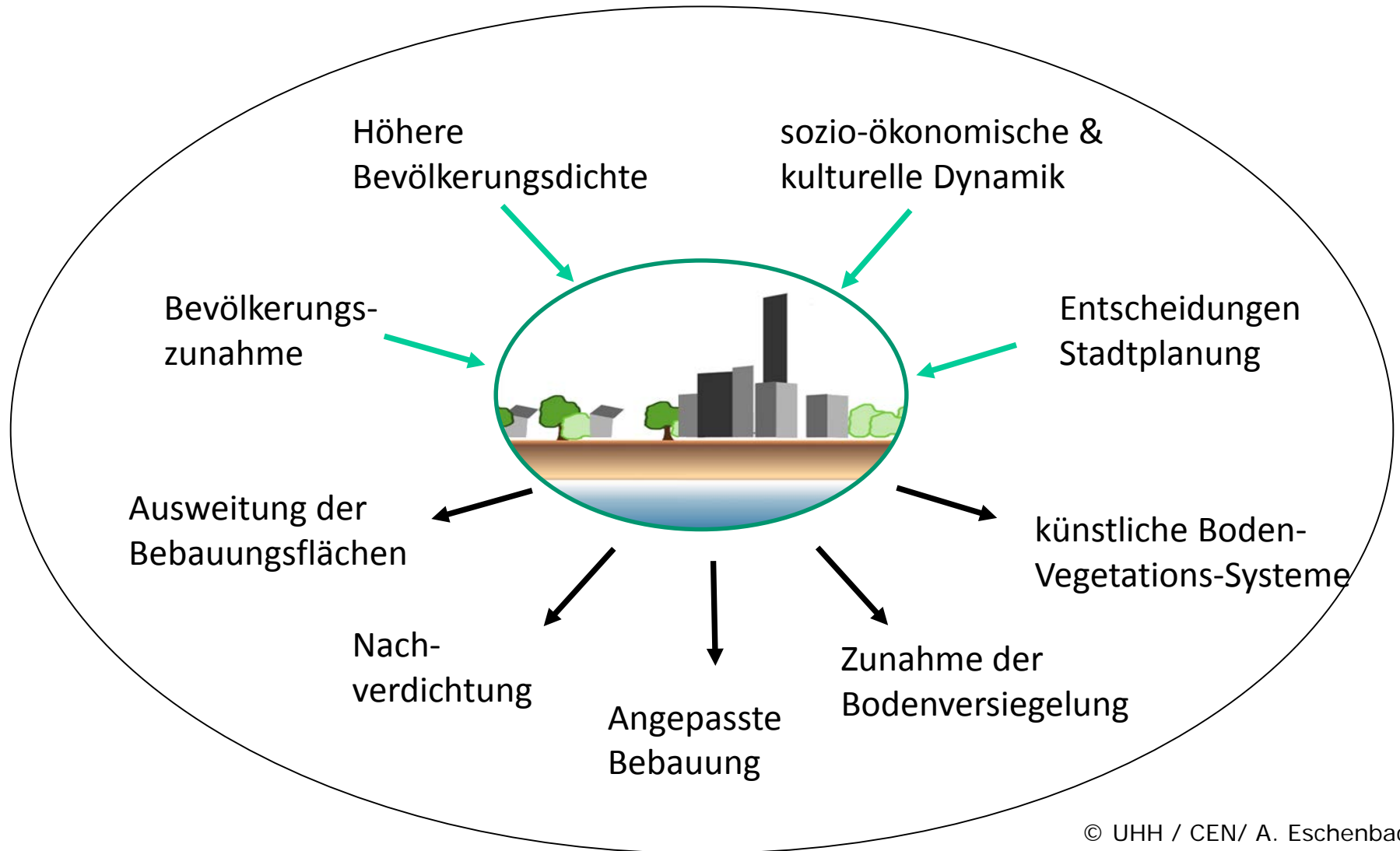
© UHH / CEN/ S. Wiesner

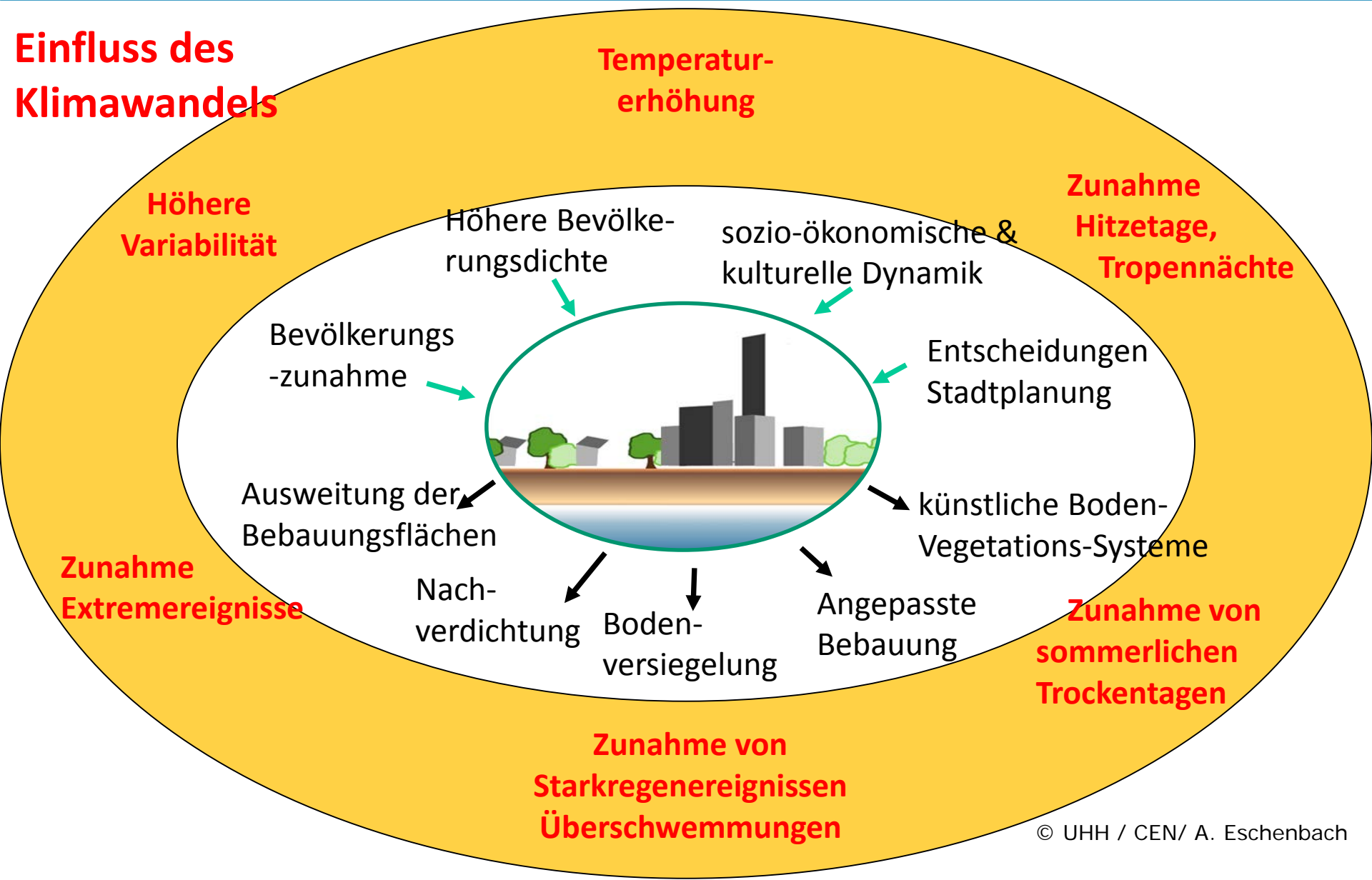
**Datenauswahl:** kein Niederschlag,  $\emptyset$  Windgeschwindigkeit  $> 2$  m/s,  $\emptyset$  Wolkenbedeckung  $\leq 6/8$ , Solarstrahlung  $\geq 1.5$  kWh/m<sup>2</sup>

## Abkühlungsfunktion von Böden ist abhängig:

- von der **Versiegelung** und damit der Veränderung der Energie- und Wasserflüsse (Evapotranspiration) zwischen Boden und Atmosphäre
- von dem **Bodenwasserhaushalt**: Die Wasserverfügbarkeit steuert die aktuelle Verdunstung signifikant, mit zunehmender Austrocknung der Böden nimmt die Kühlleistung ab. Bei mittleren Wasserspannungen über pF2.5 reduzierte sich die Kühlleistung auf weniger als 60 % der potentiellen Verdunstung. Durch Grundwassernähe können auch an Hitzetagen hohe Kühlleistungen erzielt werden
- von der **Vegetation** am Standort
- sowie von der kleinräumigen **Wettersituation**

# Städte im Wandel: Multiple Transformationen





## Was erwartet uns ..... ?

- Weitere **Flächeninanspruchnahme** → Städte wachsen nach Außen und Innen, Urbanisierungsgradient mit weiter steigender Bodenversiegelung
- Durch **Klimawandel** verschärfte Bedingungen und gestiegenen Anforderungen
- Immer **weniger Flächen** mit naturnahen Böden oder anthropogen veränderten vegetationsbestandenen Stadtböden sollen die wichtigen Boden- / Ökosystemfunktionen übernehmen und das am Besten da wo sie nicht mehr vorhanden sind
- **Wichtigste Funktionen von Böden in Städten:**
  - **Klimafunktion:** Abkühlungsfunktion und Speicherung von Treibhausgasen
  - **Wasserregulation:** Infiltration und Versickerung (Starkregen), Speicherung und Bereitstellung pflanzenverfügbaren Wassers (Trockenperioden)
  - **Schadstoffregulation:** Schadstoffpuffer, -Filter, -Abbau
  - **Nährstoffregulation:** Stoffkreisläufe
  - **Lebensraumfunktion** für Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen
  - **Archivfunktion** der Natur- und Kulturgeschichte
  - **Nahrungsmittelproduktion**

## Was folgt daraus ..... ?

1. Schutz und Erhalt von bewachsenen unversiegelten Flächen und Böden auch in innerstädtischen Quartieren
2. Erreichung des Nachhaltigkeitszieles den Flächenverbrauch zu stoppen (Zero-Nettoverbrauch)
3. Klimafunktion von Böden als Bodenfunktion anerkennen
4. Schutz und Erhalt von naturnahen Böden insbesondere mit hoher (Multi-) Funktionalität – keine Eingriffe (Versiegelung, Verdichtung, Abgrabung oder Auftrag) solange noch bereits beanspruchte Flächen zur Verfügung stehen
5. Bei Baumaßnahmen geregelter Umgang mit und Schutz von Böden und Bodeneigenschaften (z.B. Vermeidung von Verdichtungen)
6. Bei stadtplanerischen Umsetzungen Aufbau von künstlichen Boden-Vegetations-Einheiten mit hoher Funktionalität, z.B. günstige Bodenarten, hohe Wasserspeicherkapazität und Wasserleitfähigkeit, gezielte Lenkung von Abfluss und Infiltration



# Danke für die Aufmerksamkeit

Städtische Böden im Klimaschutz in Nordrhein-Westfalen 17.11.2016

