

Klimauntersuchungen in Jena

Eine DWD-Expertise für das Klima-ExWoSt-Projekt JenKAS



Foto: DWD

K. Hoffmann, M. Koßmann, B. Früh, P.-H. Voss, P. Schierbaum

Überblick

1. Hintergrund und Ziele
2. Temporäre Messungen
3. Simulation nächtlicher Kaltluftabflüsse
4. Simulation sommerlicher Temperaturverhältnisse
5. Zusammenfassung



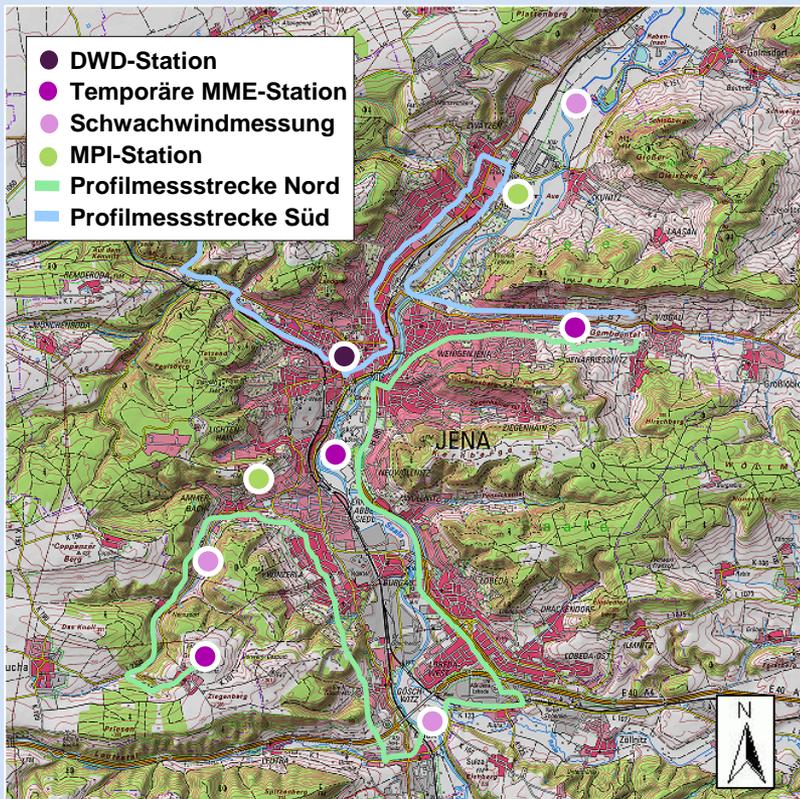
Urbane Räume und klimagerechte Stadtplanung

- Verursacher und zugleich besonders Betroffene des Klimawandels
- Komplexe Infrastrukturen, eng miteinander verflochten
- System Stadt: äußerst sensible Reaktion auf Veränderungen
- Anpassungs- und Schutzmaßnahmen sind jetzt erforderlich
- Der DWD unterstützt das Modellprojekt JenKAS im Rahmen von StadtKlimaExWoSt

Stadtklimatologische Untersuchungen zur Ableitung von Handlungsoptionen und Empfehlungen für die Stadtplanung

1. Hintergrund und Ziele

Klimauntersuchungen in Jena



Messtechnik zur Erfassung: Wärmeinseleffekt und Kaltluftflüsse



Lage der Messstationen und Profilmessstrecken in Jena
Quelle: TK 1:50 000 © GeoBasisDE/TL VermGeo, 2012

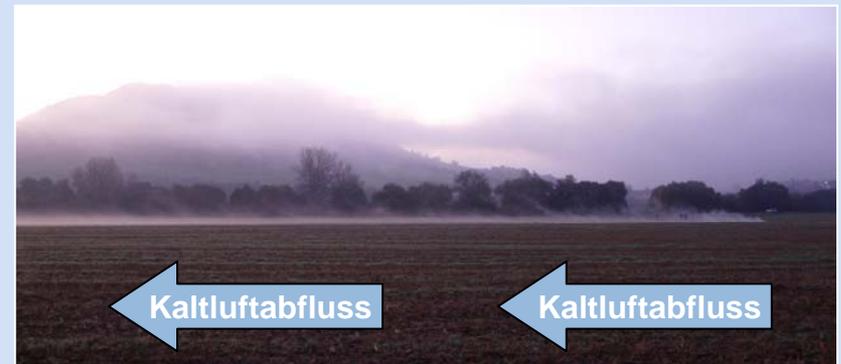
Profilmesswagen, SODAR, Ultraschallanemometer, MME-Station
Fotos: DWD

Klimauntersuchungen in Jena

- Simulation nächtlicher Kaltluftverhältnisse mit dem Modell KLAM_21 (Ist)
- Simulation der Auswirkungen von Änderungen der Flächennutzung (Soll)
 - Basis: windschwache Strahlungs Nächte (gegliedertes Gelände)
 - Input: Flächennutzung, Geländehöhen, Hindernisse
 - Output: Kaltlufthöhe, -volumenströme, Strömungsgeschwindigkeiten etc.



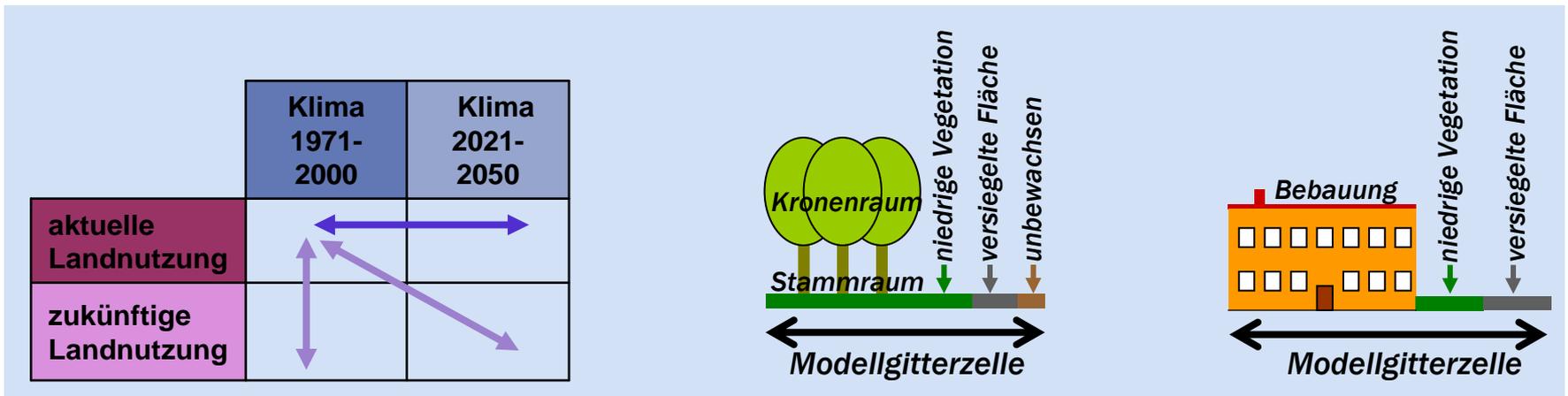
Blick vom JenTower auf das Jenaer Stadtgebiet
Foto: DWD



Kaltluftflüsse in der unteren Saaleue Jenas
Foto: DWD

Klimauntersuchungen in Jena

- Simulation der Auswirkungen des Klimawandels auf die sommerlichen Temperaturverhältnisse in Jena mit dem Stadtklimamodell MUKLIMO_3
 - Mittlere jährliche Anzahl Sommer- & heiße Tage im Zeitraum 1971/2000 und deren Änderung bis 2021/2050 (Szenario A1B)
- Simulation der Auswirkungen von Änderungen der Flächennutzung bzw. Bebauungsstrukturen (Planung & Planspiel)



Kurzcharakteristik Jena

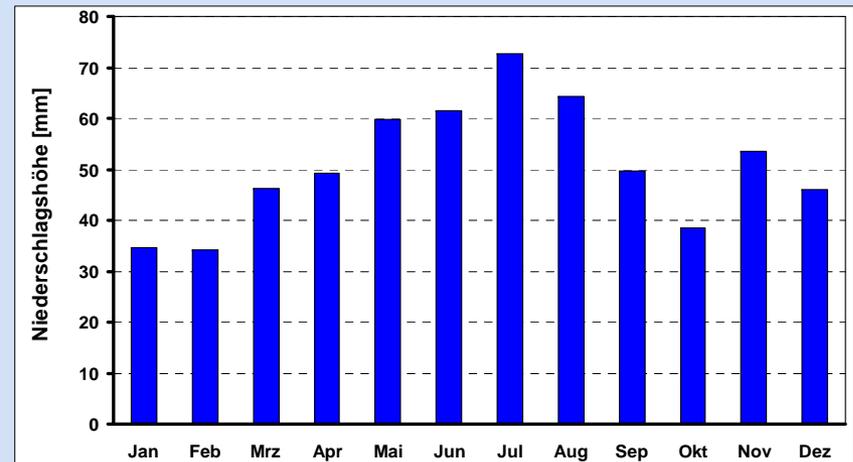
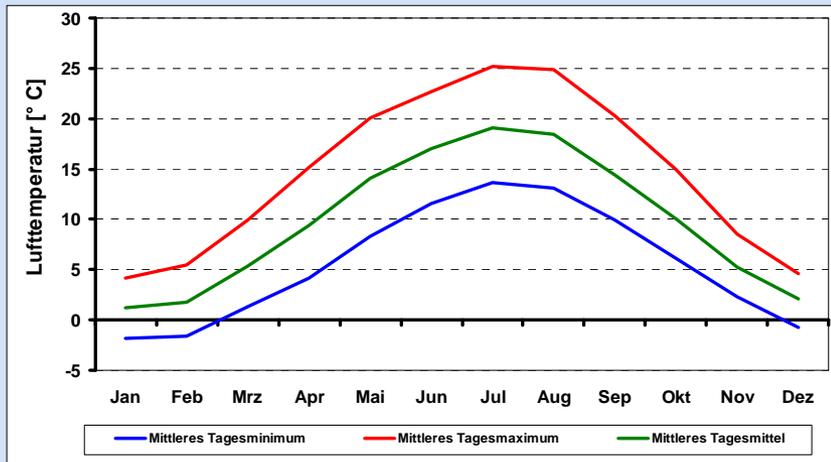
- Thüringer Becken mit Randplatten
- Höhenlagen: ca. 145 - 425 m ü. NN
- Geschützte Lage im Saaletal / an Saale
- Auen, Plateauflächen, Kuppen etc.
- Kompakte Bebauung im Stadttinneren
- Lockere Bebauung in den Stadtrandbereichen



Dicht bebaute Innenstadt und locker bebaute Seitentäler Jenas
Fotos: DWD

Kurzcharakteristik Jena

- Feuchtgemäßigtes Klima (Cfb)
- Mitteldeutsches Berg- und Hügellandklima
- ABER: hier Sonderstellung!



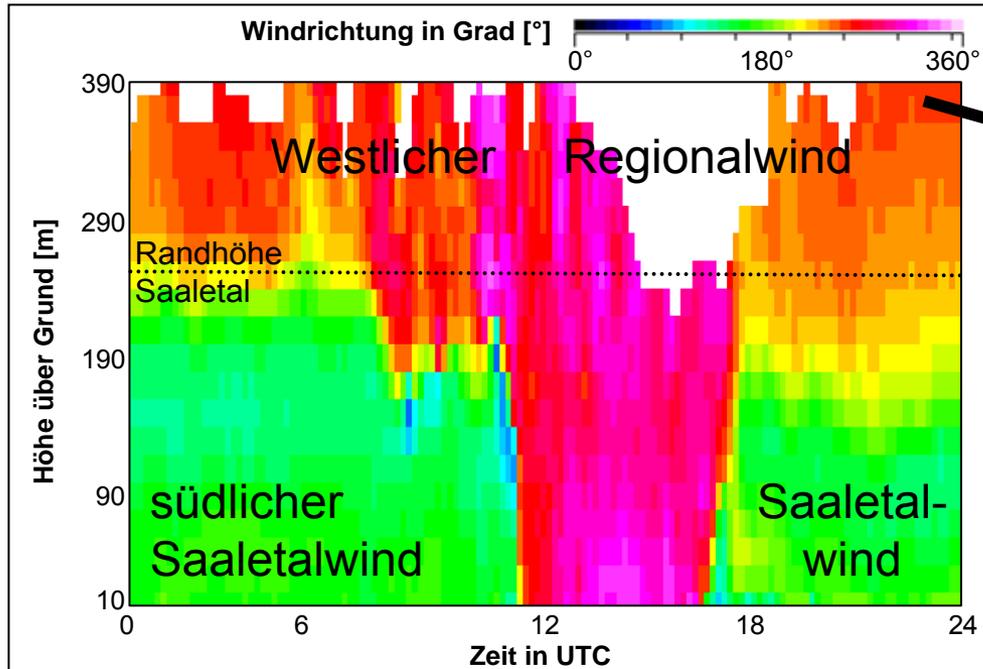
Mittlerer Jahrgang der Lufttemperatur, Jena/Sternwarte
1980/2010 (ohne 1997)
Quelle: DWD

Mittlere Monatssummen der Niederschlagshöhe, Jena/Sternwarte
1980/2010 (ohne 1997)
Quelle: DWD

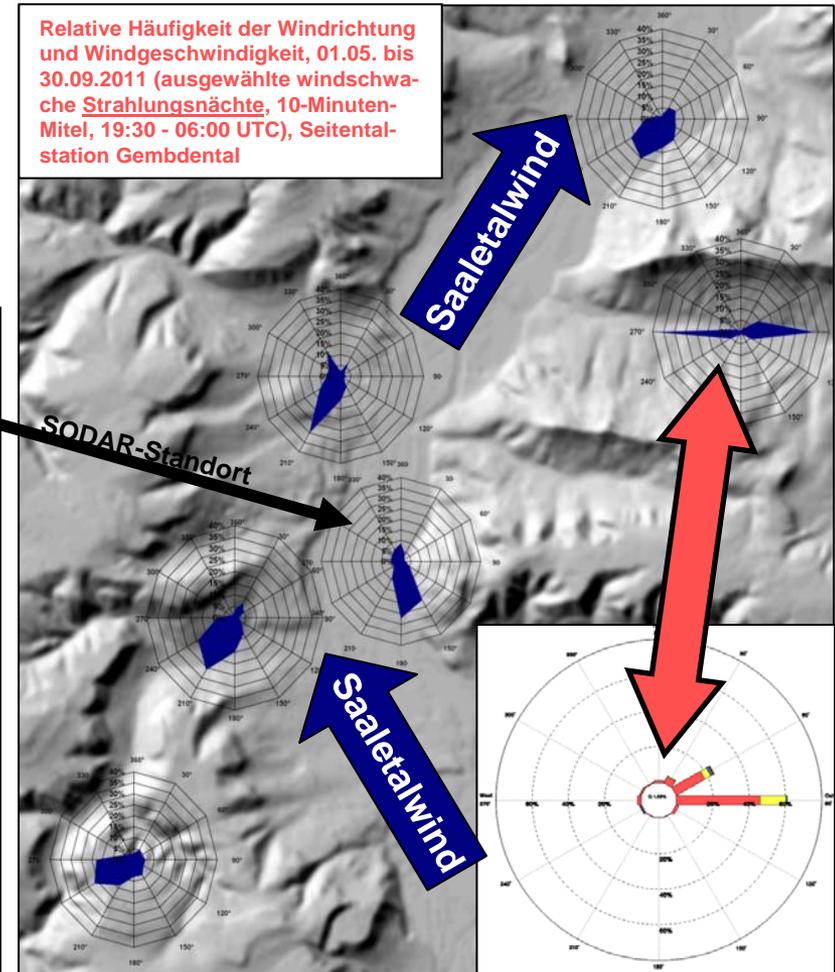
2. Temporäre Messungen

Ergebnisse Windmessungen

→ Windrosen spiegeln Talverläufe



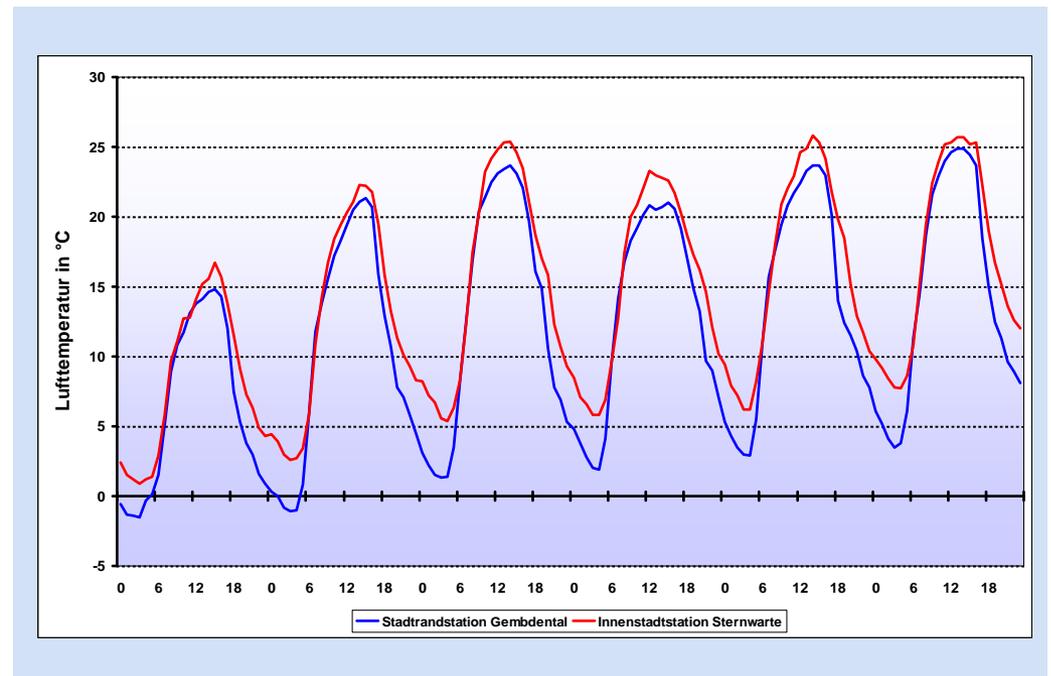
Sodargramm der Windrichtung, Standort Jena-Stadion, 03.10.2011
Quelle: DWD



Windrosen – Saaletal Jena (Zeitraum 01. Mai - 30. September)
Quelle: TK 1:50 000 © GeoBasisDE / TL VermGeo, 2012

Ergebnisse Lufttemperaturmessungen

- Stark überbaute Areale sind stärker thermisch belastet als quasi gleich hoch gelegenes locker/unbebautes Umland
- Urbane Wärmeinsel
 - Ca. 3 – 4 K nachts*
 - Ca. 1 – 2 K tagsüber*
 - Im Mittel ca. 1,3 K**
 - Im Einzelfall nachts > 6 K*



Lufttemperaturminima im Verlauf einer Strahlungswetterlage (05. - 10. Mai 2011)

Quelle: DWD

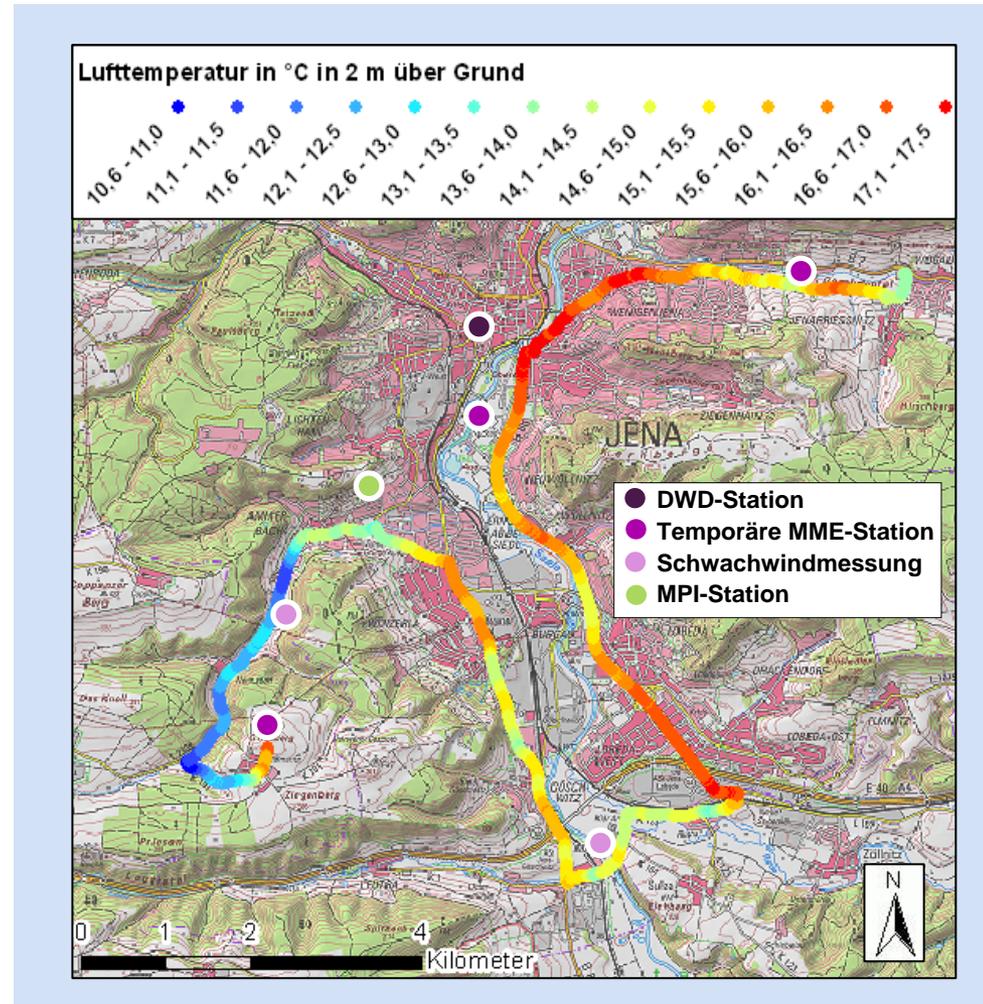
*Betrachtung ausgewählter windschwacher Strahlungsnächte im Messzeitraum vom 01. Mai bis einschließlich 30. September 2011

** Betrachtung des gesamten Zeitraumes der MME-Messungen in Jena, vom 01. Mai bis einschließlich 30. September 2011

2. Temporäre Messungen

Ergebnisse Profilmessungen

- Urbane Wärmeinsel
- Schattige Talbereiche, durchgrünte Niederungen etc. = kühlere Zonen
- Stark bebaute Areale in zentraler Lage und gen Stadtrand = wärmere Zonen



Profilmessfahrt* 06.05.2011, Süd, 18:57 - 19:50 UTC, Lage Messstationen
Quelle: TK 1:50 000 © GeoBasisDE / TL VermGeo, 2012

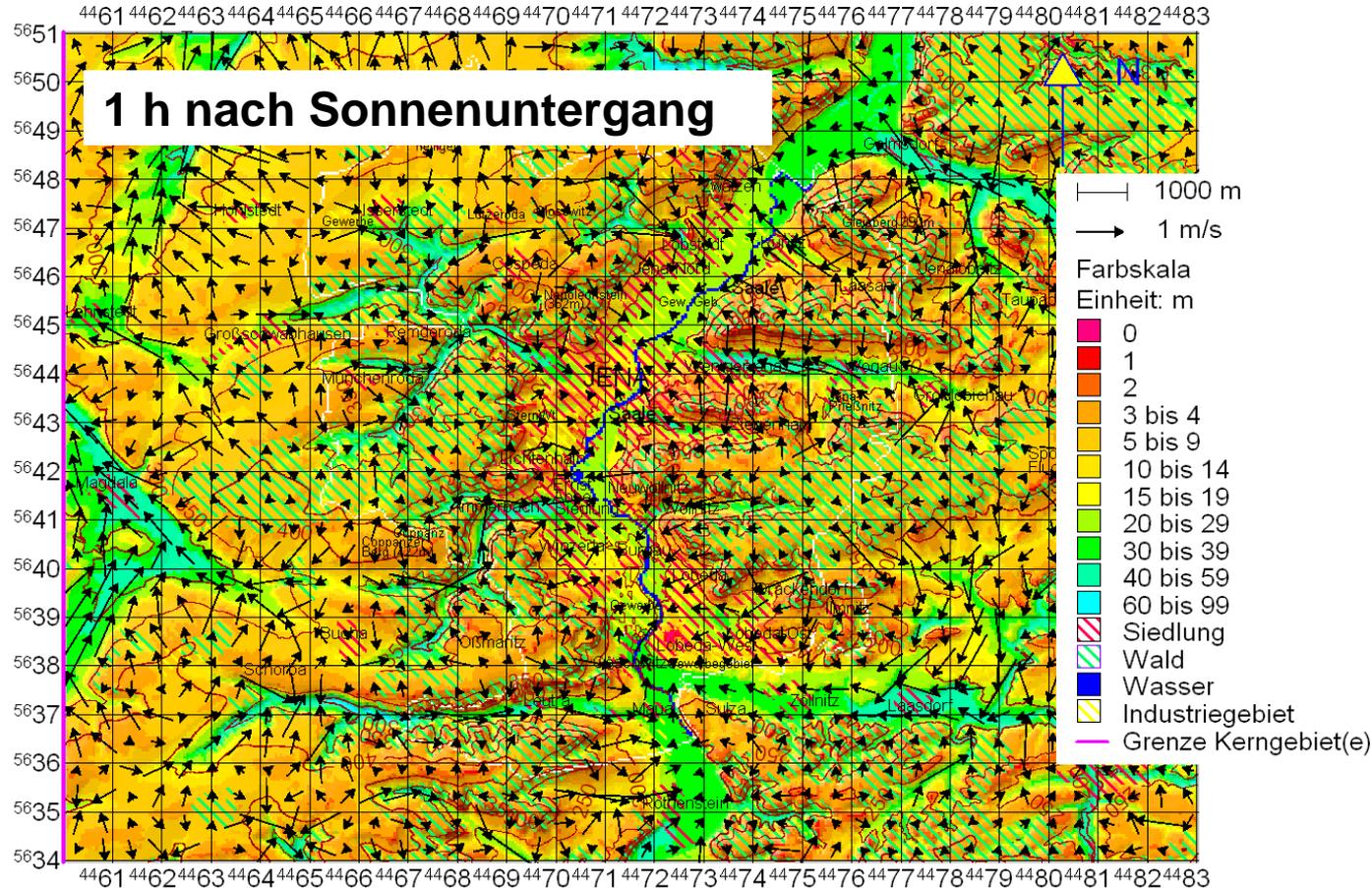
*Betrachtung einer ausgewählten windschwachen Strahlungswetterlage im Messzeitraum vom 01. Mai bis einschließlich 30. September 2011 (Werte höhen- und zeitkorrigiert)

Kaltluftverhältnisse für idealisierte Sommernacht (Ist)

Kaltfluthöhe und Strömungsfeld (Höhenmittel)

23 km x 17 km

- **Erste Nachthälfte:** Kaltluftzufluss aus Seitentälern, kein Saaletalwind
- **Modellevaluierung durch Messungen** z. B. SODAR, Windmast, Ultraschallanemometer

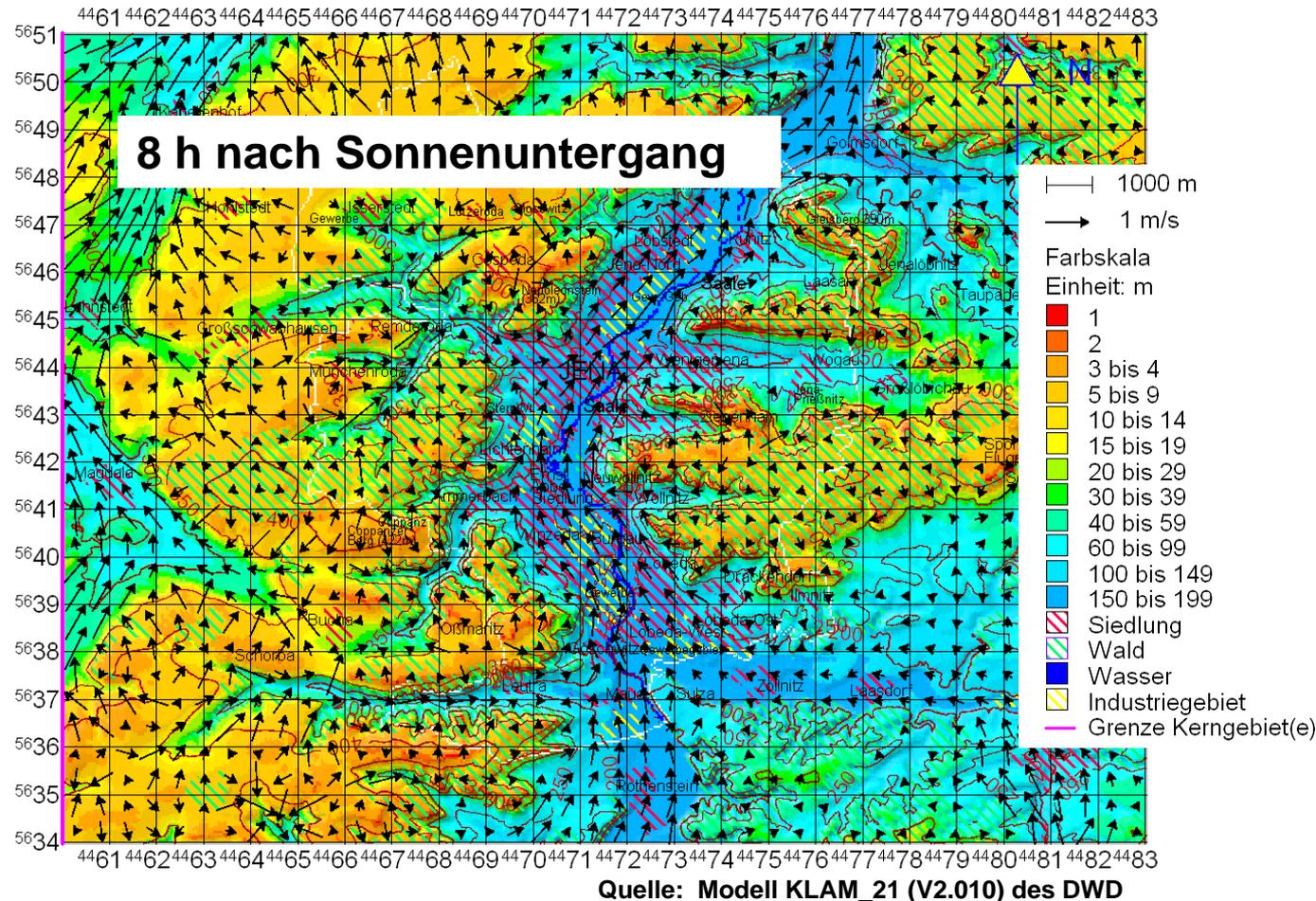


Kaltluftverhältnisse für idealisierte Sommernacht (Ist)

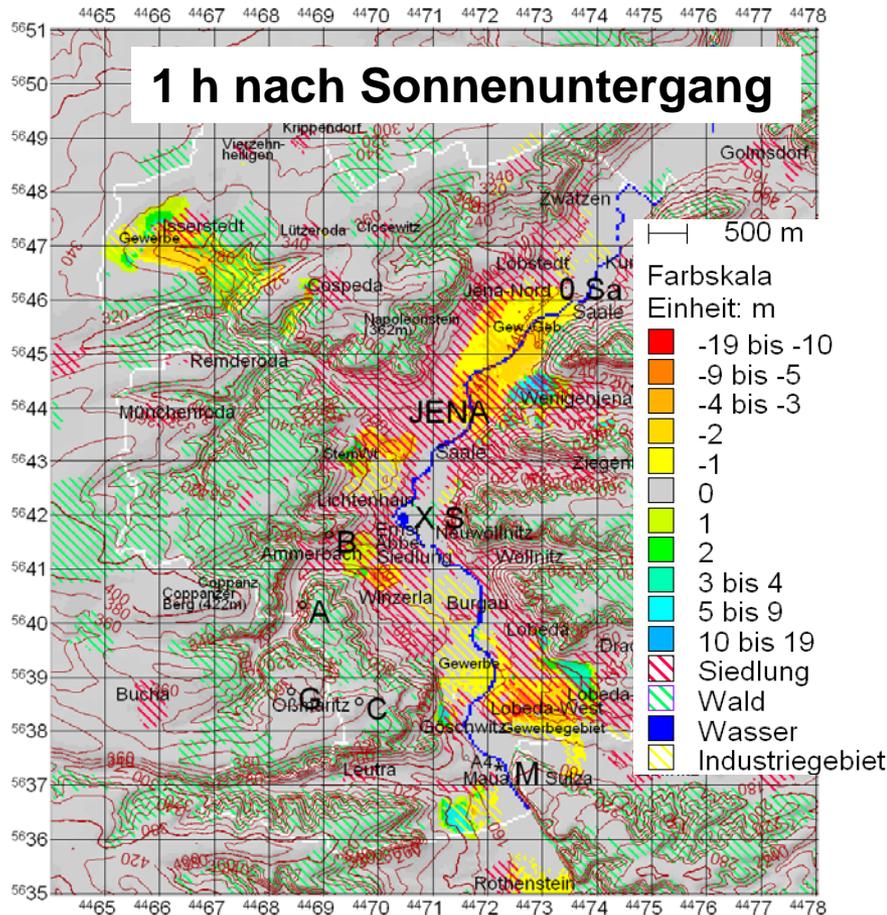
Kaltfluthöhe und Strömungsfeld (Höhenmittel)

23 km x 17 km

- ➔ **Zweite Nachthälfte:** viel geringere Abflüsse aus Seitentälern, Saaletalwind (1 - 2 m/s)
- ➔ **Modellevaluierung durch Messungen** z. B. SODAR, Windmast, Ultraschallanemometer



Kaltluftverhältnisse für idealisierte Sommernacht (Plz)



Kaltfluthöhe (Höhenmittel)
Differenz: Plan - Ist

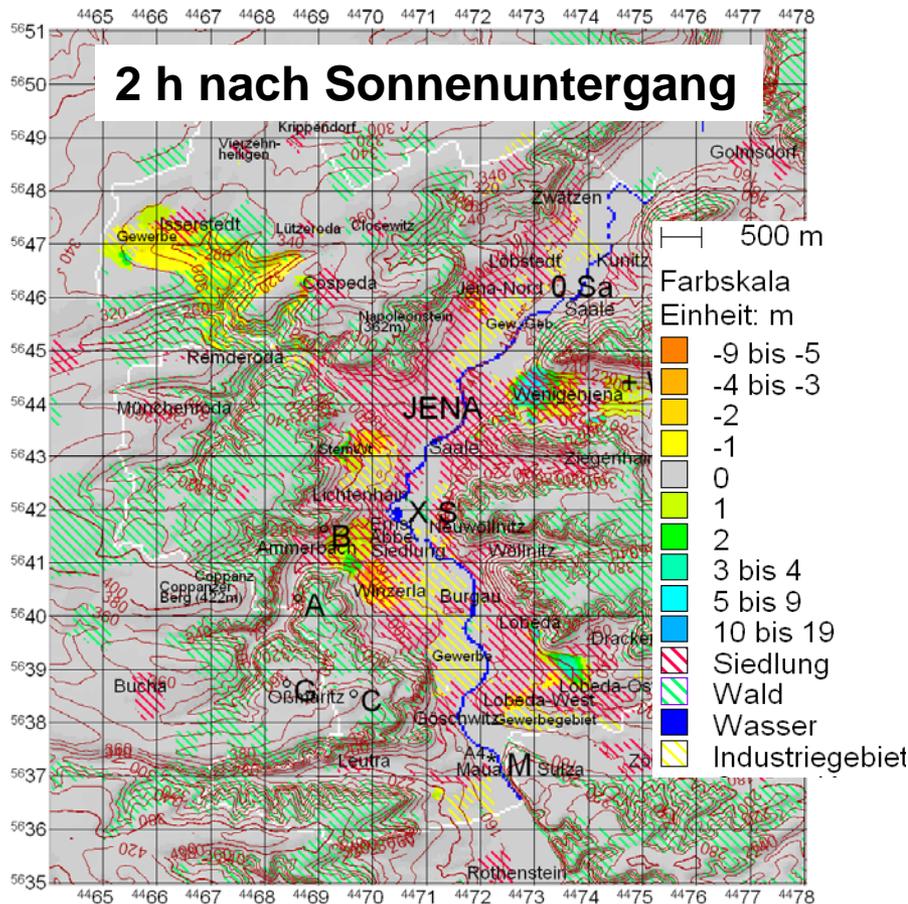
23 km x 17 km

- ➔ Nach 1 h Integrationszeit deutliche Abweichungen
- ➔ Abnahme im Lee von neuen „Erwärmungsflächen“ und Strömungshindernissen
- ➔ Zunahme im Luv von neuen „Erwärmungsflächen“ und Strömungshindernissen

Quelle: Modell KLAM_21 (V2.010) des DWD



Kaltluftverhältnisse für idealisierte Sommernacht (Plz)



Kaltfluthöhe (Höhenmittel)
Differenz: Plan - Ist

23 km x 17 km

- ➔ Nach 2 h Integrationszeit noch immer Differenzen im Plan- gegenüber dem Istzustand
- ➔ Kontinuierliche Kaltluftadvektion aus dem Umland sorgt nahezu für Ausgleich
- ➔ Nach 8 h kaum signifikante Unterschiede

Quelle: Modell KLAM_21 (V2.010) des DWD



4. MUKLIMO_3-Simulation

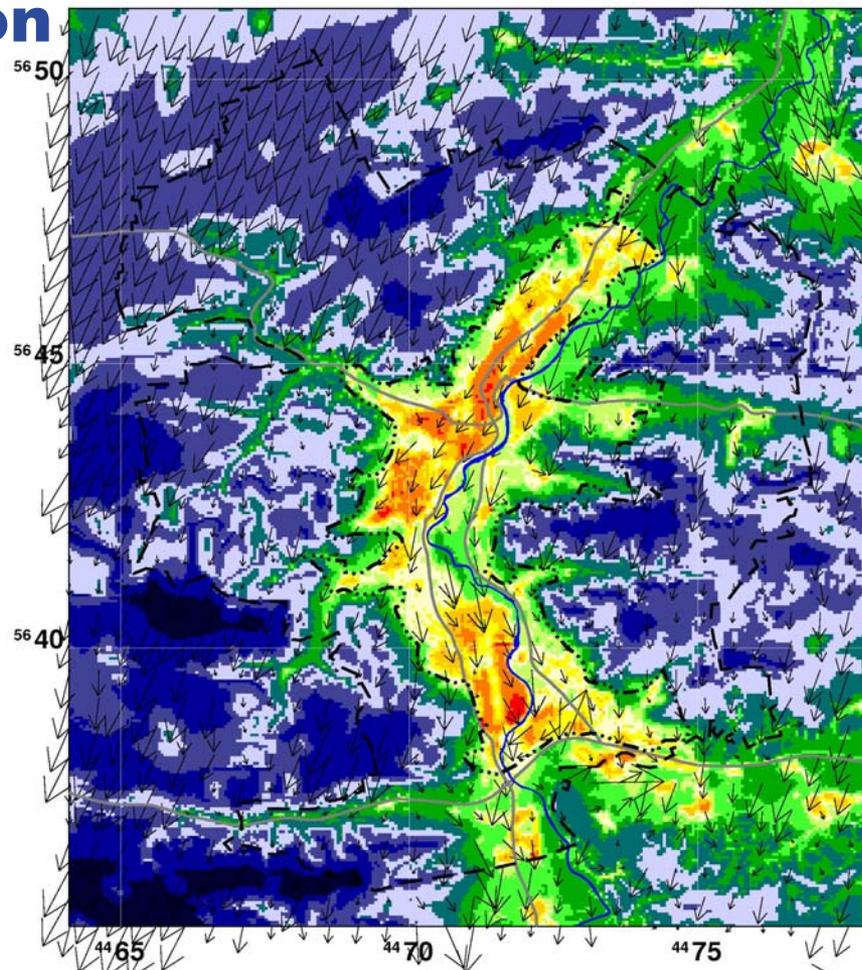
Simulationsergebnisse

16. Juli, 14 MESZ

Randbedingungen aus 1D-Sim.

Regionale Tagesmittelwerte (5 m ü. Gr.):

T = 25° C
rh = 80 %
v = 0.7 ms⁻¹
WR = Nordost

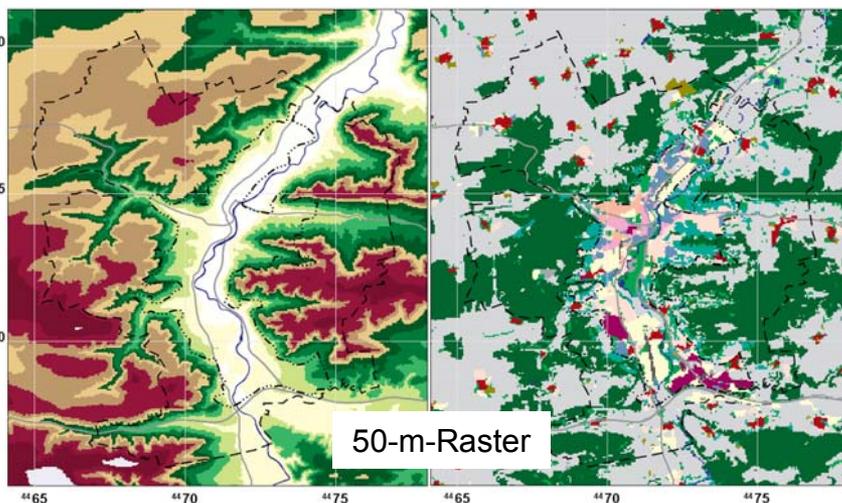
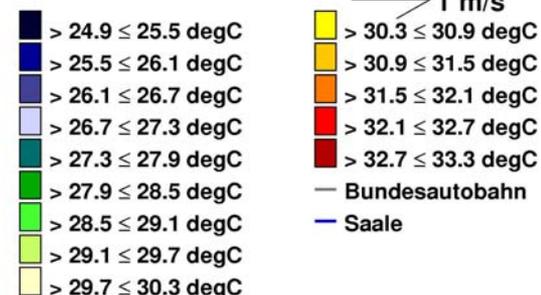


JenKAS/no
V8

110, 14 MESZ
Temperatur

Gebietsmittel
Minimum
Maximum

27.4 degC
25.1 degC
32.7 degC



Geländehöhe [m]

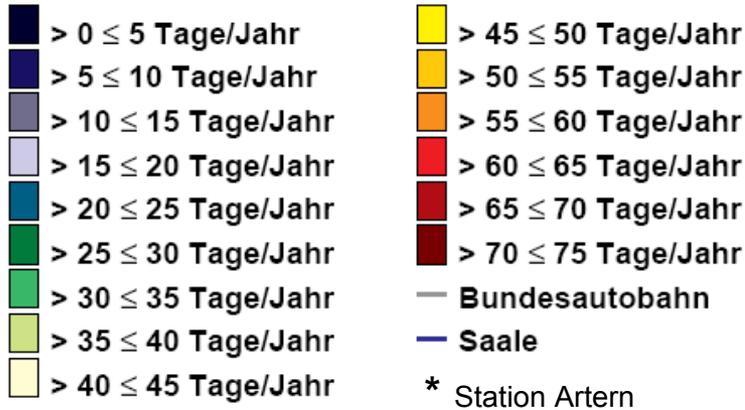
Landnutzung



4. MUKLIMO_3-Simulation

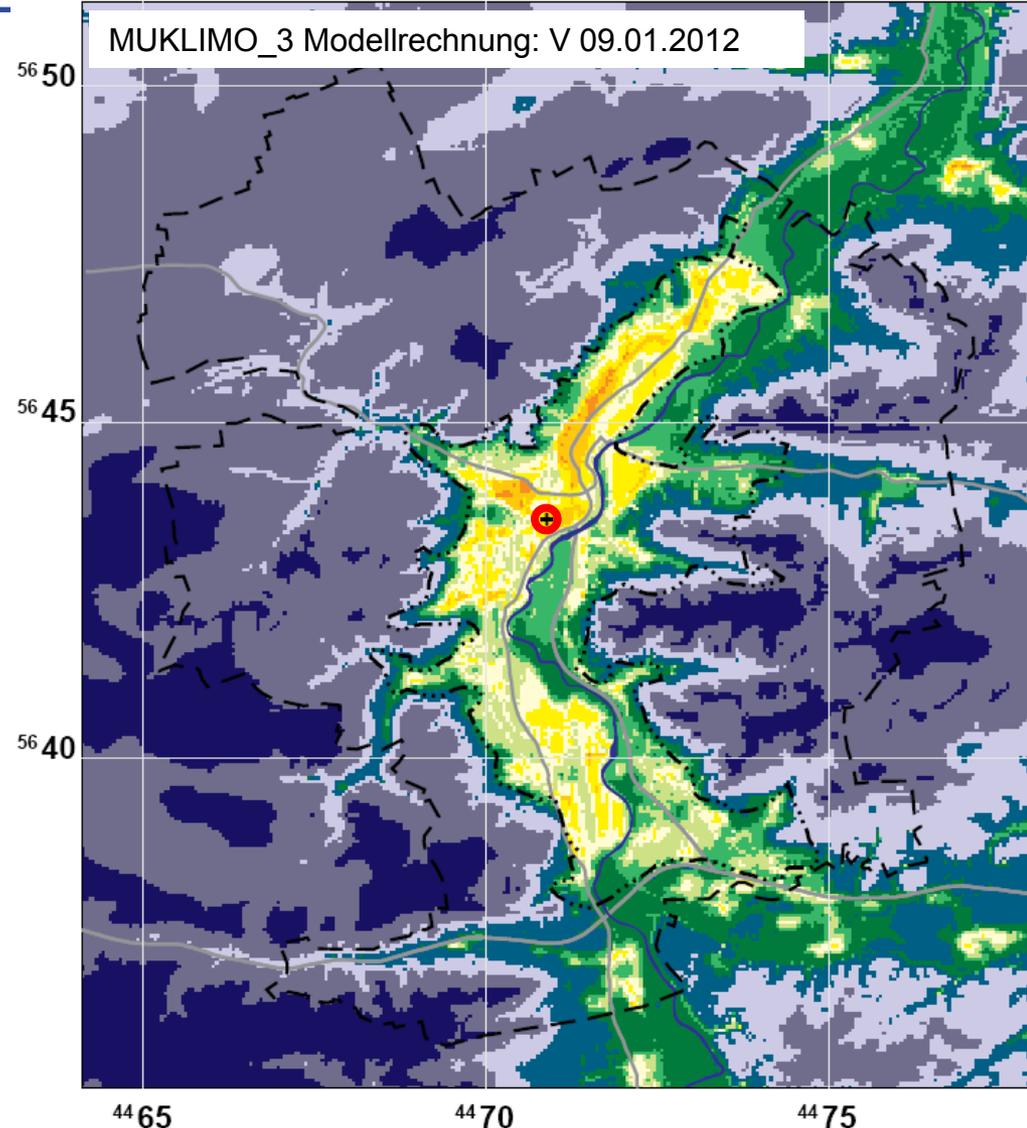
Anzahl Sommertage Klimatologie 1971-2000

Anwendung der Quadermethode
mit beobachtetem Regionalklima*



Anzahl Sommertage durch städtischen
Wärmeinseleffekt deutlich erhöht

Beobachtungen Jena/Sternwarte **47,6**
Tage/Jahr



Sommertage

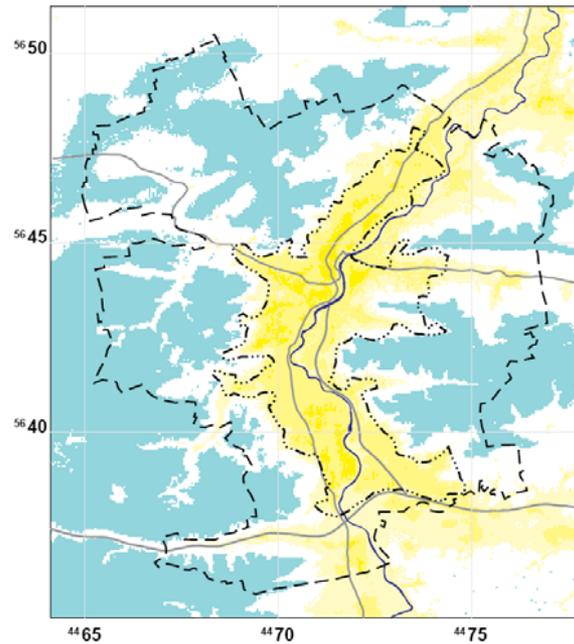
Szenario A1B
2021-2050

minus

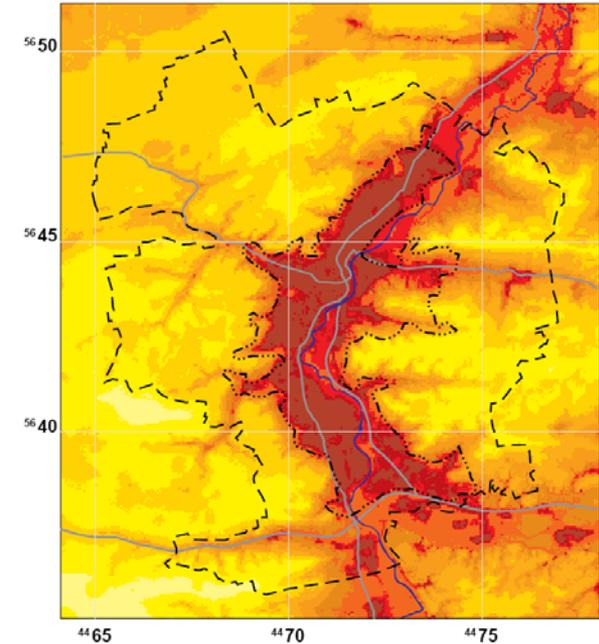
Szenario C20
1971-2000

*erwartete Änderung
durch den Klimawandel*

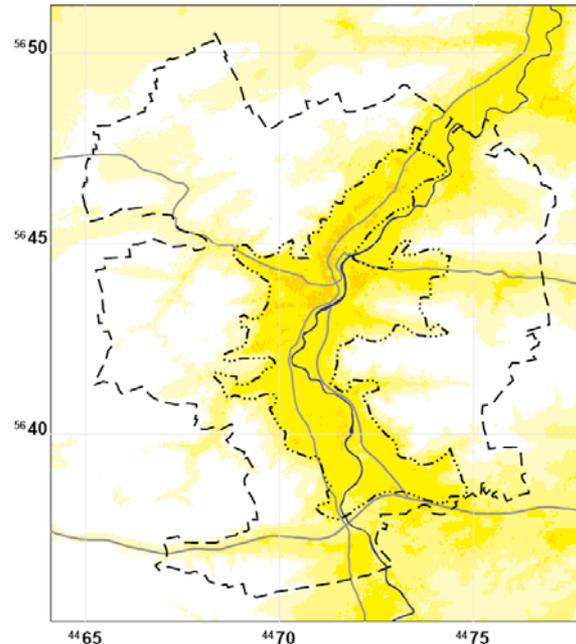
WETREG



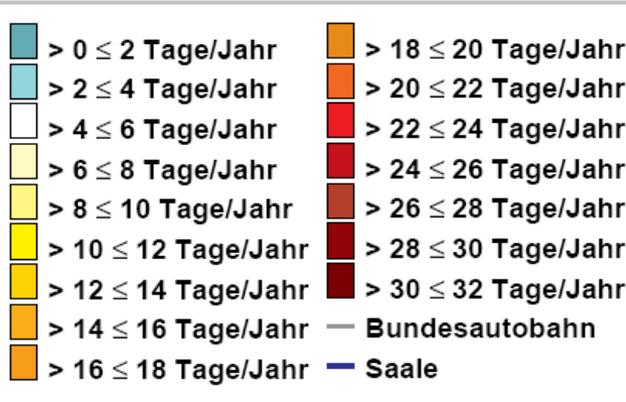
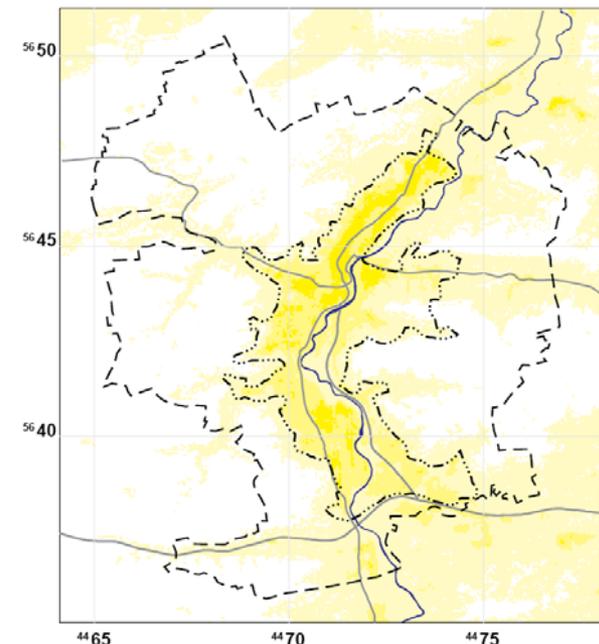
STAR



REMO



CLM



4. MUKLIMO_3-Simulation

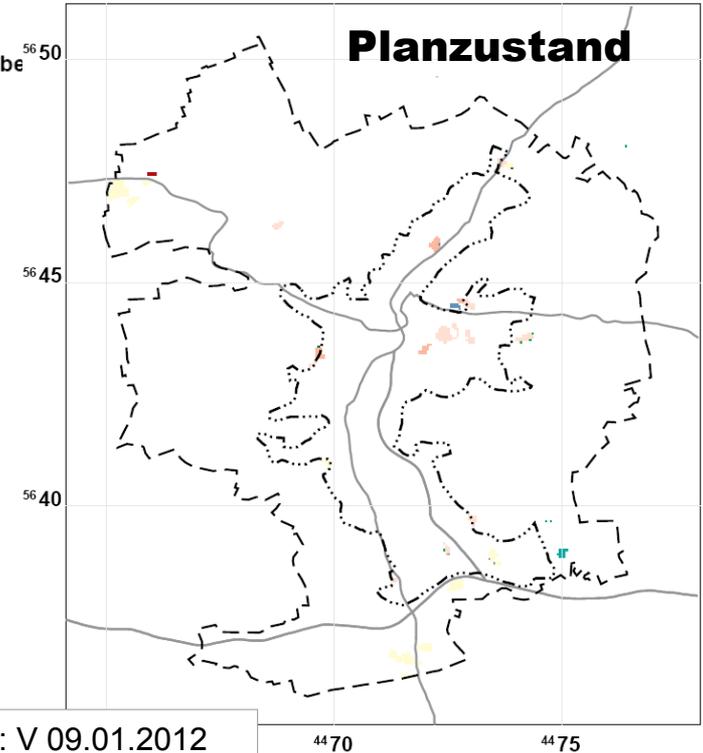
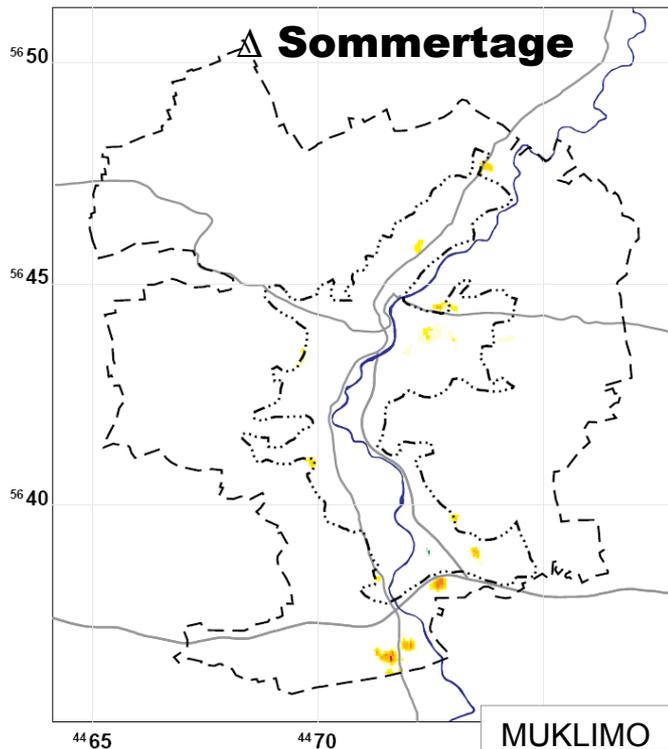
Änderung Anz. Sommertage durch Planzustand (1971-2000)

- > -21 ≤ -18 Tage/Jahr
- > -18 ≤ -15 Tage/Jahr
- > -15 ≤ -12 Tage/Jahr
- > -12 ≤ -9 Tage/Jahr
- > -9 ≤ -6 Tage/Jahr
- > -6 ≤ -3 Tage/Jahr
- > -3 ≤ 0 Tage/Jahr
- > 0 ≤ 3 Tage/Jahr
- > 3 ≤ 6 Tage/Jahr

- > 6 ≤ 9 Tage/Jahr
- > 9 ≤ 12 Tage/Jahr
- > 12 ≤ 15 Tage/Jahr
- > 15 ≤ 18 Tage/Jahr
- > 18 ≤ 21 Tage/Jahr
- Bundesautobahn

- nicht veraendert
- Wald
- Park
- Freiland
- versiegelte Fläche
- Dorfkern
- offene Bauweise
- Industrie&Gewerbe
- Gleise

- Kleingärten
- Einzelhäuser, niedrig
- Einzelhäuser, hoch
- Bundesautobahn



MUKLIMO_3 Modellrechnung: V 09.01.2012

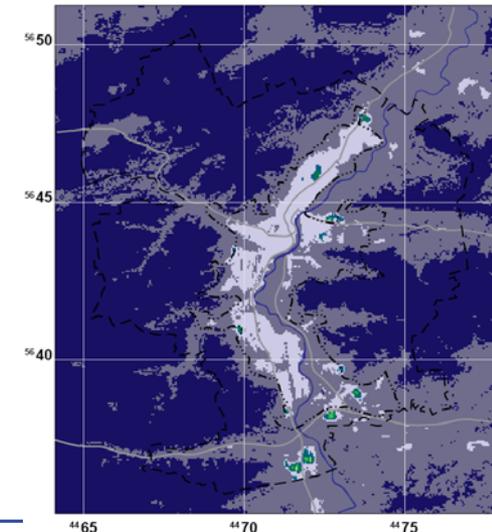
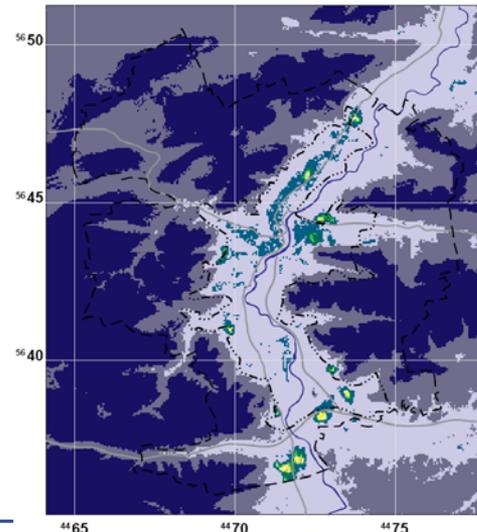
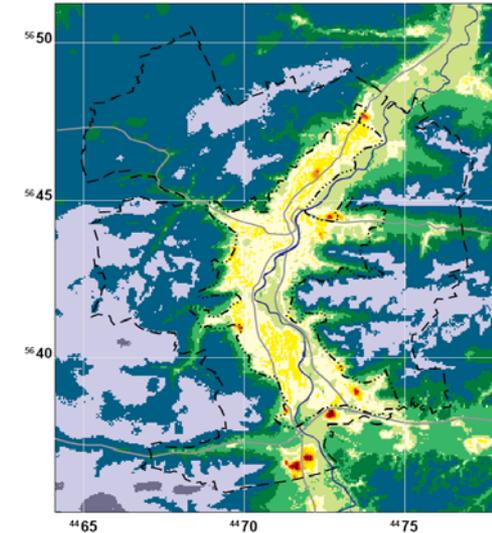
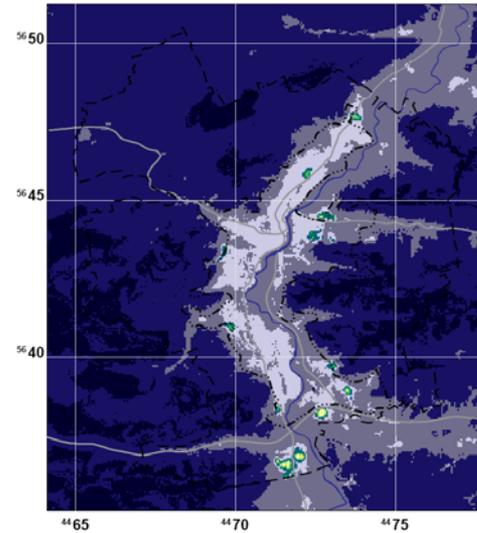
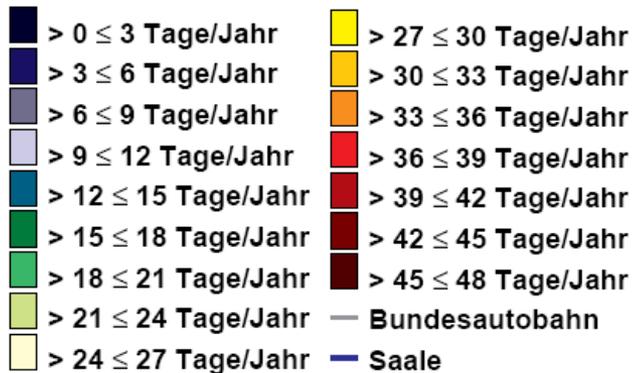


4. MUKLIMO_3-Simulation

Sommertage

Szenario A1B 2021-2050 minus Szenario C20 1971-2000

**erwartete Änderung
durch Klimawandel und
Planzustand der
Bebauung**



MUKLIMO_3 Modellrechnung: V 09.01.2012



Temporäre Messungen

- Jenas Klima ist allgemein recht mild
- Urbane Wärmeinsel: im Sommer 2011 im Mittel ca. 1,3 K
 - Während ausgewählter Strahlungswetterlagen im Messzeitraum allgemein tagsüber schwächer (ca. 1 – 2 K) als nachts (ca. 3 – 4 K)
 - Kaltluftabflüsse setzen bei oder kurz nach Sonnenuntergang ein, mit Fließgeschwindigkeiten bis ca. 1,5 m/s



Rauchpatronenexperiment im Saaletal (bei Zwätzen, Kunitz), am 30.09.2011 (früh)
Foto: DWD



Messeinsatz während einer Strahlungswetterlage im Mai 2011, Ammerbachtal
Foto: DWD

Temporäre Messungen

- Nächtlicher Saaletalwind - determiniert durch Wetterlage (bezogen auf Messkampagne):
 - Bei Strahlungswetterlagen und Regionalwinden ≤ 3 m/s nachweisbar
 - Zeitliches Einsetzen zumeist erst einige Stunden nach Sonnenuntergang
 - Vertikale Mächtigkeit unterhalb der größeren Randhöhen des Saaletales
 - Geschwindigkeiten etwa ≤ 3 m/s in Bodennähe bis 10 m über Grund



10-Meter-Windmast an der Station Jena Stadion
Foto: DWD

KLAM_21-Simulationen

- Wesentliche Eigenschaften der beobachteten Kaltluftabflüsse werden durch KLAM_21 gut simuliert.
 - Zeitliches Einsetzen für windschwache Strahlungsnacht nach Sonnenuntergang
 - Ausprägung Saaletalwind ab zweiter Nachthälfte am stärksten
 - Saaletalwind mit insgesamt relativ geringen Geschwindigkeiten: im Gebäudeniveau ca. 1 m/s, über dem Dachniveau bis 2,5 m/s
 - Höchste Randhöhen des Saaletales ragen stets aus der Kaltluft heraus

Die Modellergebnisse wurden von der Fa. ThINK (lokale Forschungsassistenz JenKAS) in eine Klimafunktionskarte integriert

MUKLIMO_3-Simulationen

- **Simulation sommerlicher Temperaturverhältnisse 1971-2000 (C20)**
 - Die an der Sternwarte beobachtete jährliche Anzahl Sommertage (47,6 d) stimmt gut mit dem aus den MUKLIMO_3 Simulationen abgeleiteten Klimawert (48,8 d) überein.
 - Die flächenhafte Verteilung der Anzahl Sommertage hängt stark von der Flächennutzung und der Geländehöhe ab.
- **Auswirkungen des Klimawandels 2021-2050 (A1B) zu 1971-2000 (C20) ohne Bebauungsänderung**
 - Basierend auf den 4 regionalen Klimaprojektionen (A1B) ergibt sich bis Mitte des Jahrhunderts für das 90% Signifikanzniveau im Innenstadtgebiet Jenas eine Zunahme von 2 bis 29 zusätzlichen Sommertagen pro Jahr.
 - Die erwartete Zunahme an Sommertagen pro Jahr hängt nicht signifikant von der Landnutzung/Bebauungsstruktur ab.

MUKLIMO_3-Simulationen

- **Auswirkungen von Bebauungsänderungen ohne Klimawandel (Referenzperiode 1971-2000)**
 - Zusätzliche Bebauung oder Verdichtung der Bebauung erhöht die jährliche Anzahl Sommertage in ähnlicher Größenordnung wie die Auswirkungen des Klimawandels bis Mitte des Jahrhunderts (Szenario A1B).
 - Zusätzliche Grünflächen oder Rückbau der Bebauung reduzieren die jährliche Anzahl Sommertage.
 - Auswirkungen der Bebauungsänderungen sind lokal begrenzt.
 - Da die Flächenanteile mit zusätzlicher Bebauung und Bebauungsverdichtung deutlich größer sind als die Flächenanteile mit zusätzlichen Grünflächen oder Rückbau der Bebauung, ist im Mittel über das Stadtgebiet mit einer Zunahme der jährlichen Anzahl der Sommertage zu rechnen.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Regionales Klimabüro Potsdam
Michendorfer Chaussee 23
14473 Potsdam

E-Mail: Klima.Potsdam@dwd.de
Tel.: +49 (0) 331 / 316 444
Fax: +49 (0) 331 / 316 229