

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



© panthermedia.net / kwest

Stadtklima: (Fast) alles bekannt – Wir müssen nur noch handeln

Johann Hessel
Dr. Heike Noppel
Deutscher Wetterdienst



1 Das Stadtklima

2 Was wurde gemacht?

- Der Beitrag des DWD
- Modellgebiet und Eingangsdaten

3 Ergebnisse I: Belastungspotenzial

- Sommertage, heiße Tage, Tropennächte
- Bioklima

4 Ergebnisse II: Entlastungspotenzial

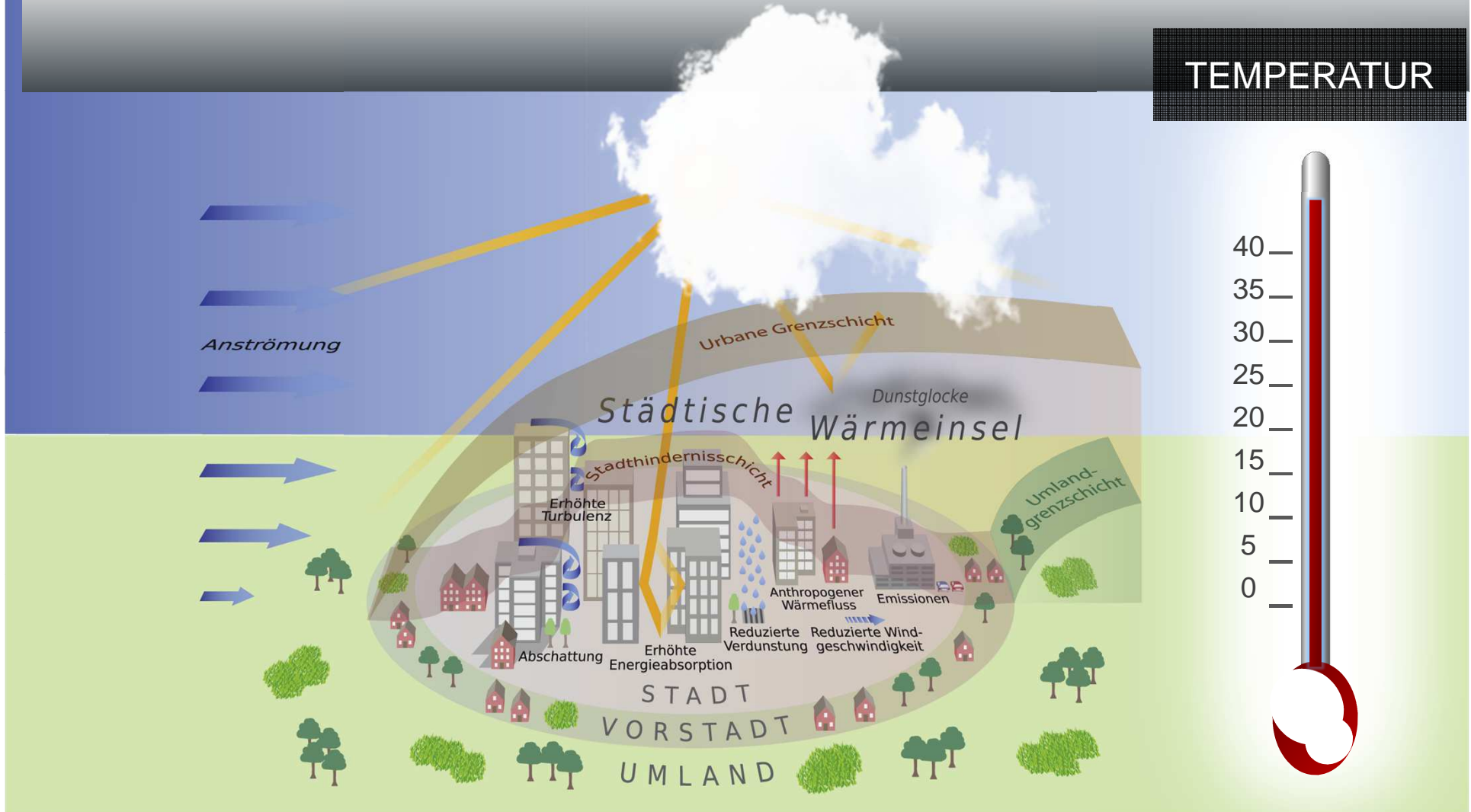
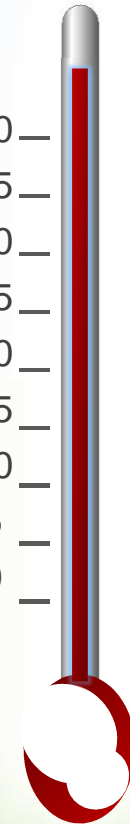
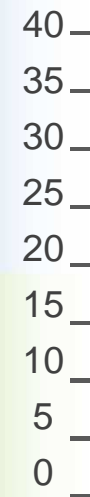
- Kaltluftanalysen

5 Zusammenfassung

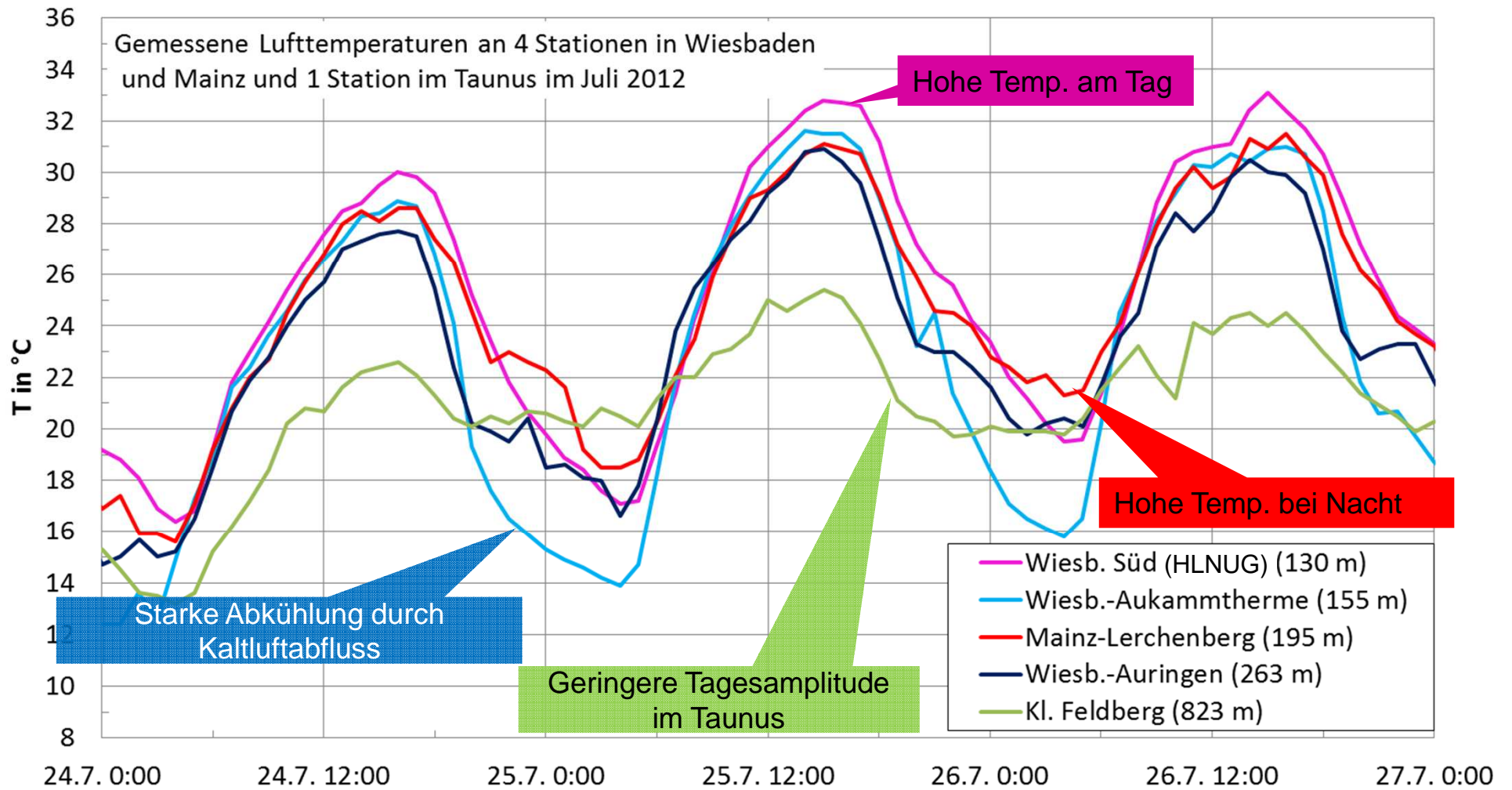


Städte entwickeln ihr eigenes Klima

TEMPERATUR



Überlagerung von städtischer Wärmeinsel und Geländeeffekt



AP 3: „Klimaanalyse und -projektion für das erweiterte Stadtgebiet Wiesbaden und Mainz“

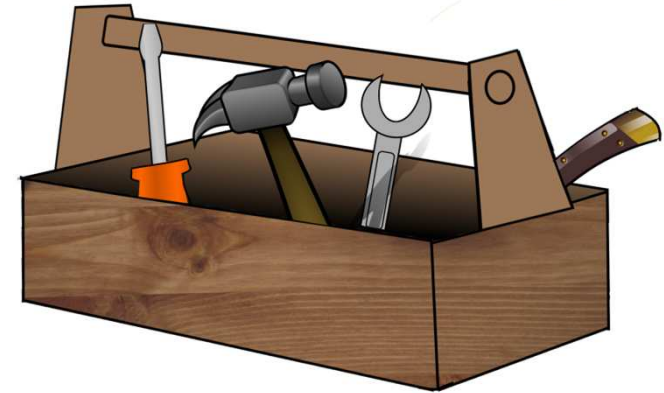
Fokus: Problembereich Hitze (Temperatur)

Inhalt:

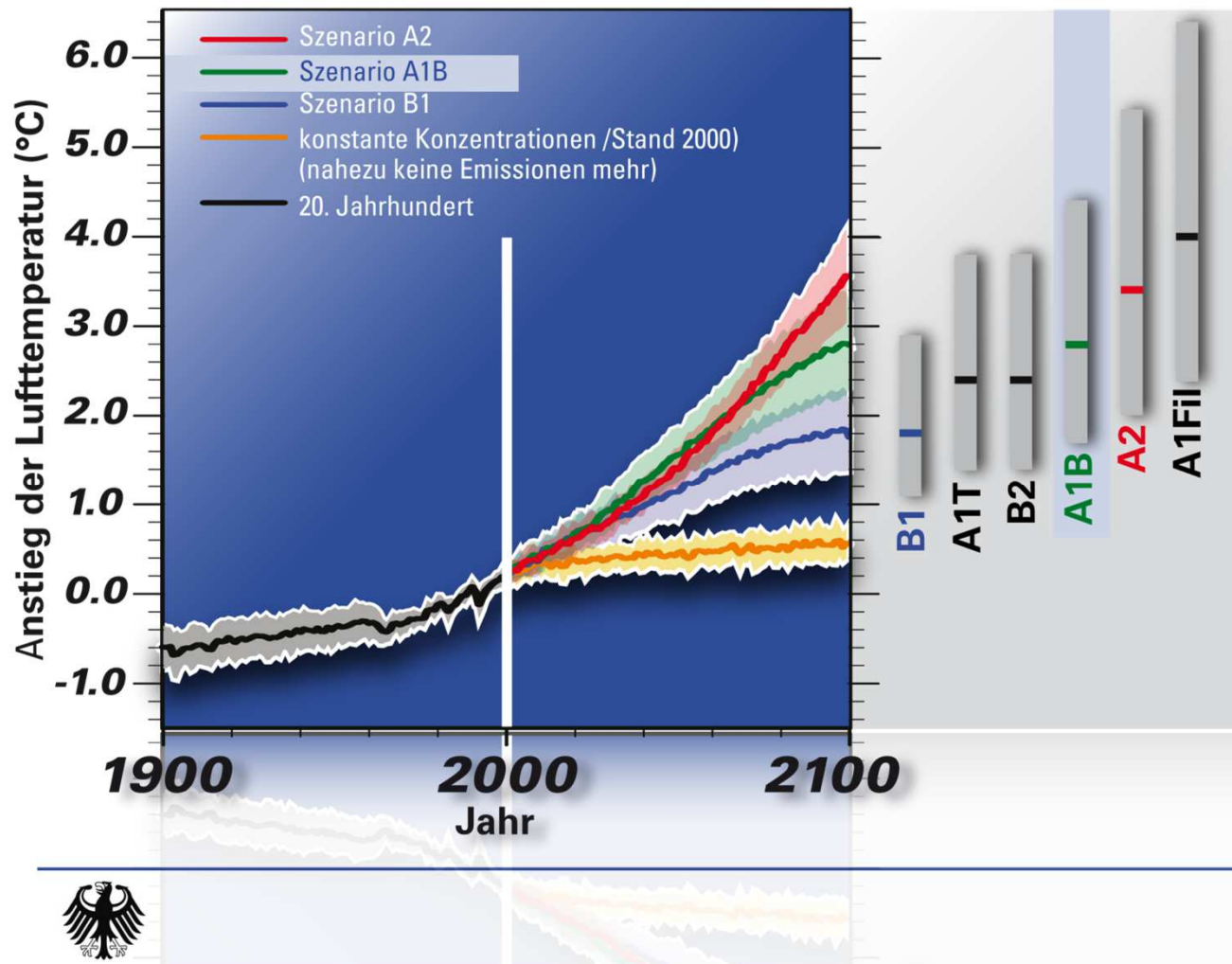
- Wie ist das Klima in den beiden Städten heute? (1971 – 2000)
- Wie wird es sich zur Mitte des Jahrhunderts verändern? (2031 – 2060)
- Auf welche Flächen wird nachts besonders viel Kaltluft gebildet? Wo liegen wichtige Kaltluftbahnen?

Werkzeuge zur Untersuchung des Stadtklimas

- Messungen (DWD-Stationen Mainz-Bretzenheim, Wiesb.-Süd, Wiesb.-Auringen, Frankfurt/M.)
- Globale und Regionale Klimaprojektionen
- Stadtklimamodell des DWD
- Klima-Michel-Modell → Gefühlte Temperatur, Wärmebelastung (Bioklima)
- Werkzeuge zur Analyse nächtlicher Kaltluftbildung und Kaltluftabflüsse



Globale Modelle berechnen die Veränderung der Lufttemperatur für die Emissionsszenarien



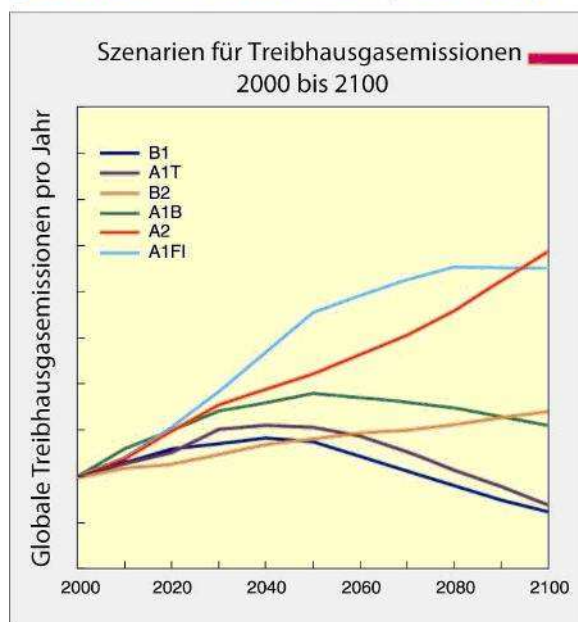
Lufttemperatur

Je nach Entwicklung der anthropogenen Emissionen ergeben sich verschiedene Erwärmungs-Szenarien.

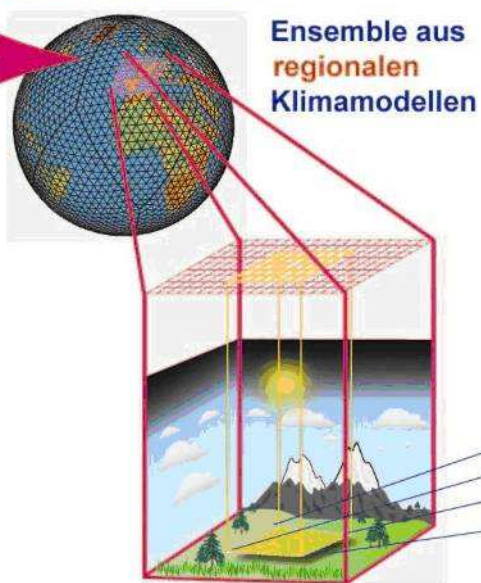
„Downscaling“ von der globalen über die regionale Skala auf die Stadt

- Emissionszenario A1B
- 17 regionale Klimaprojektionen
- Simulationen mit dem Stadtklimamodell des DWD (MUKLIMO_3)

globale Zukunftsszenarien (IPCC 2007)



globale Klimamodelle



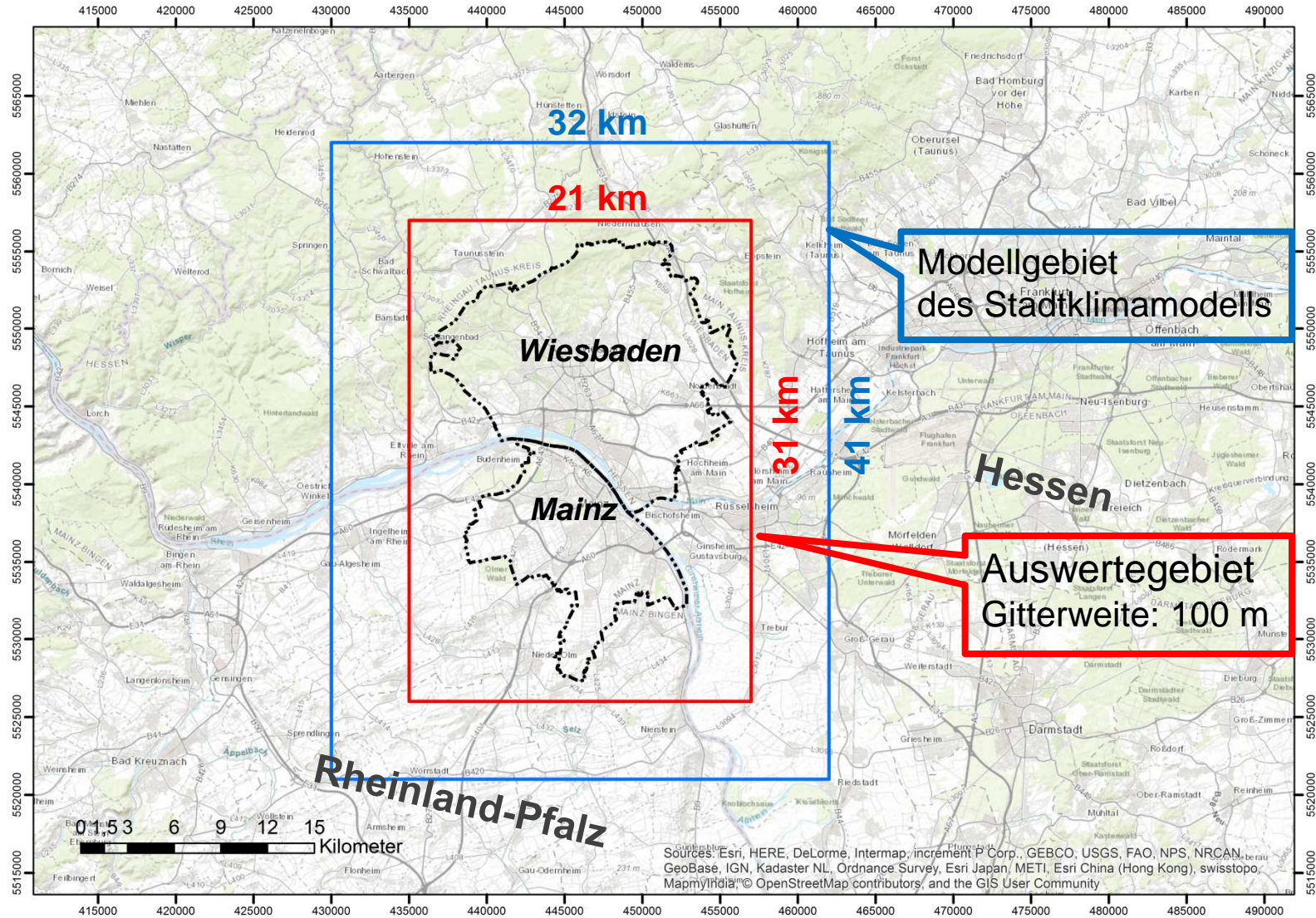
Wirkmodelle, Beispiel:
Stadtklimamodell

Stadtklimamodell

Modellgebiet



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

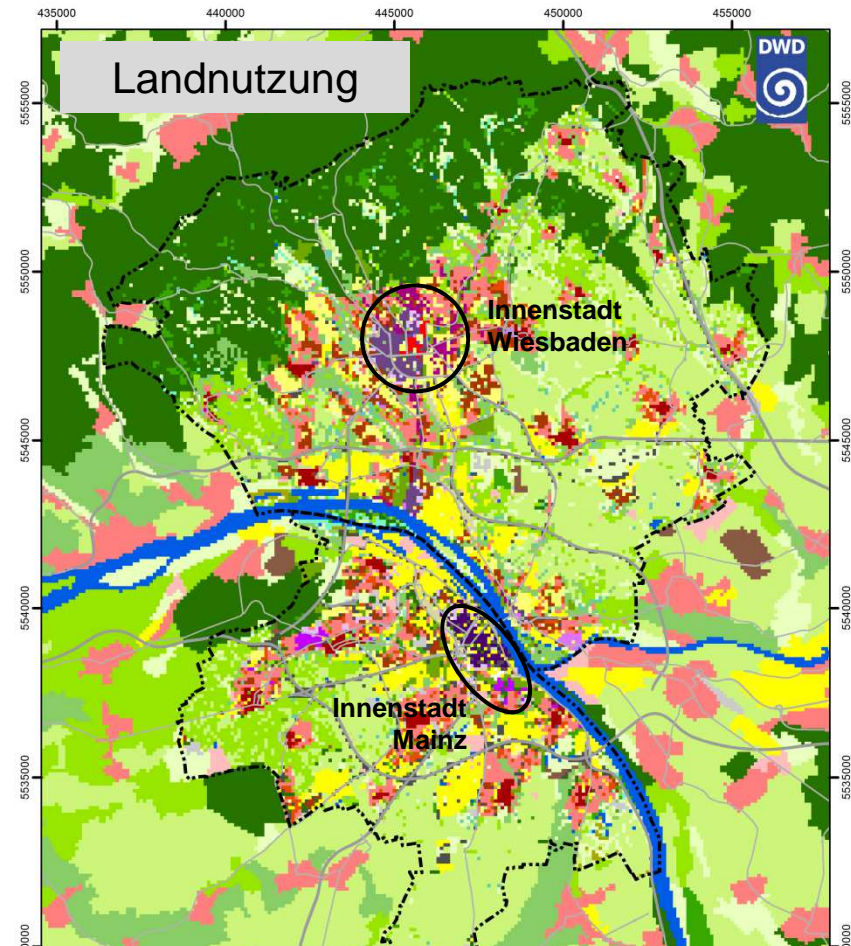
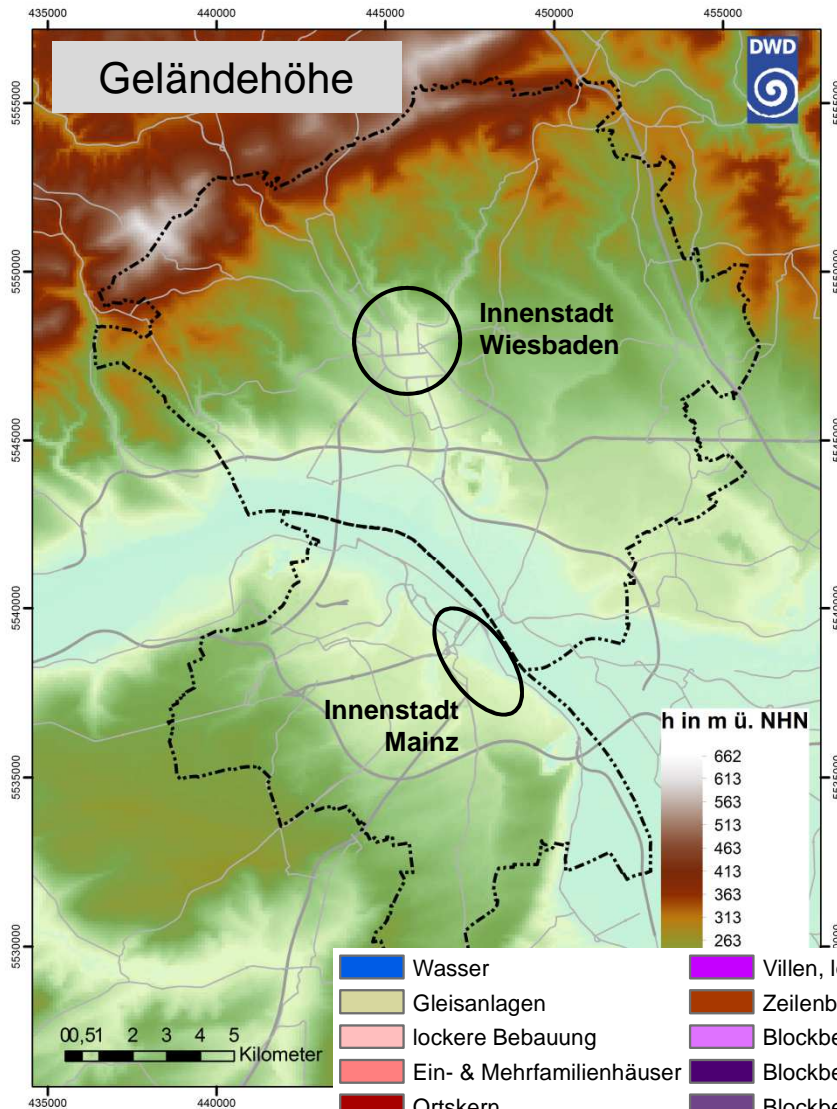


18. August 2018

Eingangsdaten



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



- | | | | |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Wasser | Villen, locker | Großformenbebauung | Ackerfläche |
| Gleisanlagen | Zeilenbebauung | Öffentl. Geb., Industrie- & Lagergeb. | Feuchtwiese, Sumpf |
| lockere Bebauung | Blockbeb., niedrig | Landwirtschafts-, Gartenbaubetrieb | Weinbau, Gärten |
| Ein- & Mehrfamilienhäuser | Blockbeb., dicht | Verkehrsfläche | Streuobst, Sonderkulturen |
| Ortskern | Blockbeb., hoch | teilversiegelt | Park, Friedhof |
| Reihenhaussiedlung | Blockrandbebauung | Abbaufäche, Brache | Vorwaldstadium |
| Villenbebauung | Citybebauung, ab Mitte 19. Jh. | Grünland | Wald |
| | | | Auenwlad |



Ergebnisse I: Belastungspotential



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



18. August 2018

Sommertage, heiße Tage, Tropennächte



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



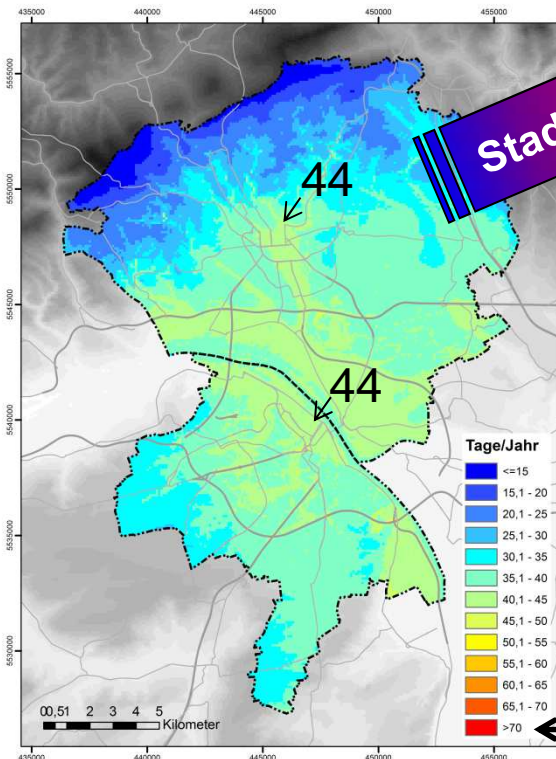
Sommertage
($T_{max} \geq 25 \text{ °C}$)

Klima 1971-2000,
aktuelle Bebauung

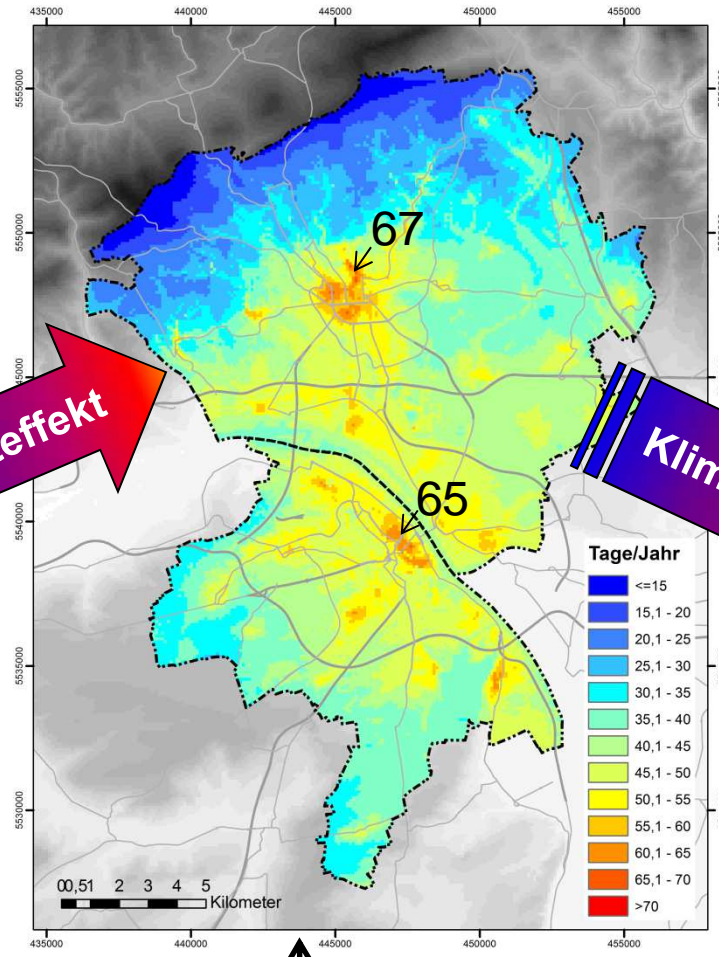
Klima 1971-2000,
keine Bebauung

Basis: 16 Simulationen mit
Stadtklimamodell &
17 Klimaprojektionen (RCMs)

Klima 2031-2060,
(Median)
aktuelle Bebauung

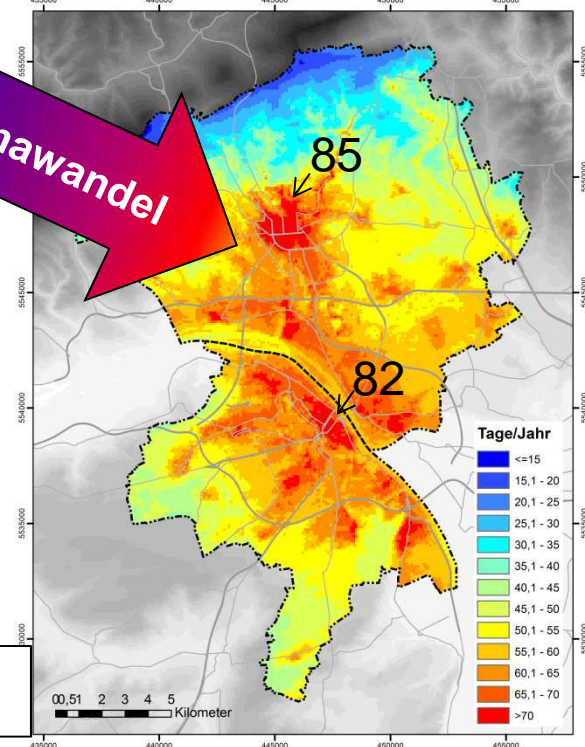


Stadteffekt



Klimawandel

Basis: je 16 Simulationen mit einem Stadtklimamodell
& Messungen 1971-2000 in Frankfurt/M.



Sommertage, heiße Tage, Tropennächte



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

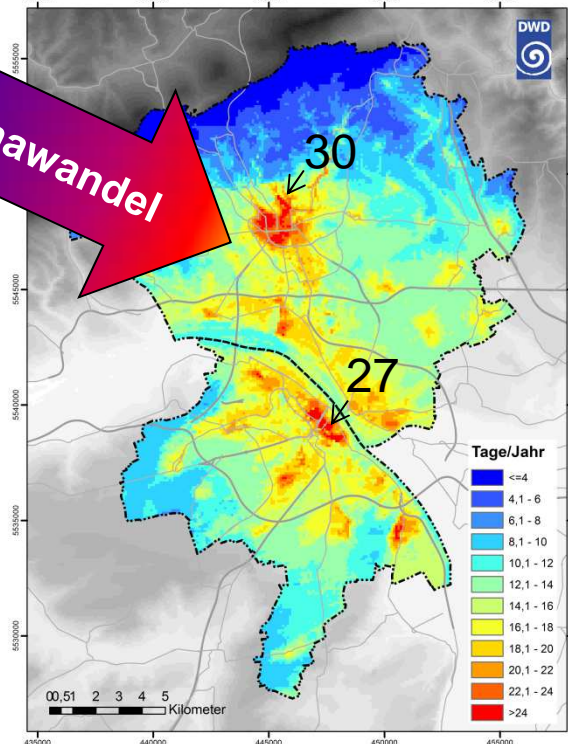
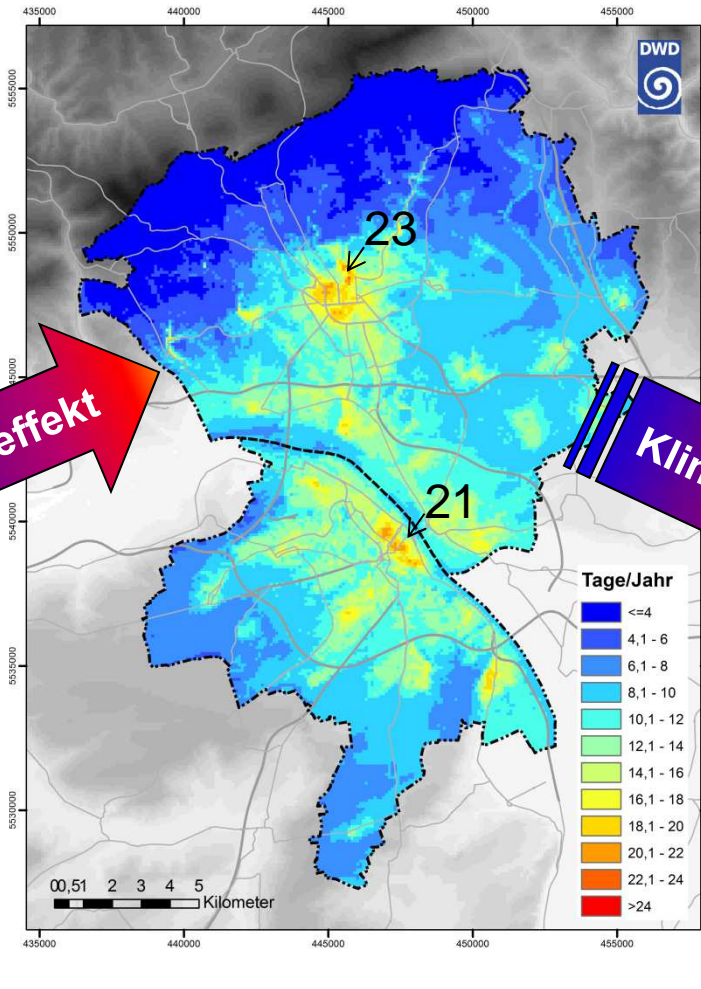
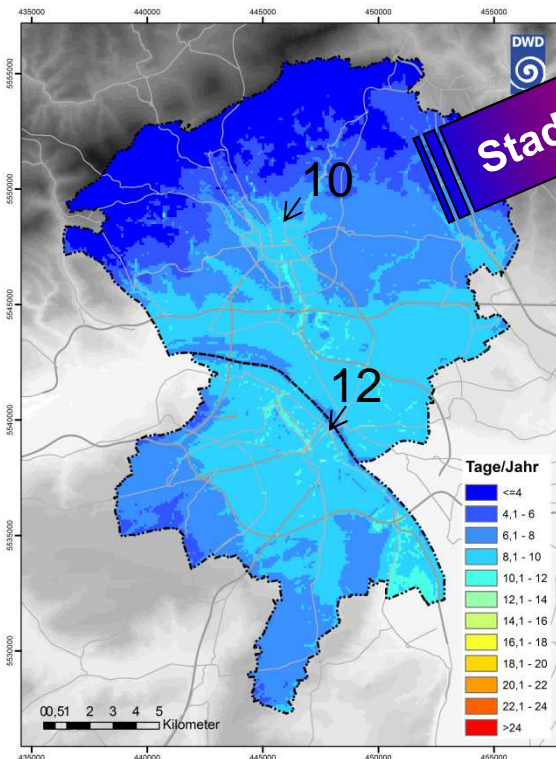


Heiße Tage / Jahr
($T_{max} \geq 30 \text{ °C}$)

Klima 1971-2000,
aktuelle Bebauung

Klima 1971-2000,
keine Bebauung

Klima 2031-2060,
(Median)
aktuelle Bebauung



Sommertage, heiße Tage, Tropennächte



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

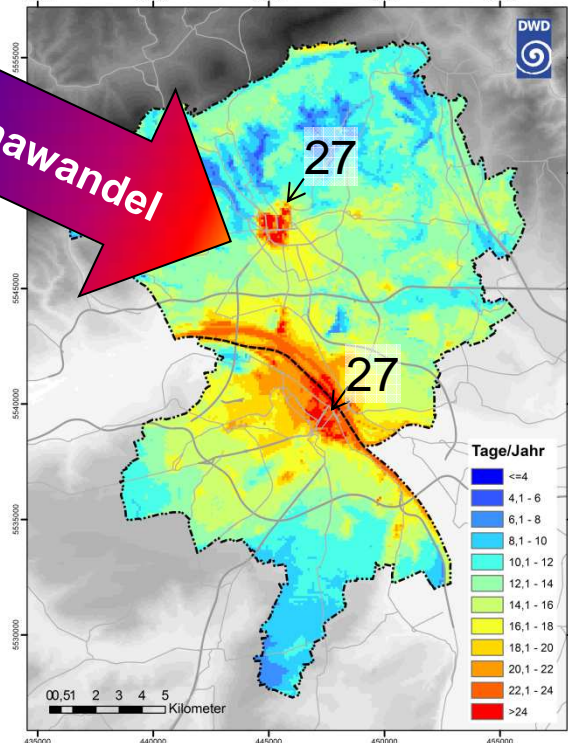
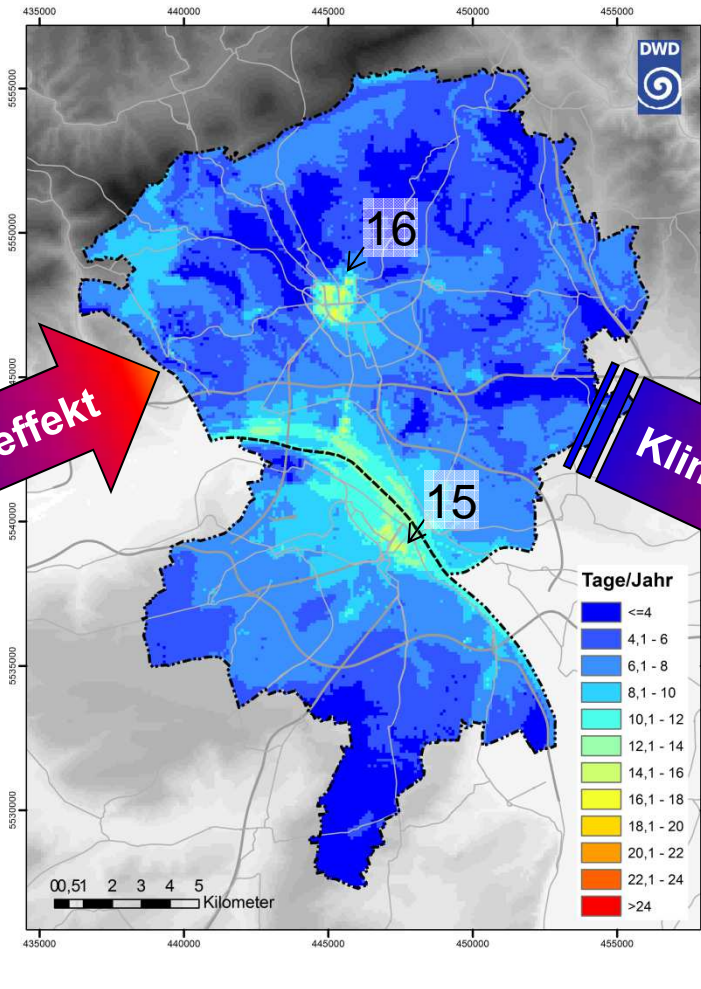
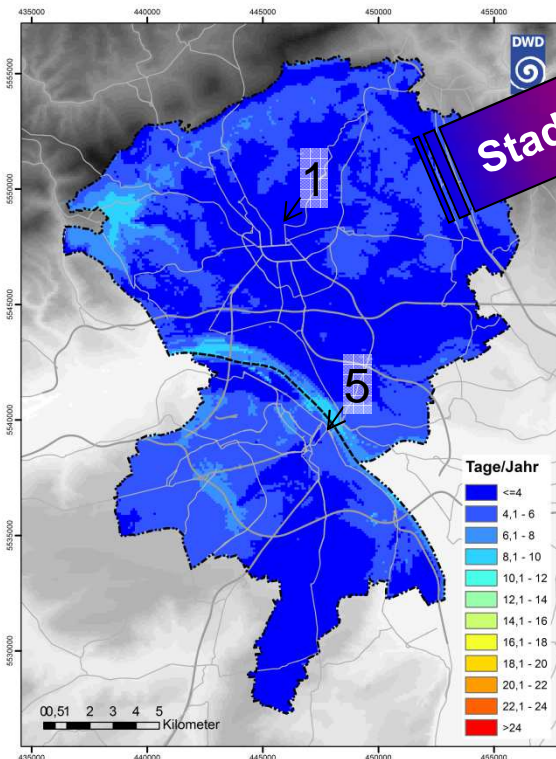


Tropennächte / Jahr
($T_{min} \geq 20 \text{ °C}$)

Klima 1971-2000,
aktuelle Bebauung

Klima 1971-2000,
keine Bebauung

Klima 2031-2060,
(Median)
aktuelle Bebauung



Stadteffekt

Klimawandel

Lufttemperatur / **Gefühlte Temperatur** (→ **Wärmebelastung**) in Fußgängerzonen mit und ohne Beschattung

Roßmarkt/ Hauptwache/ Zeil im Vergleich
Messungen am 20.07.06 nachmittags
wärmster Tag im Sommer 2006

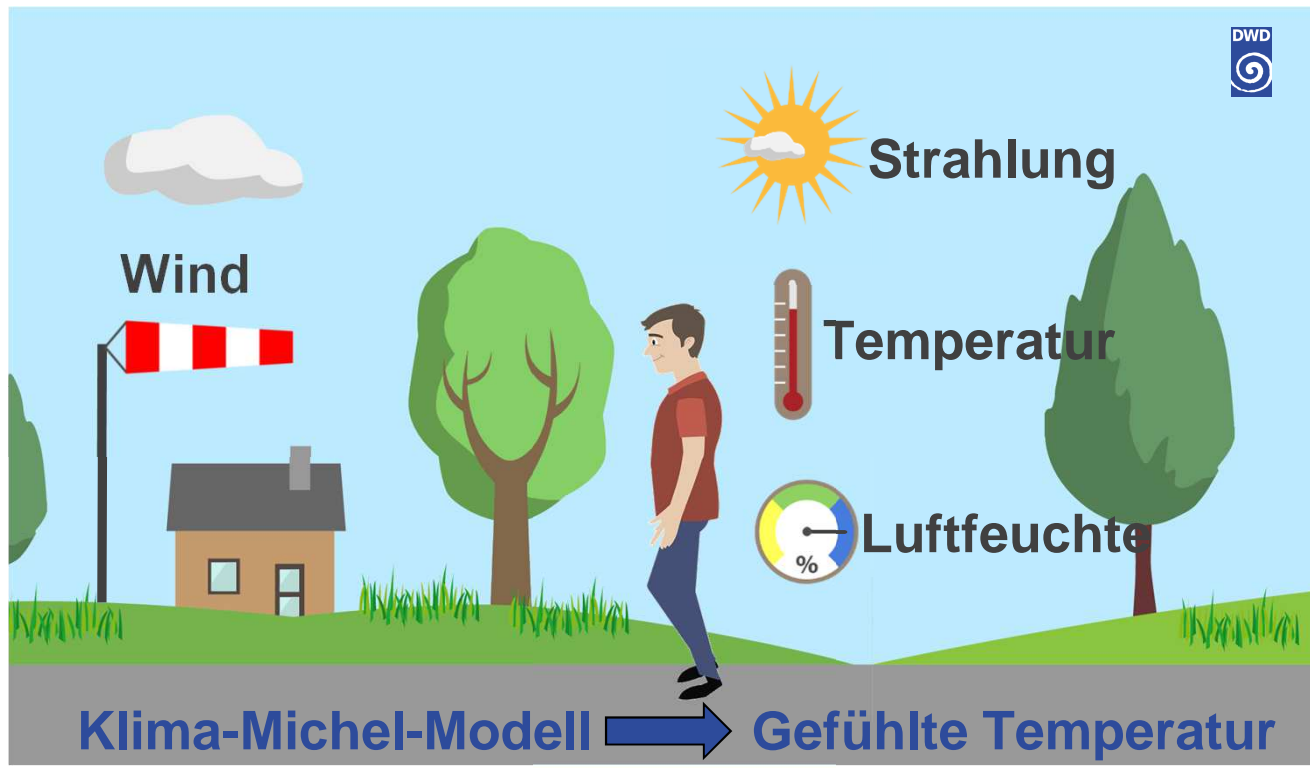
Lufttemperatur
Gefühlte Temperatur



Medizinischer Aspekt (Gefühlte Temp. → Wärmebelastung)

Die Gefühlte Temp. ist ein Maß für das Wärmeempfinden des Menschen unter Berücksichtigung aller wichtigen Einflussgrößen (Temperatur, Strahlung, Wind, Feuchte, Bekleidung und Aktivität des Menschen)

Berechnet wird sie mit dem **Klima-Michel-Modell**



Klima Michel - Definition eines Norm-Menschen

- Größe 1,75 m
- Gewicht 75 kg
- Körperoberfläche 1,78 m²
- 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





Lufttemperatur / Gefühlte Temperatur (→Wärmebelastung)

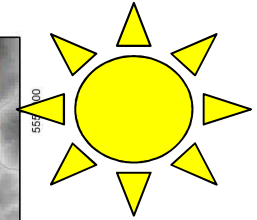
Ergebnisse aus dem Stadtklimamodell für einen windschwachen, heißen, trockenen Tag(mit aktueller Bebauung)



Lufttemperatur / Gefühlte Temperatur (→ Wärmebelastung)

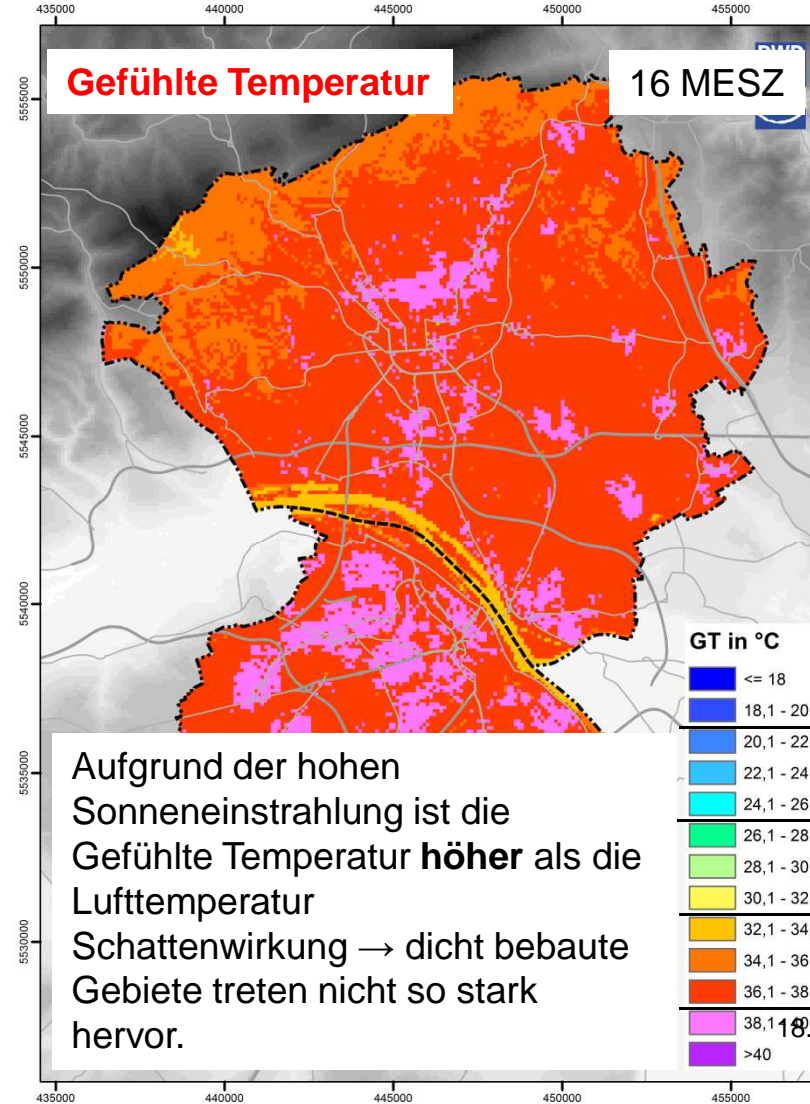
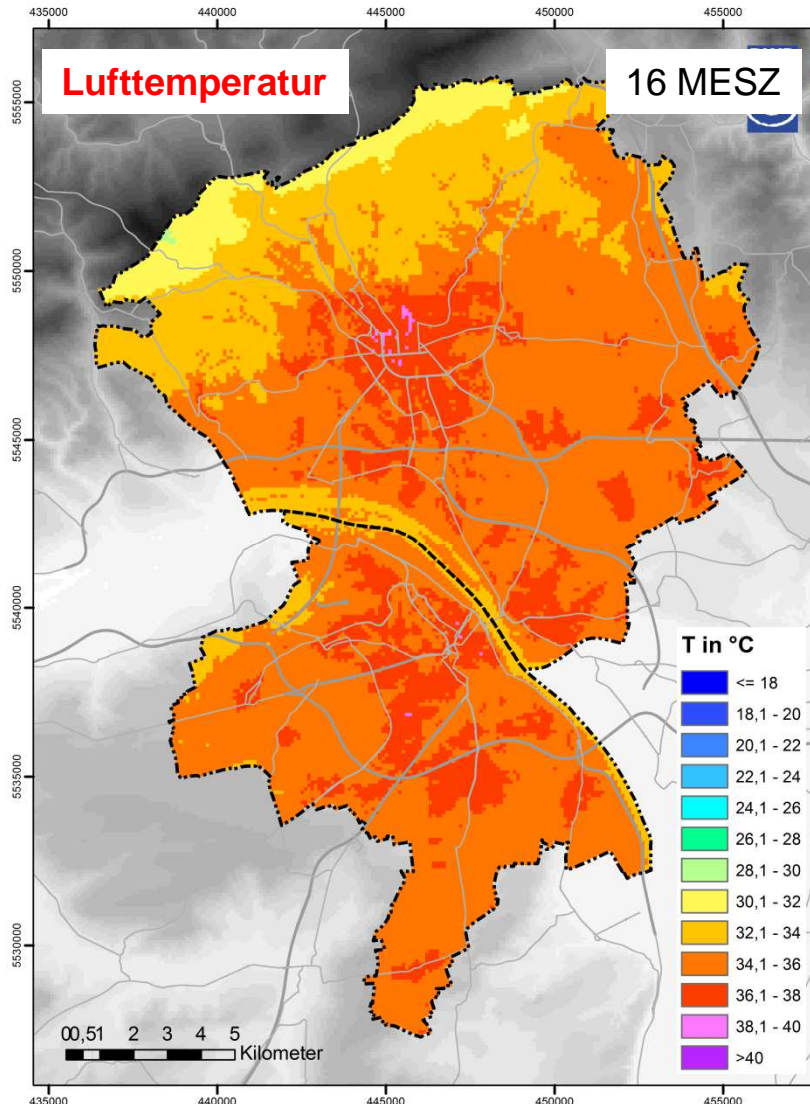
Ergebnisse aus dem Stadtklimamodell für einen windschwachen, heißen, trockenen Tag (mit aktueller Bebauung)

Tag



Zeit der maximalen Temperatur

Wärmebelastung



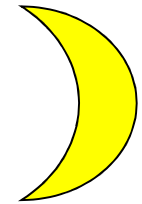
| |
|---------|
| keine |
| schwach |
| mäßig |
| stark |
| extrem |

18. August 2018

Lufttemperatur / Gefühlte Temperatur (→ Wärmebelastung)

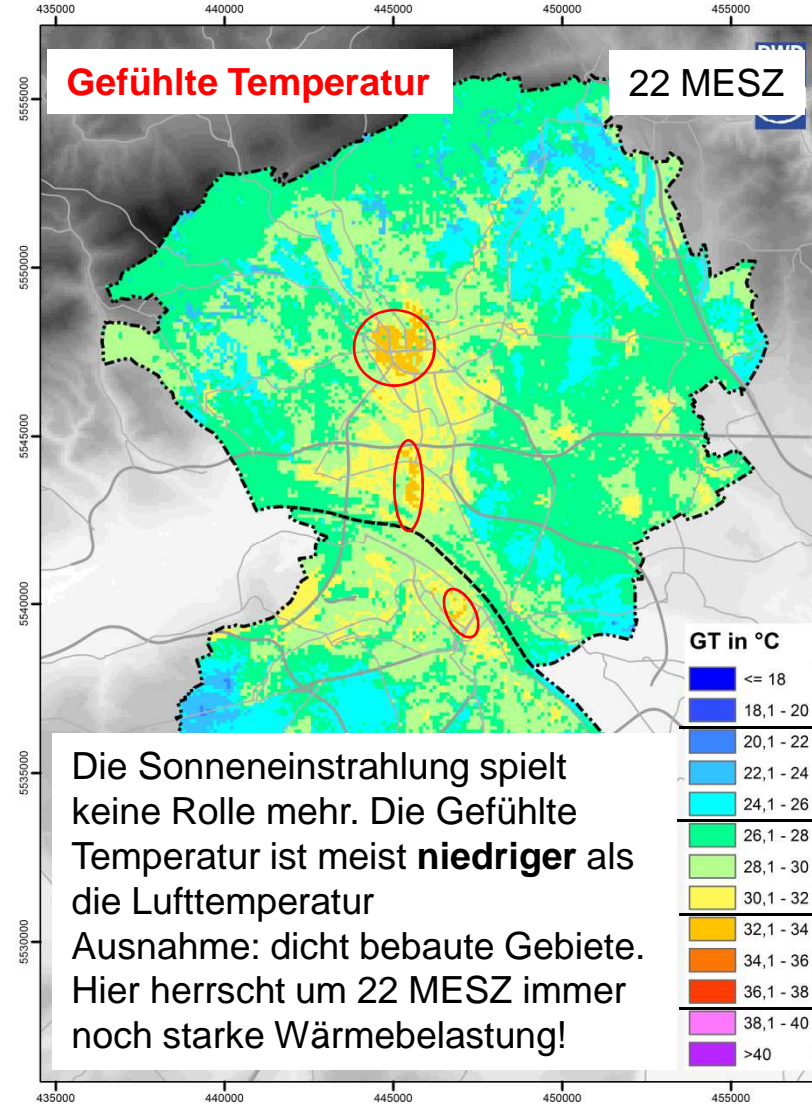
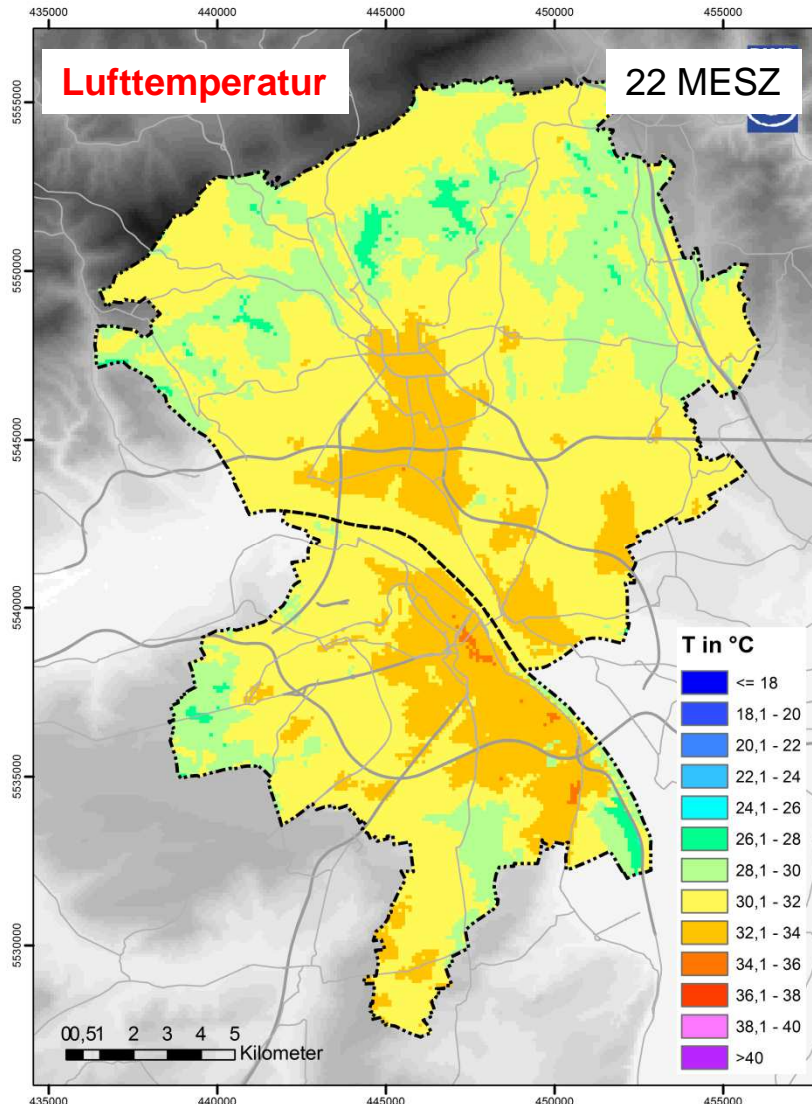
Ergebnisse aus dem Stadtklimamodell für einen windschwachen, heißen, trockenen Tag (mit aktueller Bebauung)

Abend



ca. 45 min nach
Sonnen-
untergang

Wärme-
belastung



- keine
- schwach
- mäßig
- stark
- extrem

Wir wissen also:

- **Welche Gebiete besonders viele Sommertage, heiße Tage oder Tropennächte aufzuweisen haben**
(*Innenstädte, Ortskerne von W.-Biebrich, M.-Mombach, M.-Bretzenheim, ...*)
- **Dass (dichte) Bebauung zu einer deutlichen Erhöhung führt.**
z.B. in den *Innenstädten* zu einer Verdoppelung der heißen Tage (+10 bis +13)
- **Mit welcher Zunahme der Sommertage, heißen Tage und Tropennächte bis 2031-2060 zu rechnen ist (incl. Unsicherheit durch Globale und Regionale Klimamodelle).**
In den tiefer gelegenen Gebieten beträgt die typische Zunahme z.B. (Median)
 - Sommertage: +15 (Innenstädte: +17)
 - Heiße Tage: +5 (Innenstädte: +6)
 - Tropennächte: +9 (Innenstädte: +11)
- **Wo bei unterschiedlichen Situationen und zu unterschiedlichen Tageszeiten eine hohe Belastung für den Organismus durch Wärme auftritt.**

Ergebnisse II: Entlastungspotential



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



18. August 2018

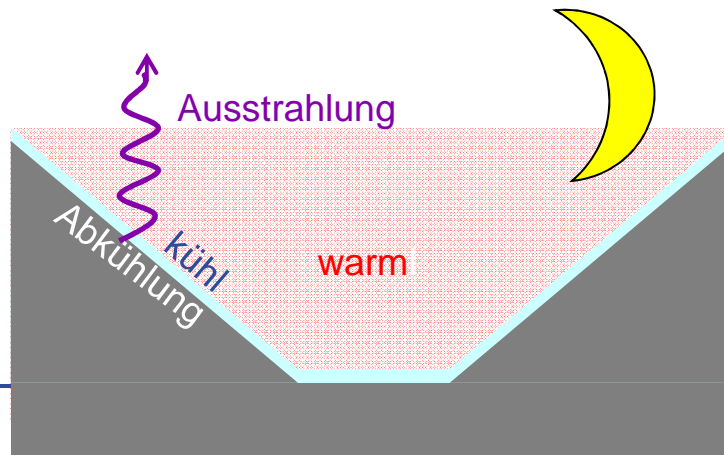
Kaltluft

→ Kaltluftbildung

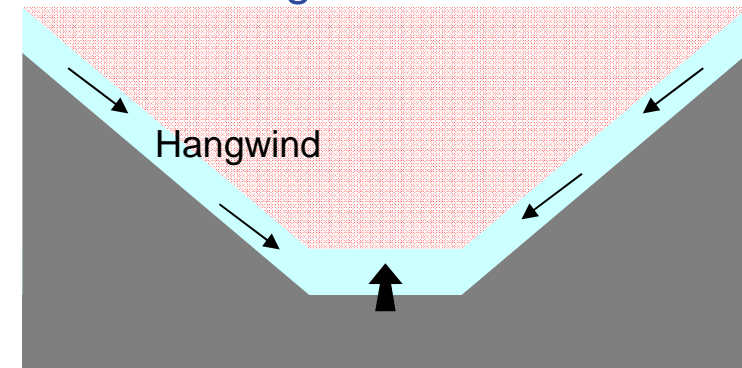
- Vor allem in wolkenlosen und windschwachen Nächten
- Viel über Freiflächen (Wiese, Acker)
- Wenig oder sogar „Vernichtung“ von Kaltluft in der Stadt

→ Kaltluftabflüsse

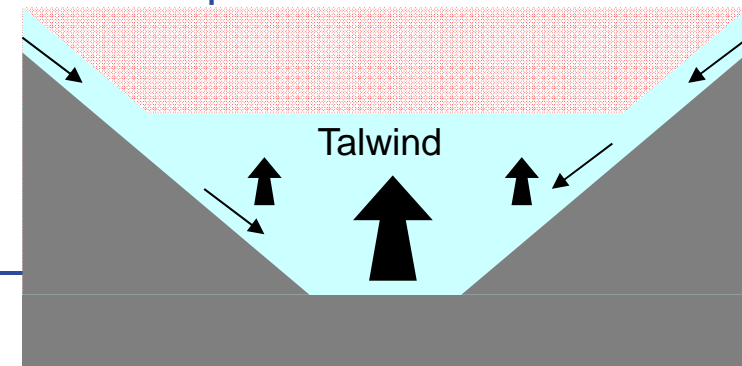
- Hangabwind (2 m/s, typische Dicke 30 m)
- Talabwind (1 m/s, typische Dicke 100 m)
- Verstärken die Durchlüftung in sonst windschwachen Situationen



zu Beginn der Nacht



später in der Nacht

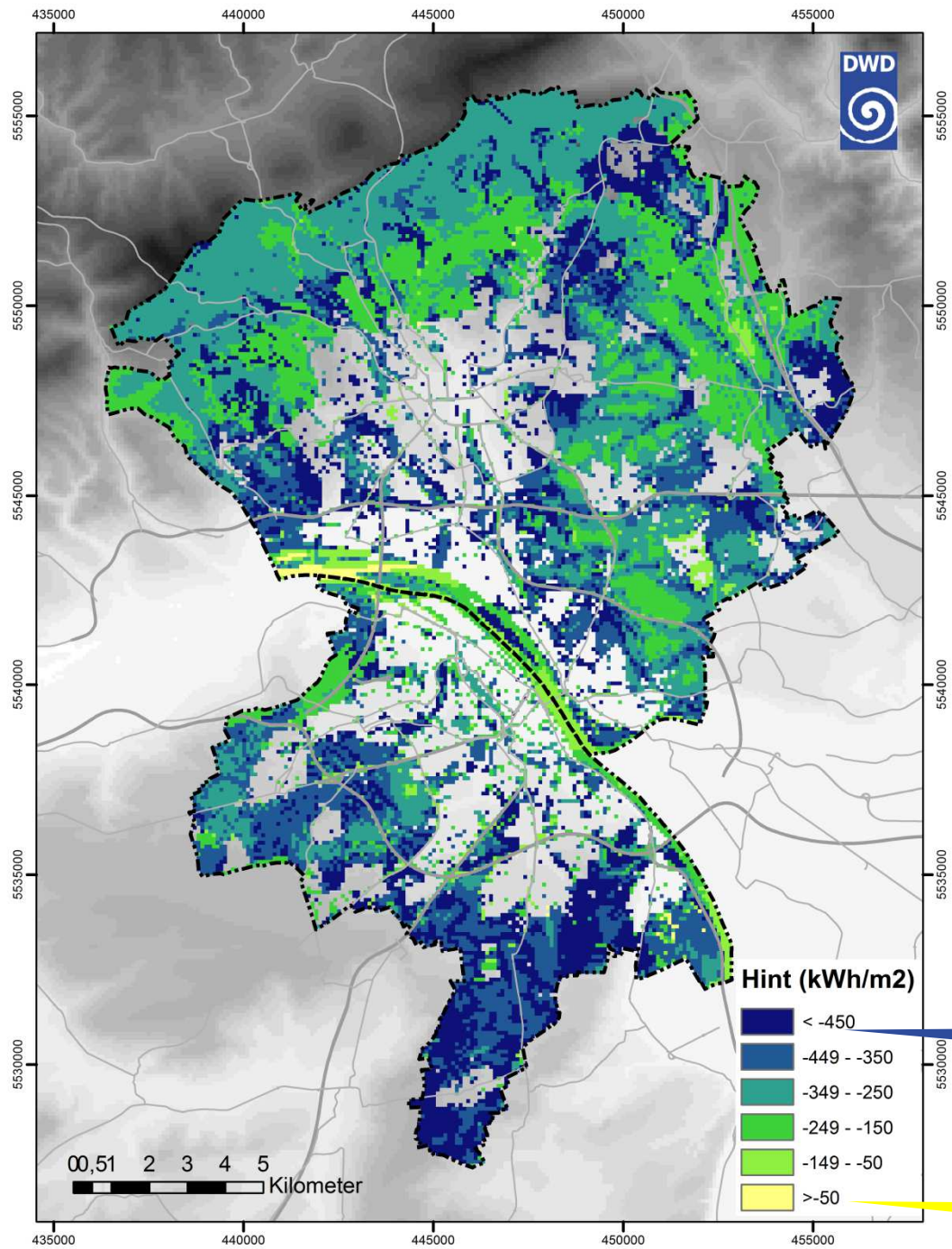


Kaltluftanalysen

→ Ziel: Erhaltung von *relevanten* Kaltluftentstehungsgebieten und Kaltluftschneisen

→ Fragen:

- Auf welchen Flächen wird besonders viel Kaltluft gebildet?
- Wohin fließt diese Luft? In die Stadt?
- Woher kommt die Luft in der Stadt? (Handelt es sich dabei um Kaltluft/Frischluff?)
- Wieviel Luft fließt und wie kalt ist sie?



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Ergebnisse aus dem Stadtklimamodell für einen windschwachen, heißen, trockenen Tag (mit aktueller Bebauung)

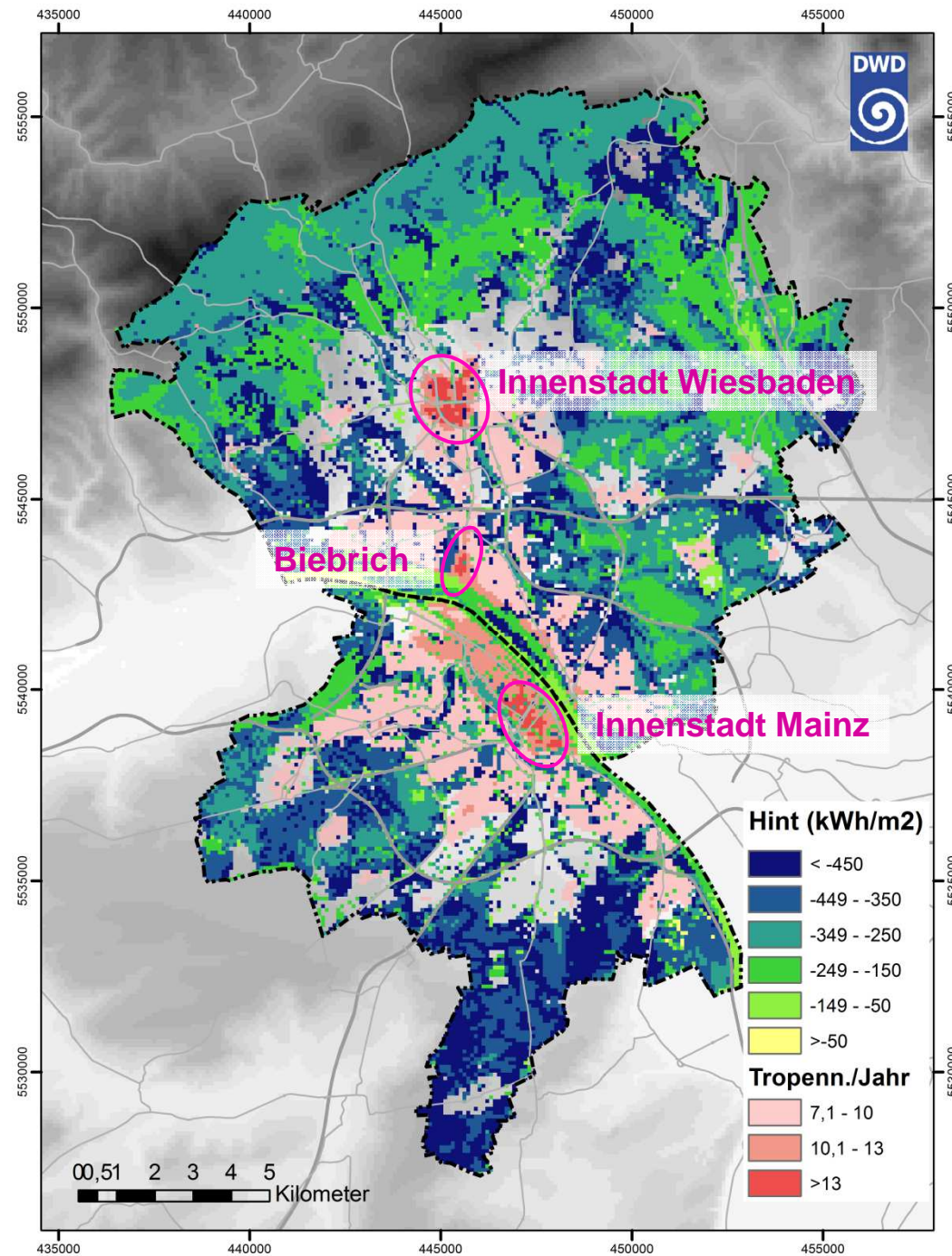
→ Kaltluftbildung

(Bebaute Flächen sind ausgenommen)

hoch

gering

18. August 2018



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



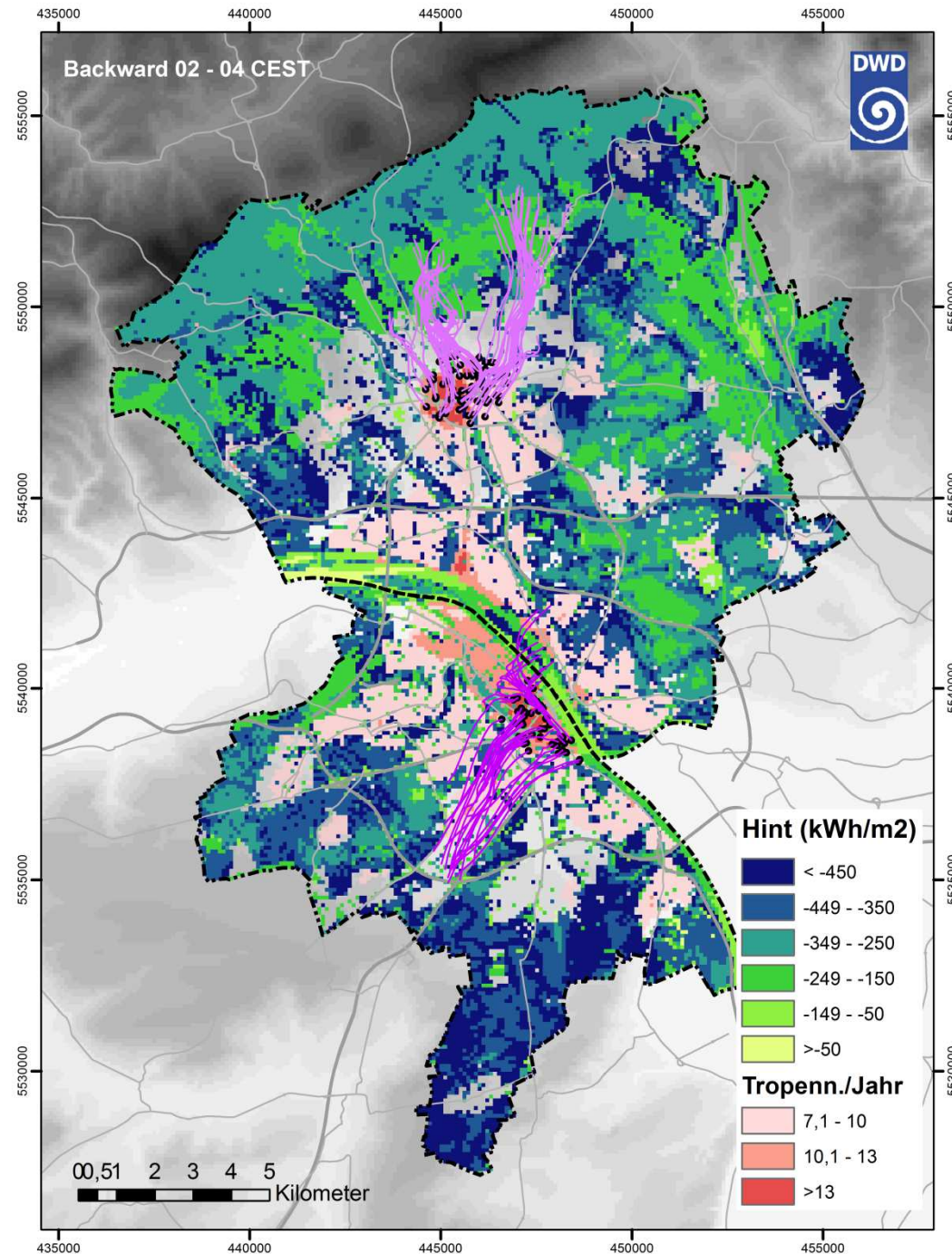
Ergebnisse aus dem Stadtklimamodell für einen windschwachen, heißen, trockenen Tag (mit aktueller Bebauung)

→ Kaltluftbildung

(Bebaute Flächen sind ausgenommen)

→ Tropennächte (nächtliche Wärme)

Die kalte Luft muss
irgendwie von den
Entstehungsgebieten
in die belasteten
Gebiete kommen!!



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Ergebnisse aus dem Stadtklimamodell für einen windschwachen, heißen, trockenen Tag (mit aktueller Bebauung)

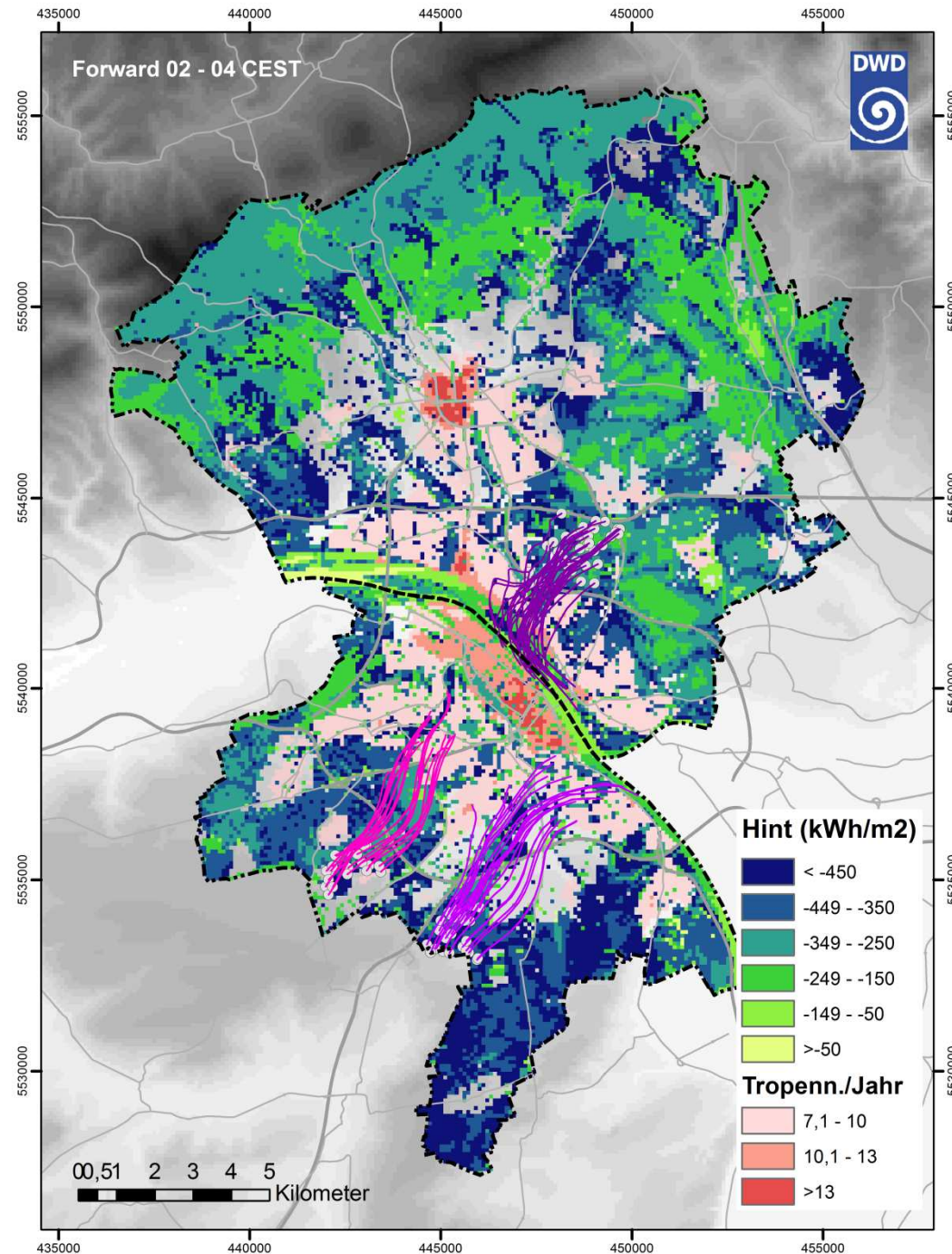
→ Kaltluftbildung

(Bebaute Flächen sind ausgenommen)

→ Tropennächte (nächtliche Wärme)

→ Rückwärtstrajektorien

Woher kommt die Luft in den belasteten Gebiete?



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Ergebnisse aus dem Stadtklimamodell für einen windschwachen, heißen, trockenen Tag (mit aktueller Bebauung)

→ Kaltluftbildung

(Bebaute Flächen sind ausgenommen)

→ Tropennächte (nächtliche Wärme)

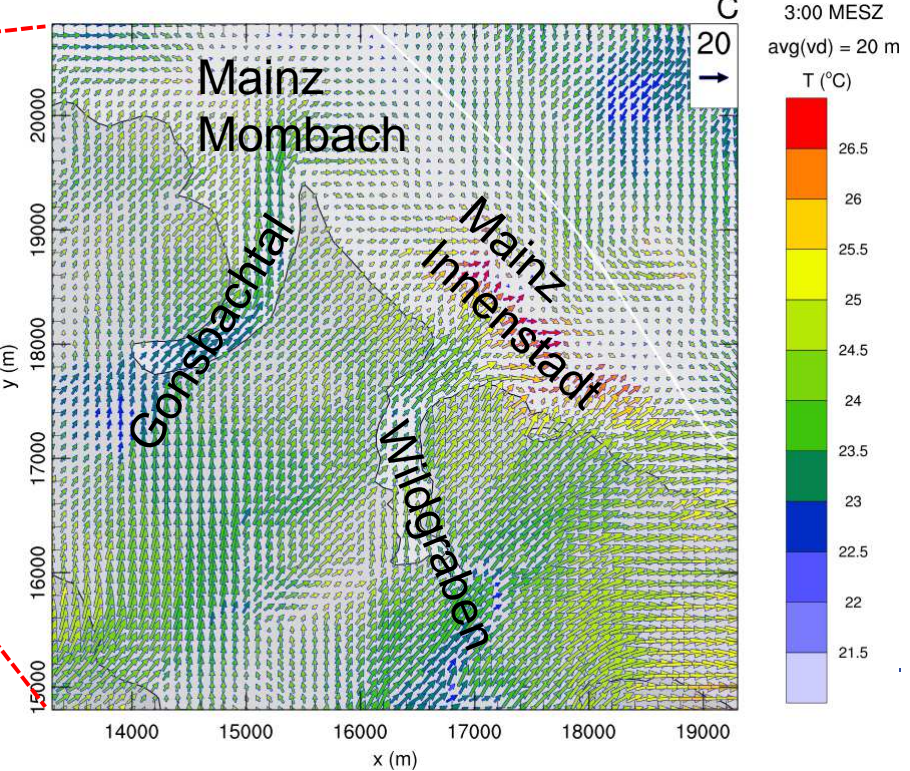
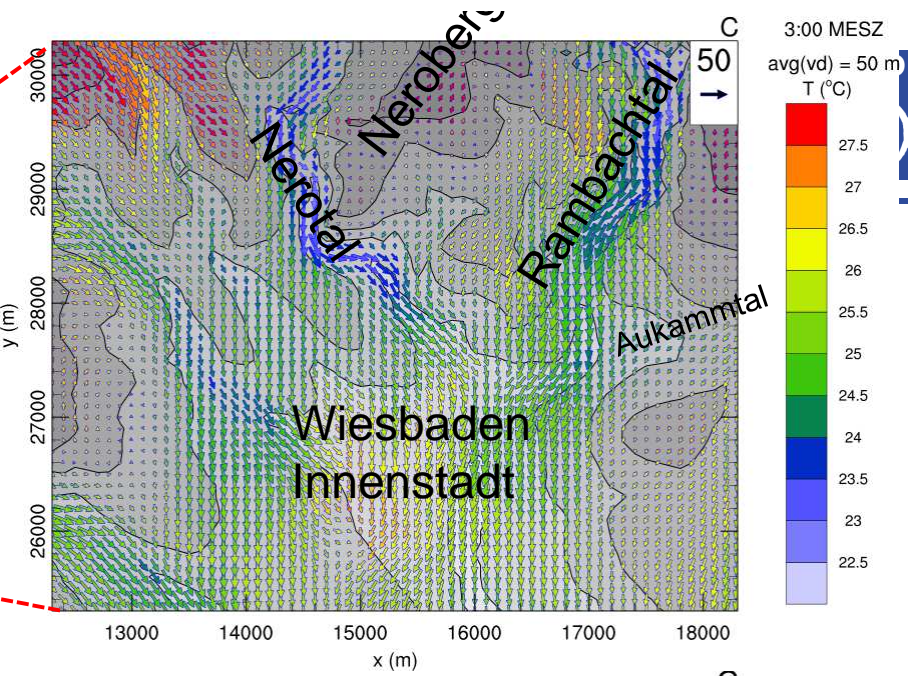
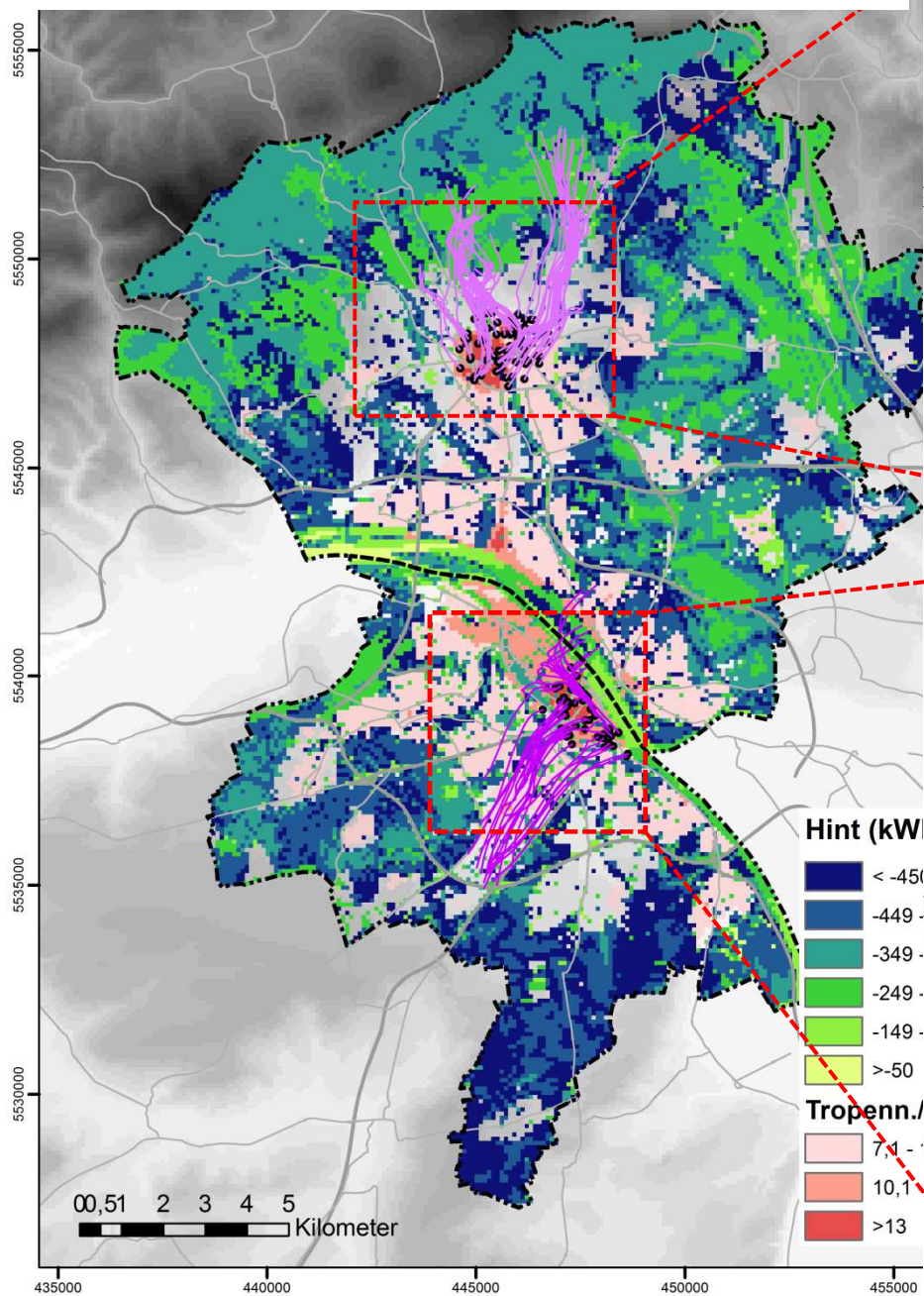
→ Rückwärtstrajektorien

Woher kommt die Luft in den belasteten Gebiete?

→ Vorwärtstrajektorien

Wohin strömt die Luft aus den Entstehungsgebieten?

Volumen & Temperatur der Kaltluftflüsse



Die Kaltluftanalysen zeigen:

→ Wo Kaltluftentstehungsgebiete liegen

z.B. Wiesen zw. *Rambach & Heßloch* und zw. *Drais & Finthen*,
Belzbach-/Mosbachtal, *Gonsbachtal*, ...

→ Wohin die Kaltluft fließt

z.B. durch das *Gonsbachtal* nach *Mombach*, über das *Rambachtal* in den *Wiesbadener Kessel*, ...

→ Woher Luft in die belasteten Gebiete strömt

In die *Mainzer Innenstadt* z.B. über *Wildgraben* aber *auch* von der anderen Seite des *Rheins*. In den *Wiesbadener Kessel* aus dem *Adamstal (geringe)*, *Rambach/Aukamm- und Nerotal*

→ Wieviel Luft strömt (Volumenstrom) und wie kalt/warm sie ist

Die Luft aus dem *Nerotal* ist z.B. besonders kalt, der Abfluss aus dem *Rambachtal* ist aber stärker. Die Kaltluftabflüsse auf der *Mainzer Seite* sind flacher als die aus dem *Taunus*, ...

Wir wissen jetzt

- ✓ wo in Wiesbaden und Mainz Gebiete mit besonders hohen oder eher niedrigen Temperaturen/Wärmebelastung liegen
- ✓ mit welcher Entwicklung in Zukunft zu rechnen ist
- ✓ dass in dicht bebauten Gebieten die Belastung besonders hoch ist
- ✓ welchen Effekt verschiedene Bebauungsklassen haben
- ✓ viel über Kaltluftentstehung und Kaltluftabflüsse in Wiesbaden und Mainz, die zu einer Entlastung führen können.

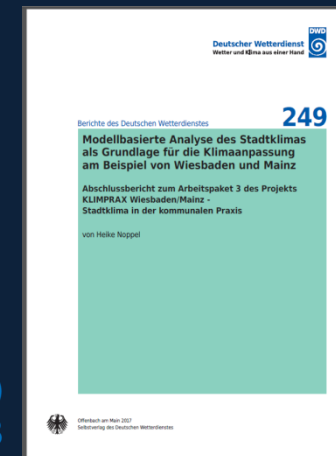


Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Abschlussbericht (Berichte des Deutschen Wetterdienstes 249)
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201709282078>



18. August 2018