

Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Meteorologie & Klimaforschung IMK-IFU
Garmisch-Partenkirchen



Hochwasservorhersage in alpinen Einzugsgebieten mittels Kombination von operationellen meteorologischen Modellen und Abflussmodellen

22.03.2006

**H. Kunstmann, A. Marx, J. Werhahn (IMK-IFU)
Á. Bárdossy (Uni Stuttgart), J. Seltmann (DWD)**

Motivation



| <i>Hochwasserereignis</i> | <i>Total (Mio. €)</i> | <i>Insured (Mio. €)</i> |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Bayern 1999 | 393 | 30 |
| Bayern 2005 | 205 | 46 |
| Total 1999 | 409 | 40 |
| Total 2005 | 3000 | 1700 |



Herausforderung Frühwarnsystem für alpine EZGs

Wegen extrem kurzer Niederschlag-Abfluss Reaktionszeiten:

- Wellenfortpflanzung wie bei großen EZG: nicht anwendbar
- Radar: nur zum *Nowcasting* geeignet
- Hochwasservorhersage im alpinen Raum nur über NWP

Qualität der Hochwasservorhersage bedingt durch:

- Qualität NWP
**Herausforderung alpine Orographie:
kleine räumliche Fehler \Rightarrow große Fehler im Abfluss**
- Qualität hydrologisches Modell
**Herausforderung alpine Abflussprozesse,
Schneedeckendynamik & Bodenspeicher**

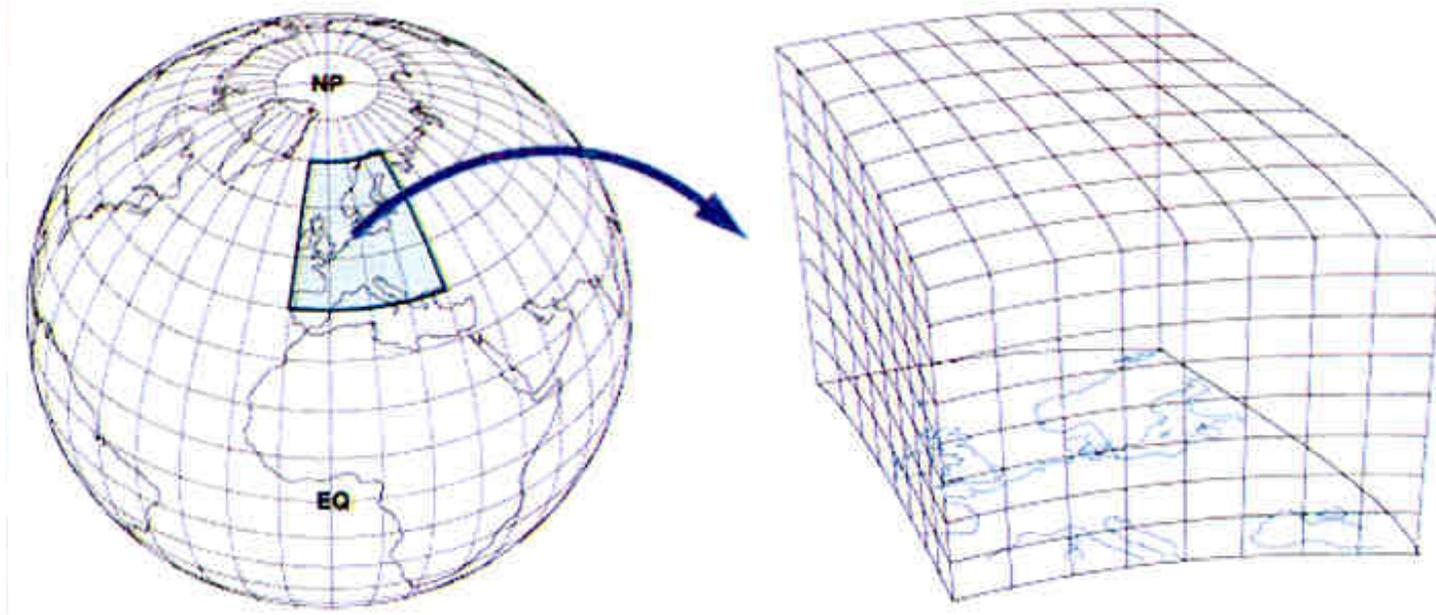
Generelle Information zu NWP am IMK-IFU

- wissenschaftliche Motivation
- keine Konkurrenz zum DWD
- freiwillig, nur zur Information, ohne Gewähr
- alle Daten & Modelle aus Public-Domain Quellen
- mittlerweile auch NWP für China (Jangtse-River) & Westafrika (Volta Basin)
- Vorteile:
 - Optimierung/Anpassung an lokale Verhältnisse,
 - hohe Auflösung,
 - hohe Flexibilität



Operationelle NWP am IMK-IFU

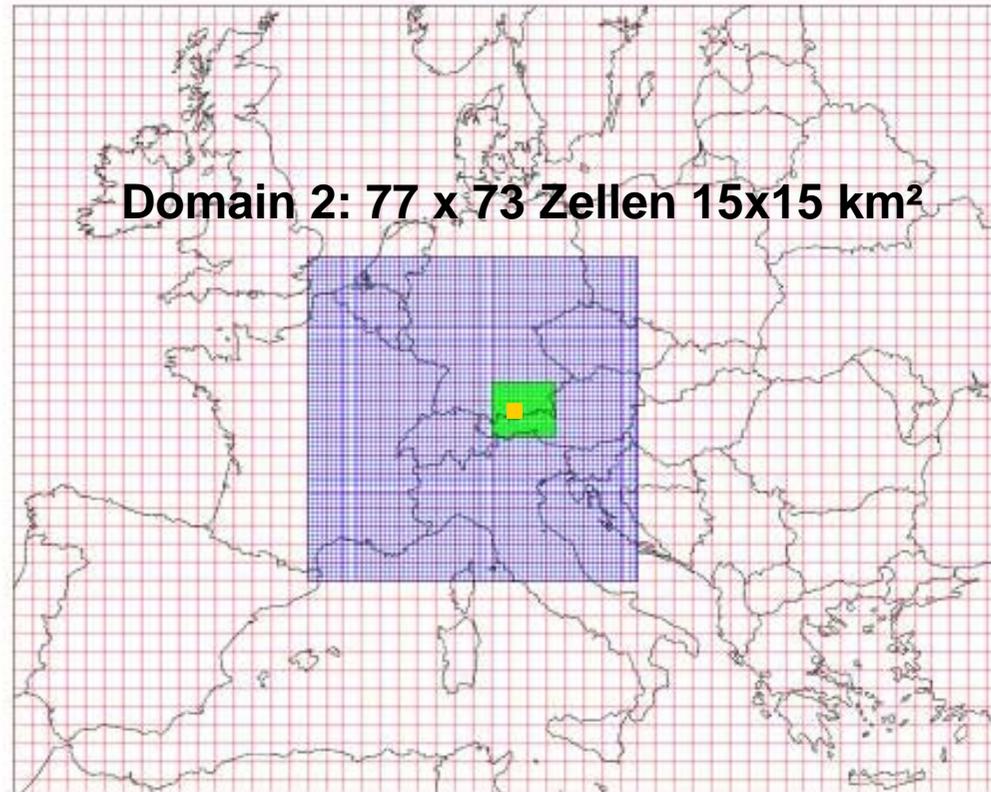
Operationelle NWP am IMK-IFU



Numerische Simulation atmosphärischer Prozesse
mittels finiter Differenzenverfahren zur Lösung der
atmosphärischen partiellen Differenzialgleichungen

Operationelle NWP am IMK-IFU

Domain 1: 55 x 45 Zellen, 60x60 km²



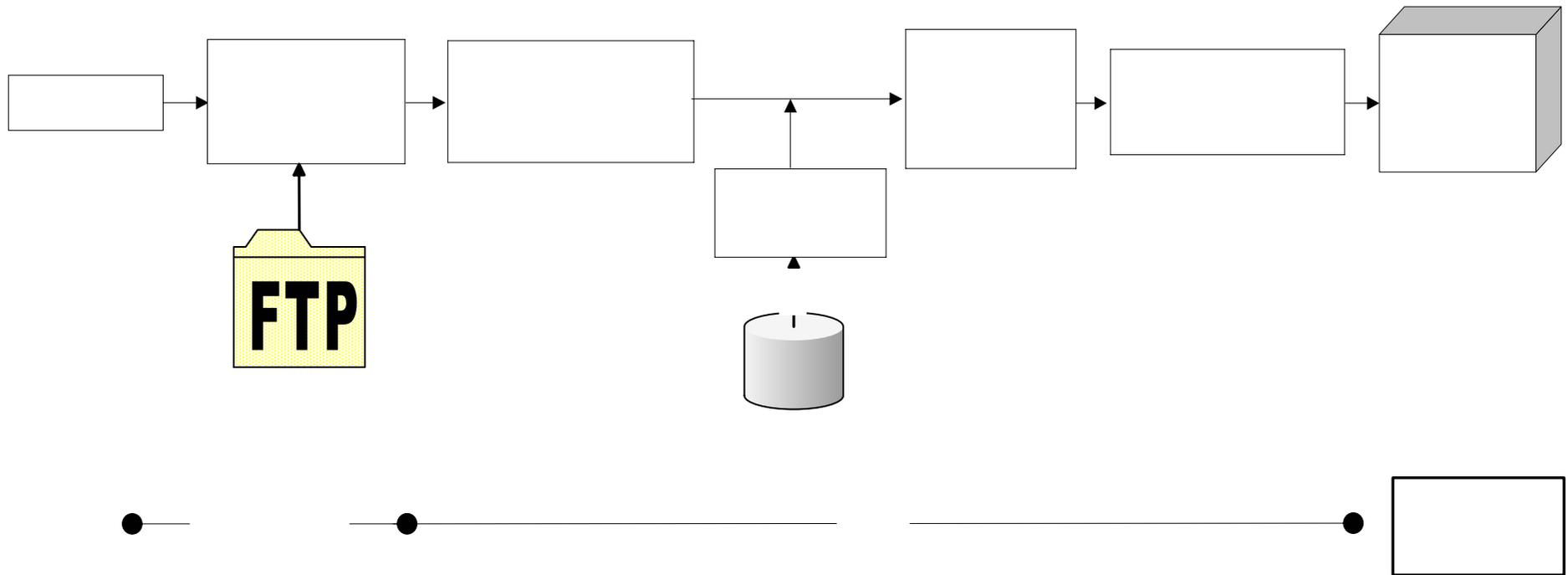
**Domain 3:
57 x 49 Zellen
3.75x3.75 km²**

**Domain 4:
28 x 37 Zellen
1.25x1.25 km²**

Operationeller Betrieb z.Zt.: MCCM und MM5 2 x täglich

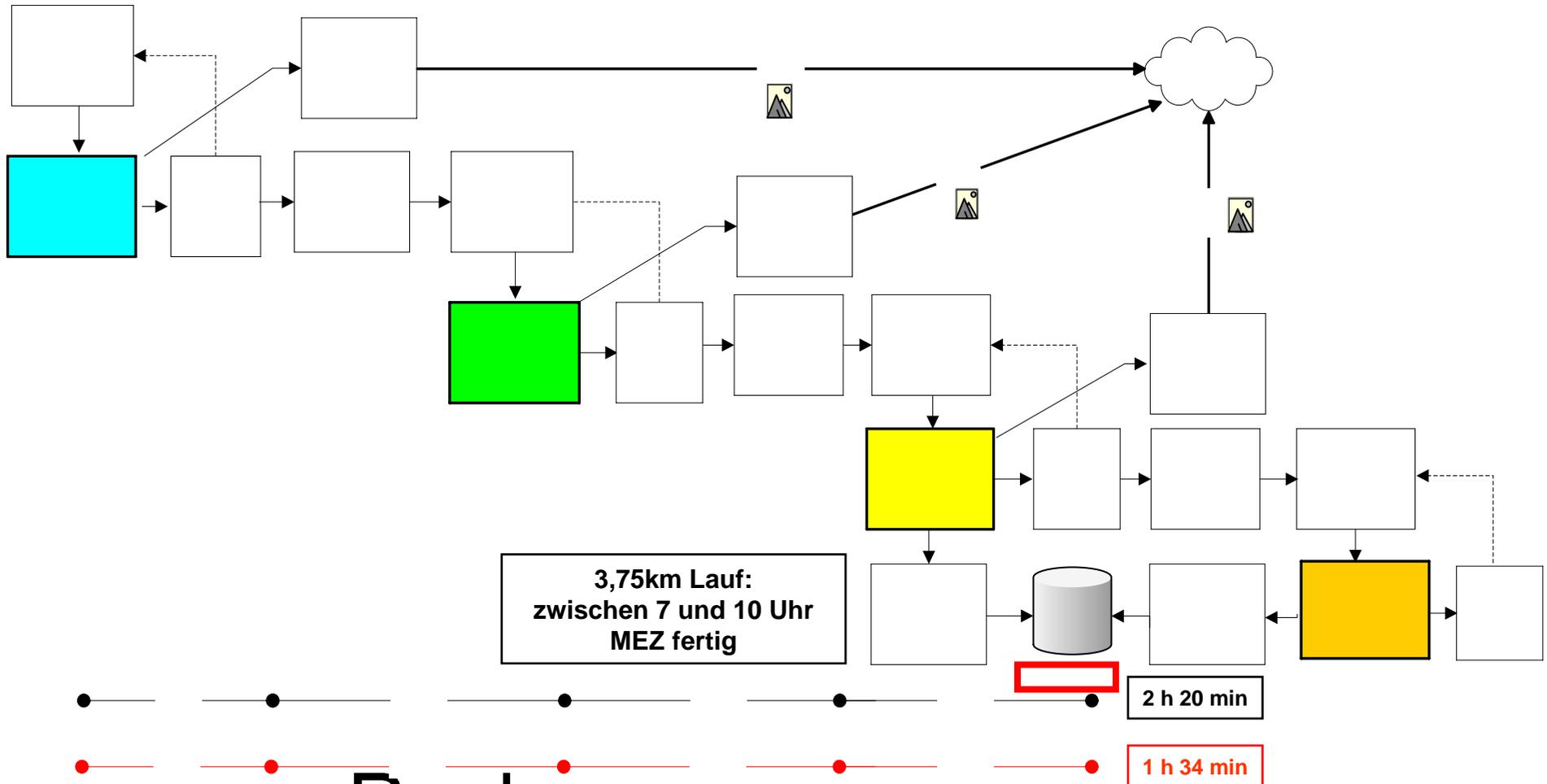
Operationelle NWP am IMK-IFU

MCCM/MM5-Preprocessing Kette



Operationelle NWP am IMK-IFU

MCCM/MM5-Processing Kette



Replace

Extract

Operationelle NWP am IMK-IFU

Darstellung im Internet

http://imk-ifu.fzk.de/de/wetter/index_wetter.htm

IMK-IFU
Institut für Meteorologie und Klimaforschung
Bereich Atmosphärische Umweltforschung

Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

→ Forschungszentrum Karlsruhe → Institut für Meteorologie und Klimaforschung → IMK-IFU

Institut
Forschung
Service
Wetter
Aktuelles **NEU**
→ Wetterprognosen **NEU**

IMK-IFU MCMC-Wetterprognose

| Auflösung 60 km x 60 km Europa | | | |
|-------------------------------------------------|------------------------------|-----------|---------------|
| Niederschlag (mm/12h) | [12 h - 72 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Niederschlag/Bodendruck | [12 h - 72 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Bodendruck (hPa) | [12 h - 72 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Bodennahe Temperatur (°C) | [12 h - 72 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Auflösung 15 km x 15 km Mitteleuropa | | | |
| Niederschlag (mm/6h) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Bodennahe Temperatur (°C) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Schneehöhe (cm) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Schneehöhenänderung (cm/6h) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Oberflächenabfluss (l/m²/6h) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Bodensättigung (%) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Auflösung 3,75 km x 3,75 km Werdenfelser Land | | | |
| Niederschlag (mm/6h) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Bodennahe Temperatur (°C) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Schneehöhe (cm) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Schneehöhenänderung (cm/6h) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Oberflächenabfluss (l/m²/6h) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Bodensättigung (%) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Auflösung 3,75 km x 3,75 km Landkreis Rosenheim | | | |
| Niederschlag (mm/6h) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Bodennahe Temperatur (°C) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Schneehöhe (cm) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Schneehöhenänderung (cm/6h) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Oberflächenabfluss (l/m²/6h) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |
| Bodensättigung (%) | [12 h - 60 h Single Plots] | [Serie] | [Animation] |

Berechnet am: 20.12.05 00:00 GMT Berechnet am: 20.12.05 00:00 GMT - 12 hours

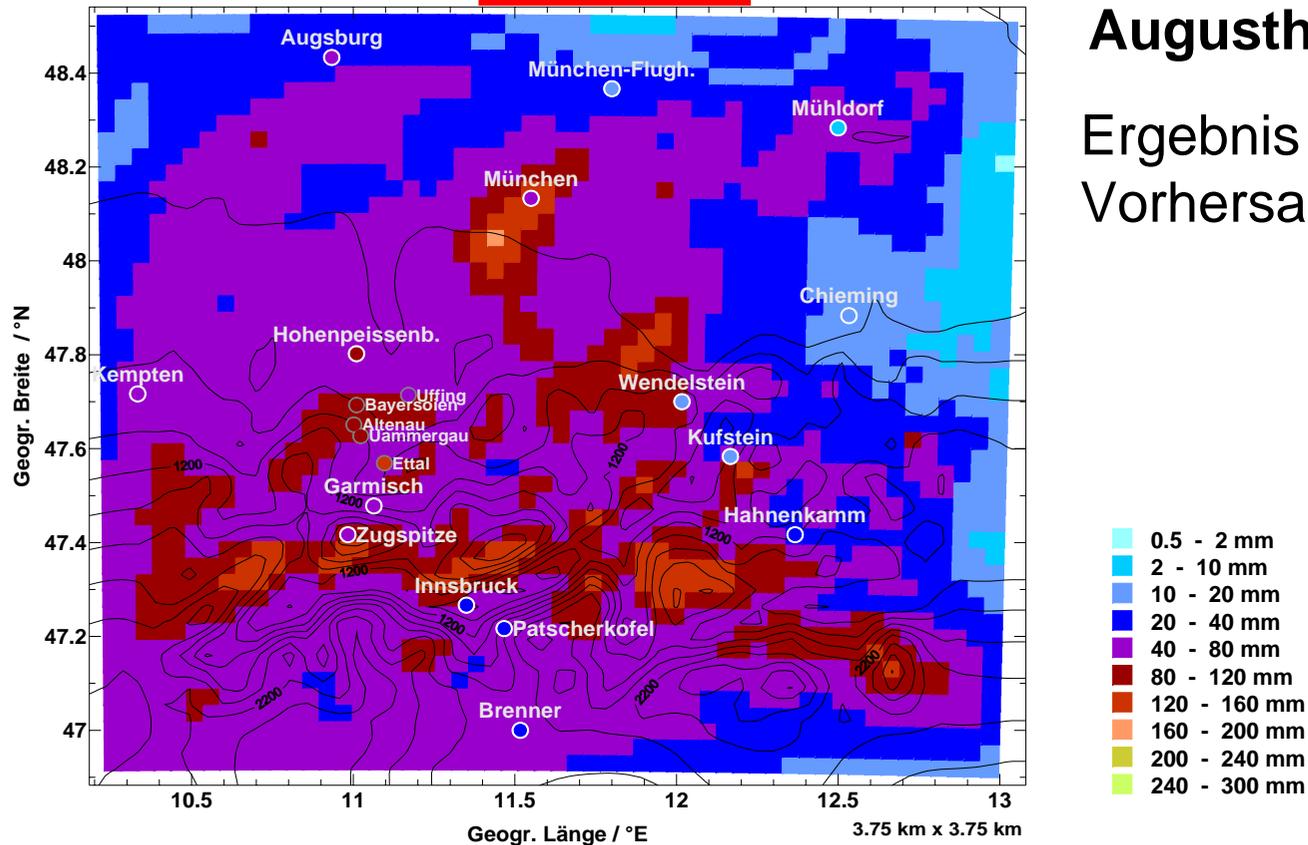
Lokales Intranet

Operationelle NWP am IMK-IFU

0h Vorwarnzeit im Alpenraum ?

48h-Niederschlag in Domain 3

48h Prognose **21.08. 00z - 23.08. 00z**



Augusthochwasser 2005

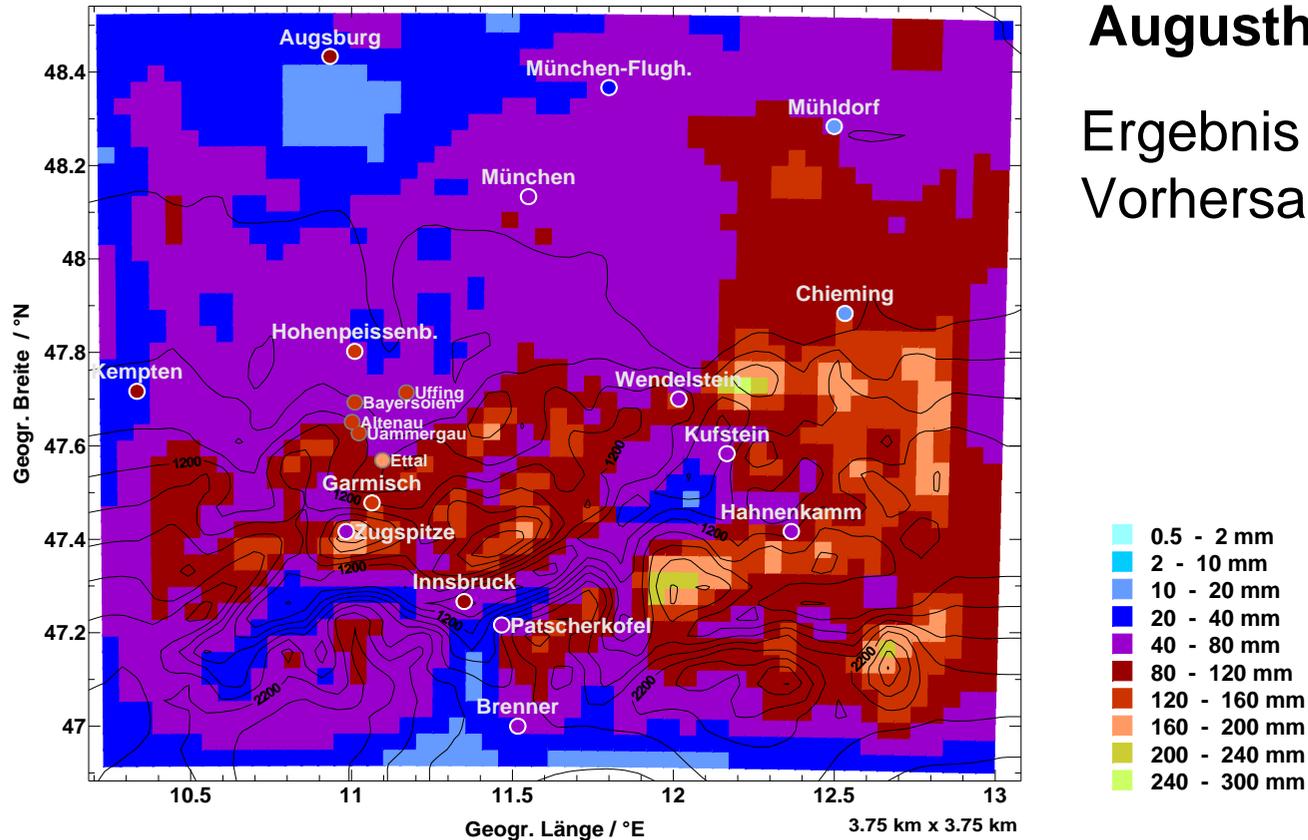
Ergebnis der operationellen Vorhersage am IMK-IFU

Operationelle NWP am IMK-IFU

0h Vorwarnzeit im Alpenraum ?

48h-Niederschlag in Domain 3

48h Prognose: 21.08. 12z - 23.08. 12z



Augusthochwasser 2005

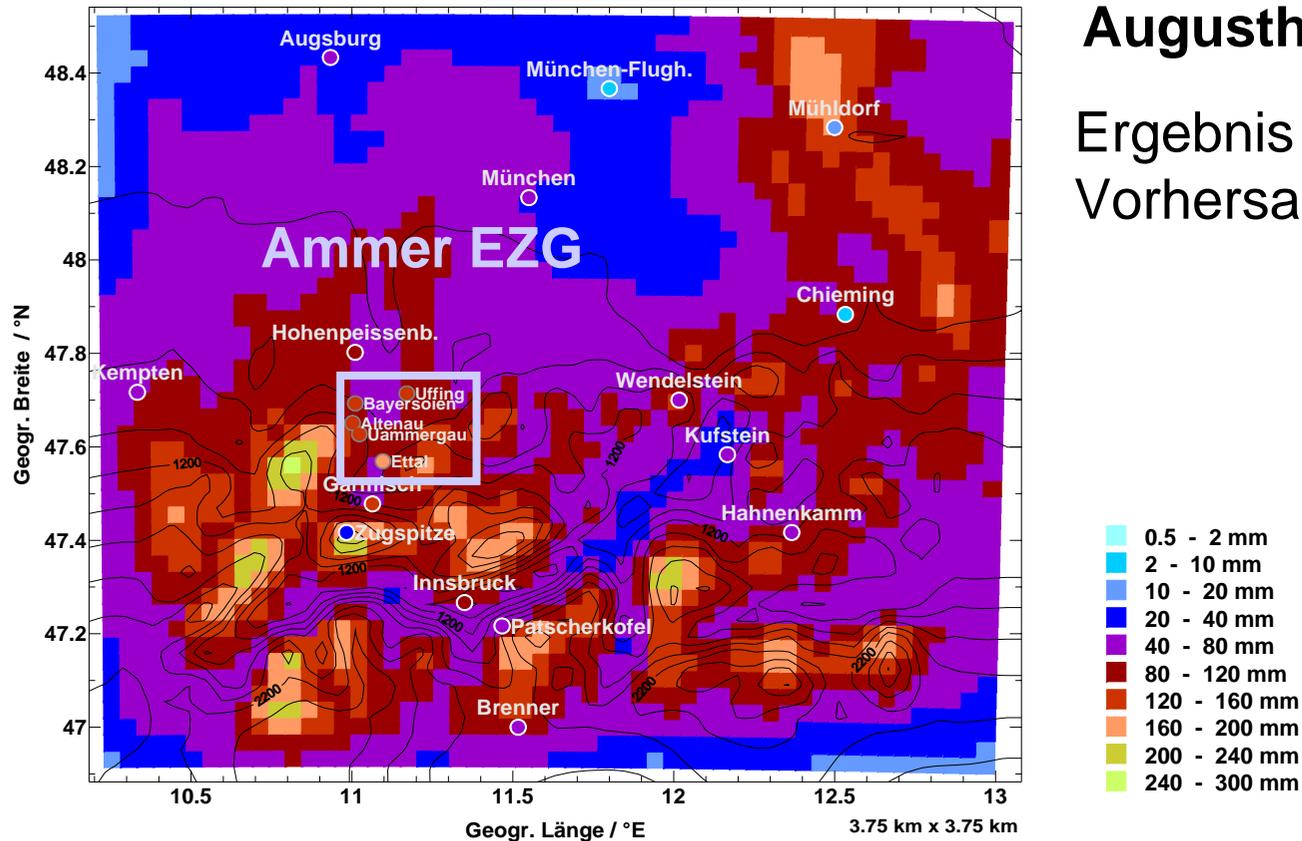
Ergebnis der operationellen Vorhersage am IMK-IFU

Operationelle NWP am IMK-IFU

0h Vorwarnzeit im Alpenraum ?

48h-Niederschlag in Domain 3

48h Prognose: 22.08. 00z - 24.08. 00z

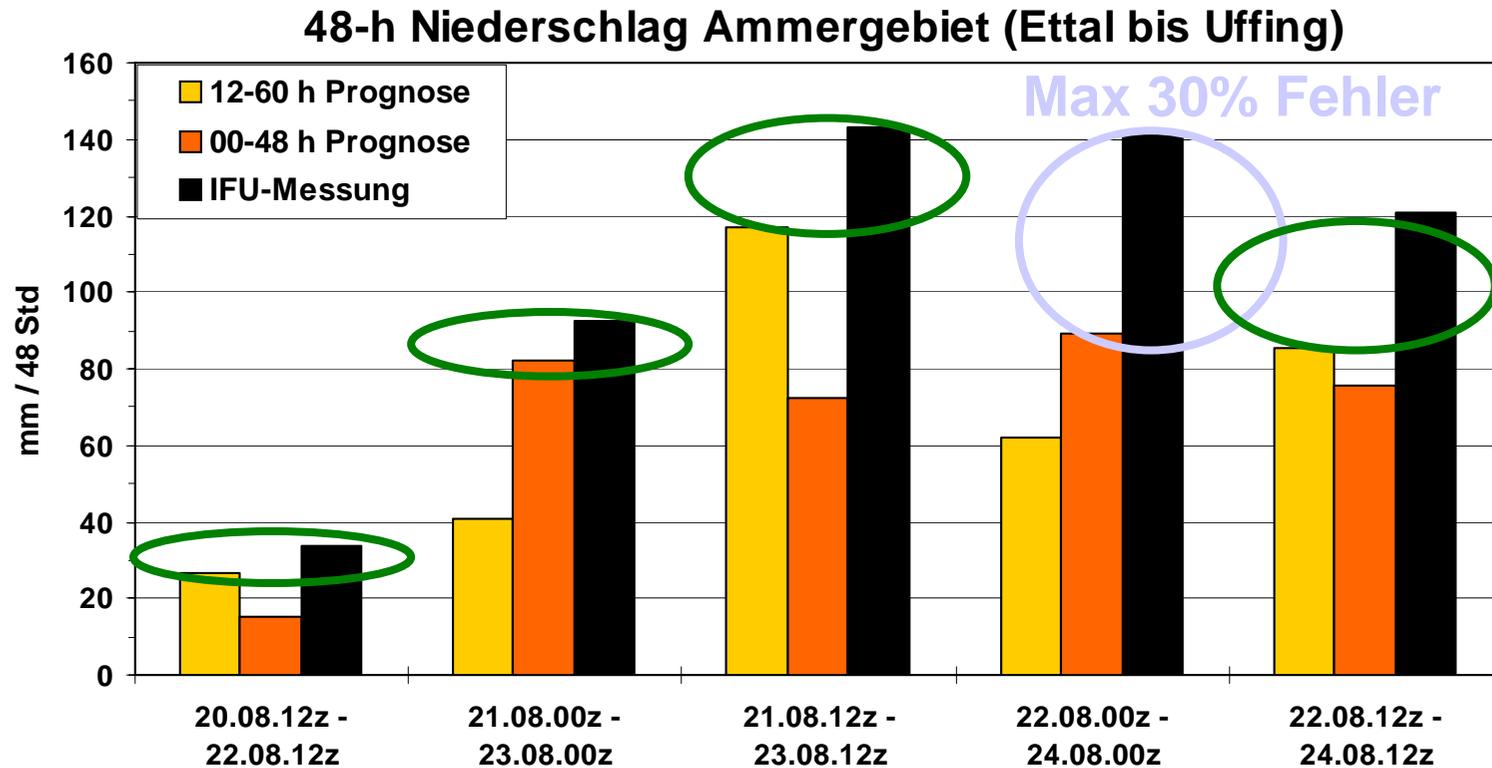


Augusthochwasser 2005

Ergebnis der operationellen Vorhersage am IMK-IFU

Operationelle NWP am IMK-IFU

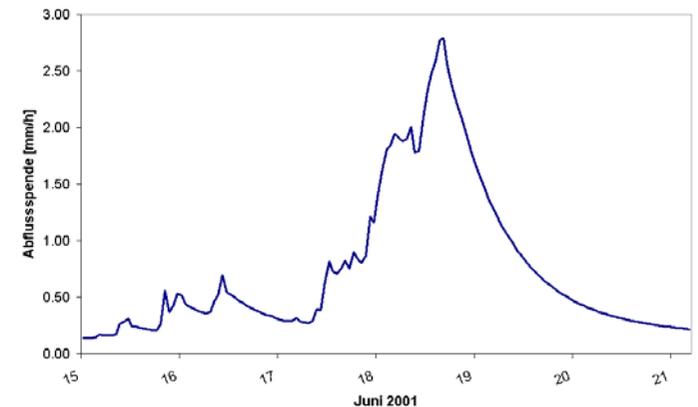
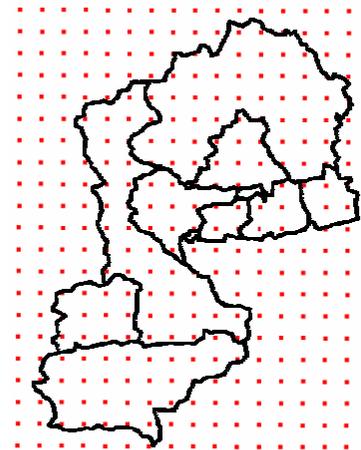
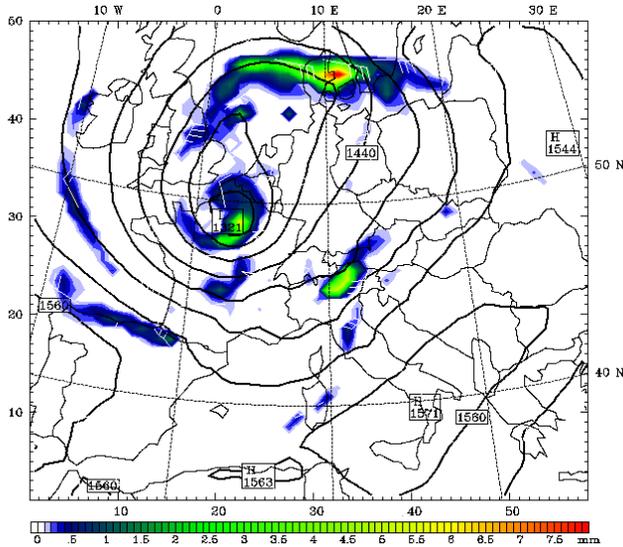
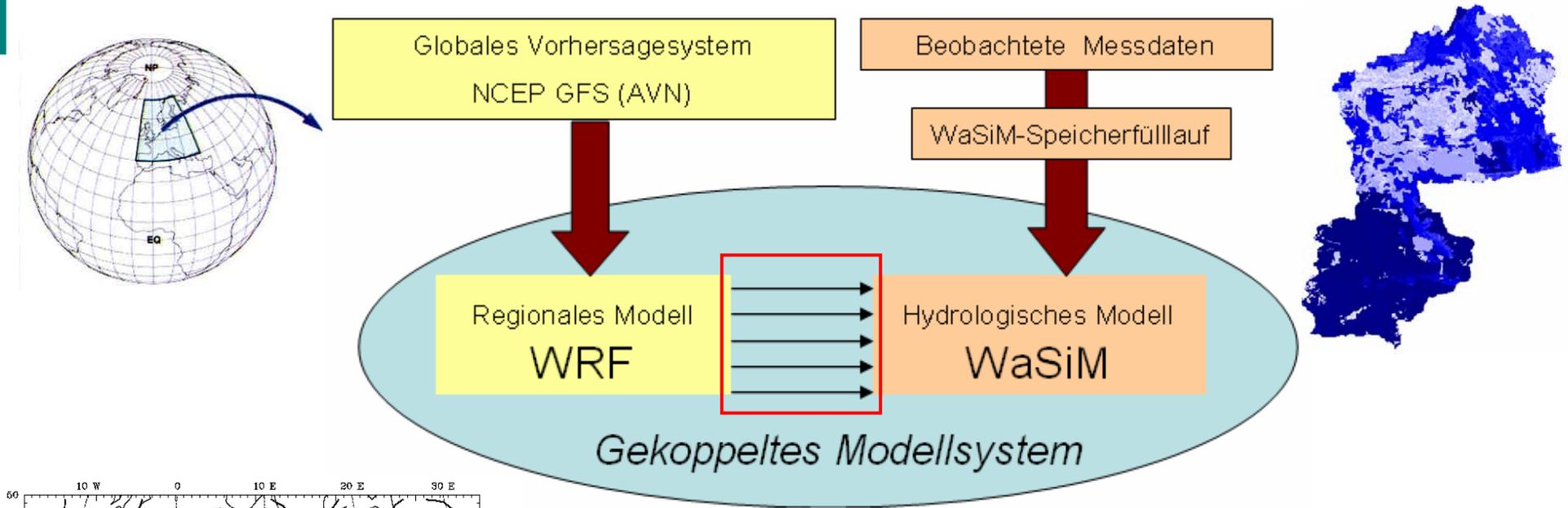
0h Vorwarnzeit im Alpenraum ?



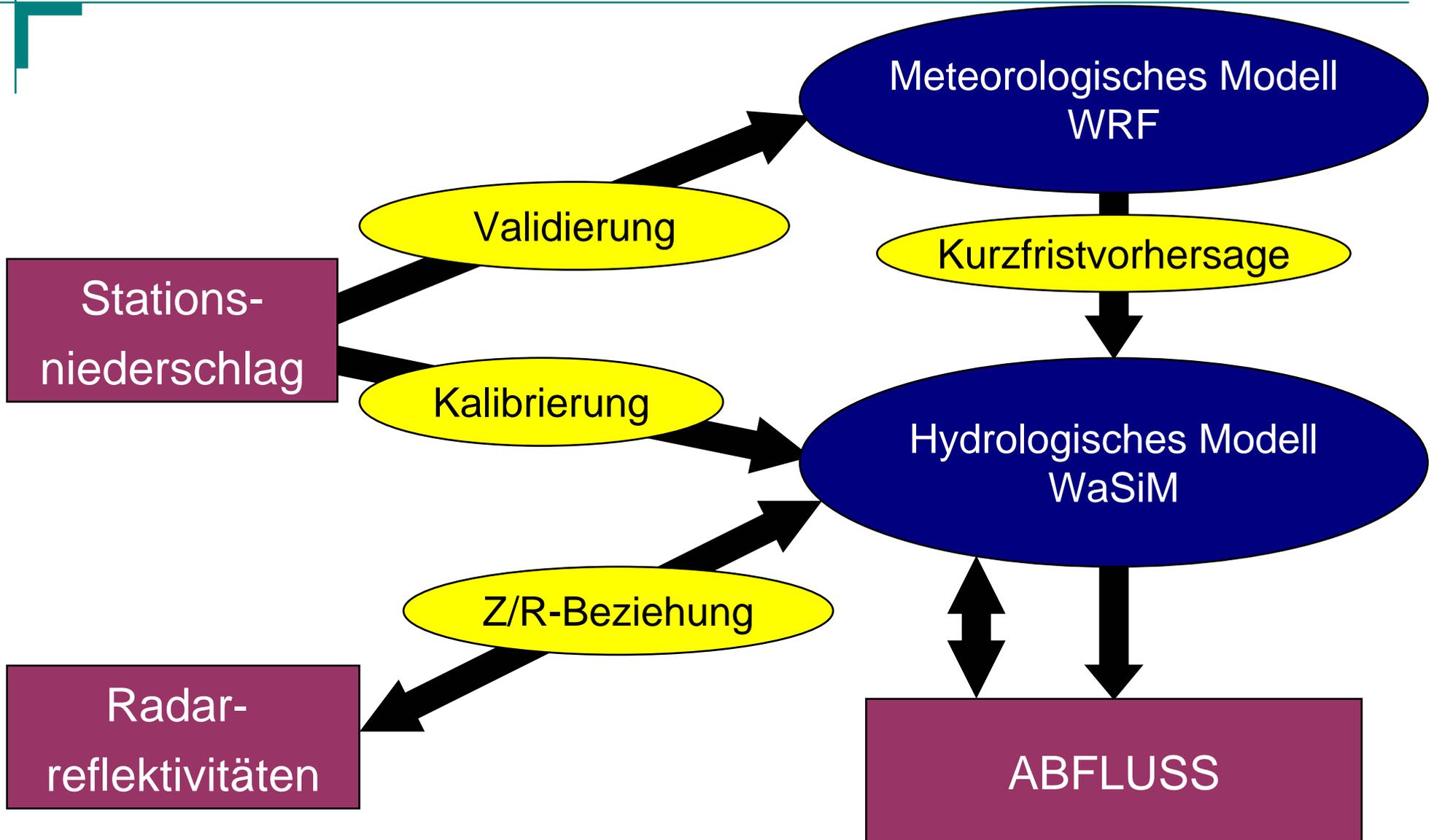


Gekoppeltes Modellsystem

Gekoppeltes Vorhersagesystem



Strategie

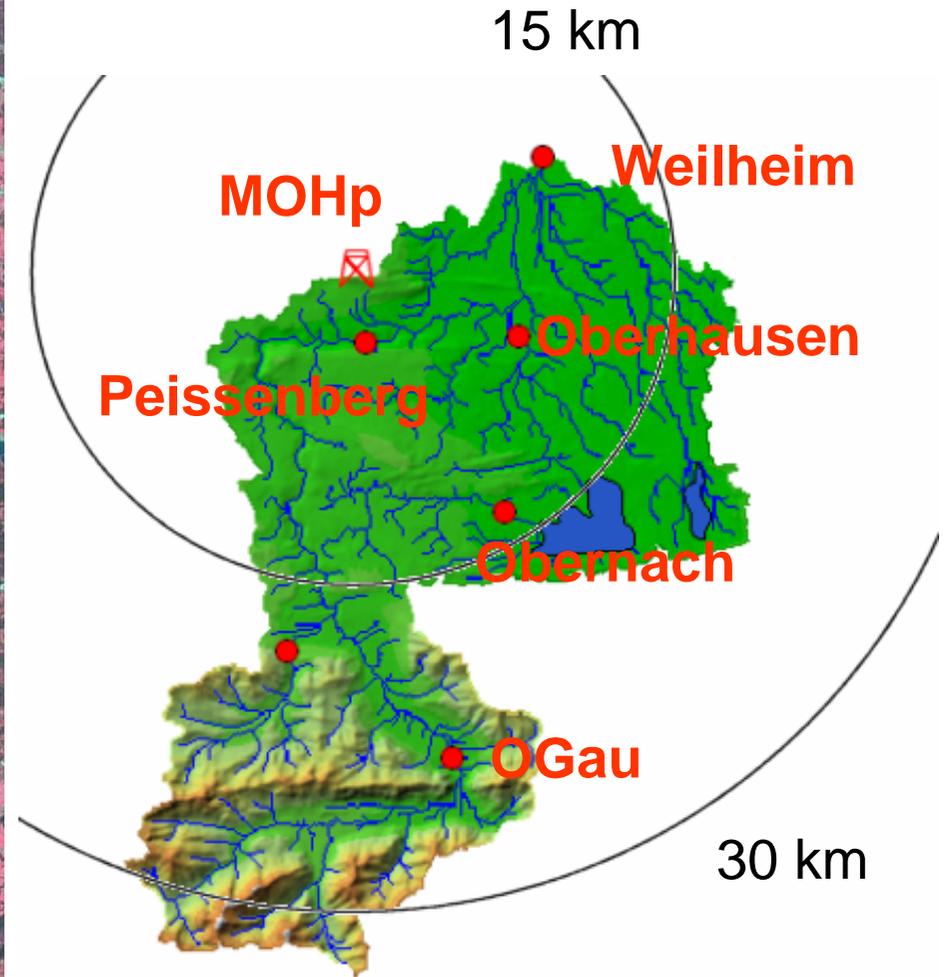
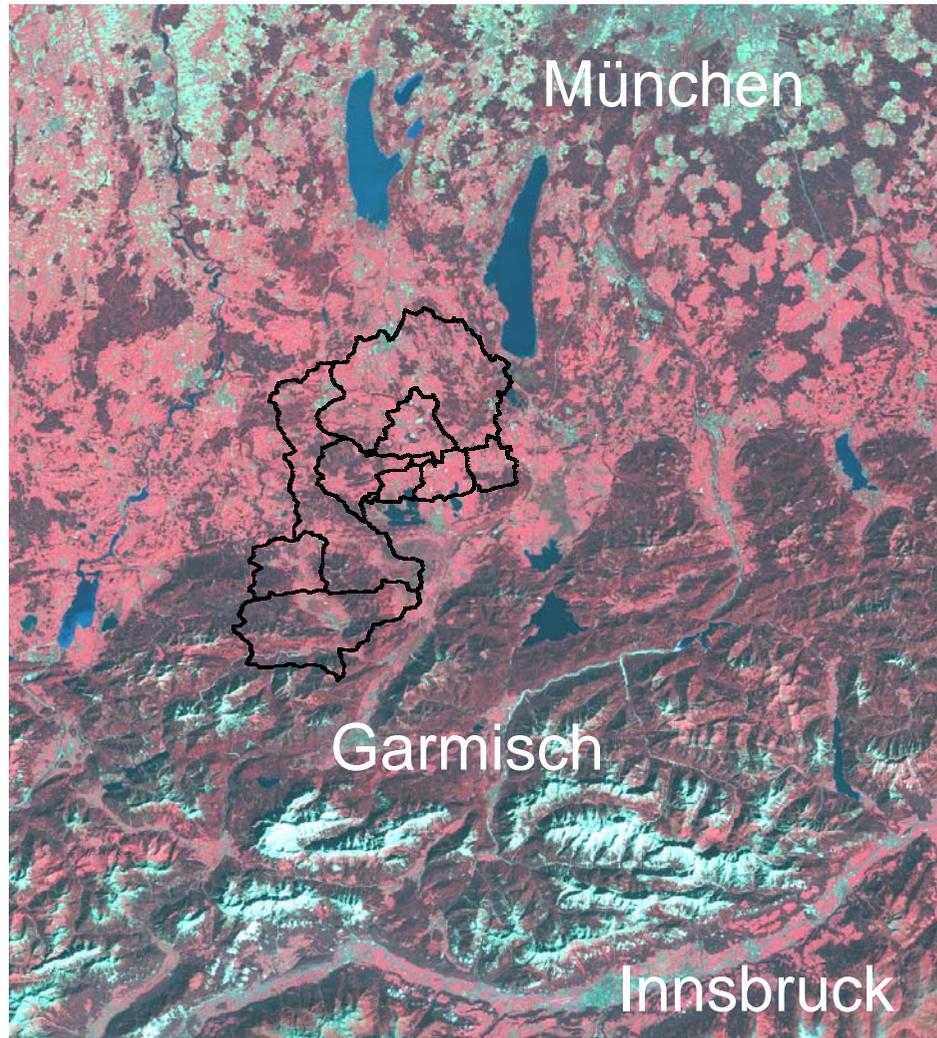




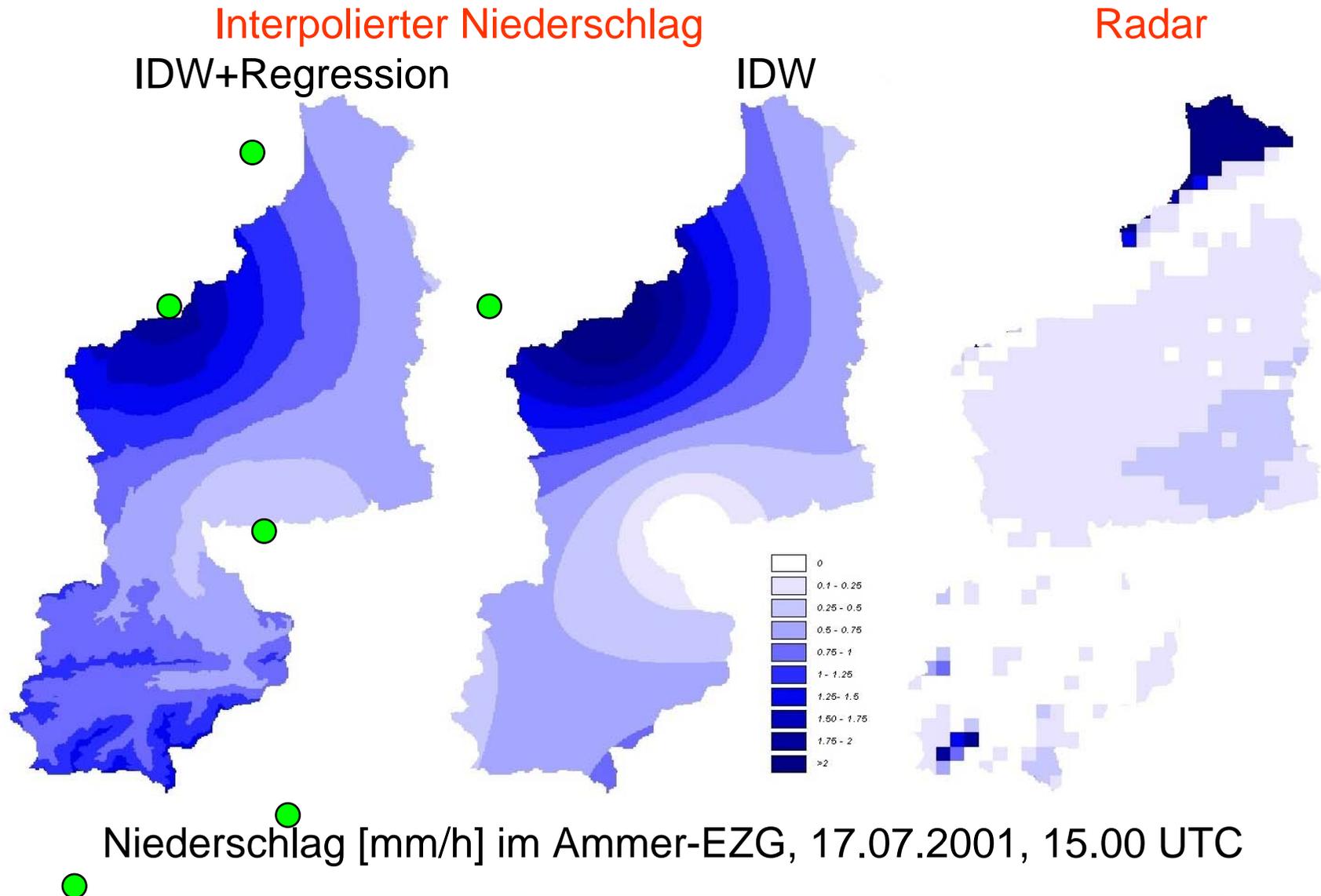
Hydrologische Modellierung

Testgebiet Ammer EZG

Hydrologische Modellierung Ammer EZG



Problem geometrischer Interpolationen



3-teilige Z/R – Beziehung über Abflussinformation

$$Z = a \times R^b$$

Z : Reflektivitätsfaktor [mm⁶ m⁻³]

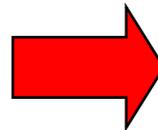
R : Regenintensität [mm h⁻¹]

a, b: empirische Konstanten (DWD-Standard: a=256, b=1.42)

Neuer Ansatz der Anpassung: „Q-Z/R“

| dBZ | < 36.5 | 36.5 ... 44 | > 44 |
|-----|--------|----------------|------|
| a | 125 | 200 | 77 |
| b | 1.4 | 1.6 | 1.9 |

3-teilige Z/R-Beziehungen (nach RADOLAN 2005)

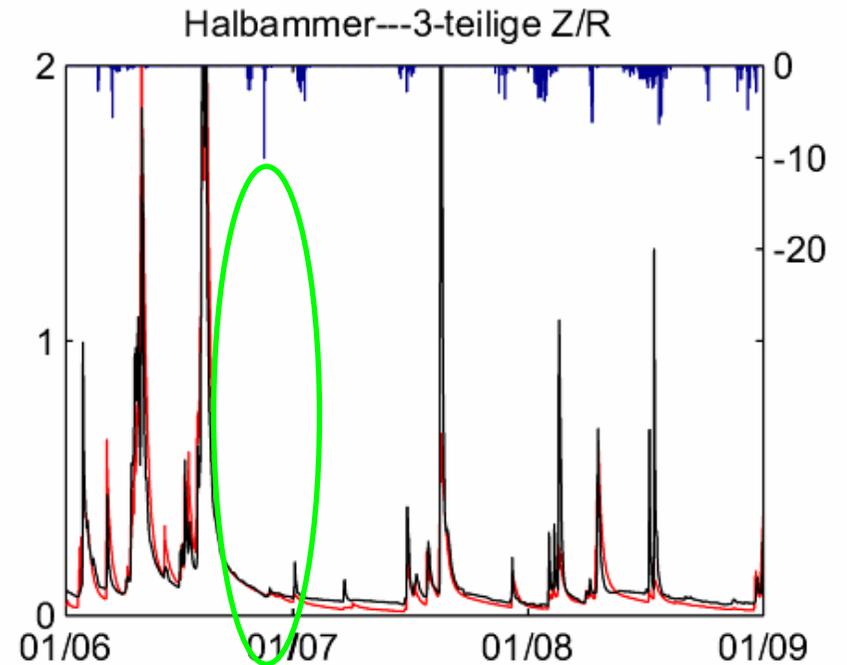
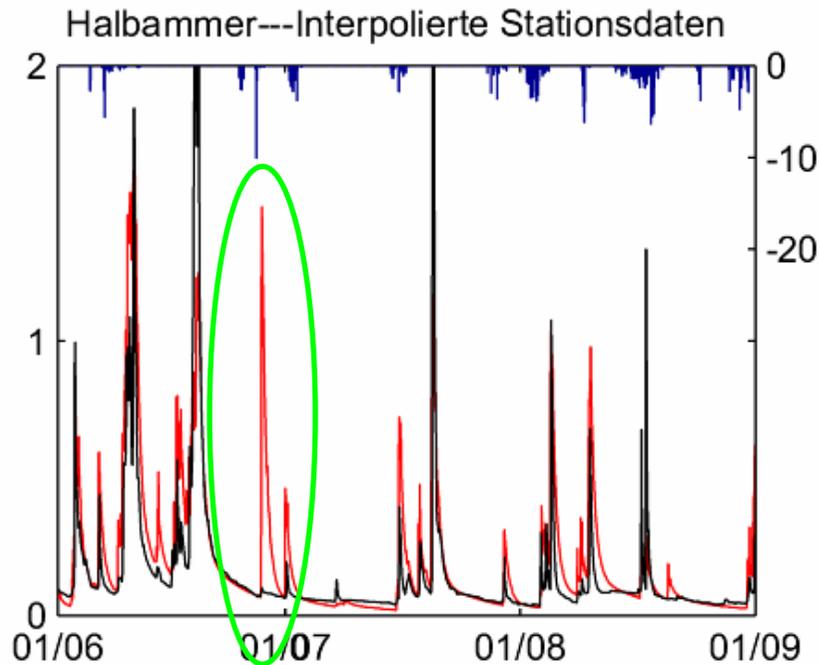


| dBZ | < 36 | 36 ... 45 | > 45 |
|-----|------|--------------|------|
| a | 104 | 146 | 93 |
| b | 1.43 | 1.57 | 1.63 |

$\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - Q_{sim,i}[R(Z, a_j, b_j, c_1, c_2)])^2 \Rightarrow \min$

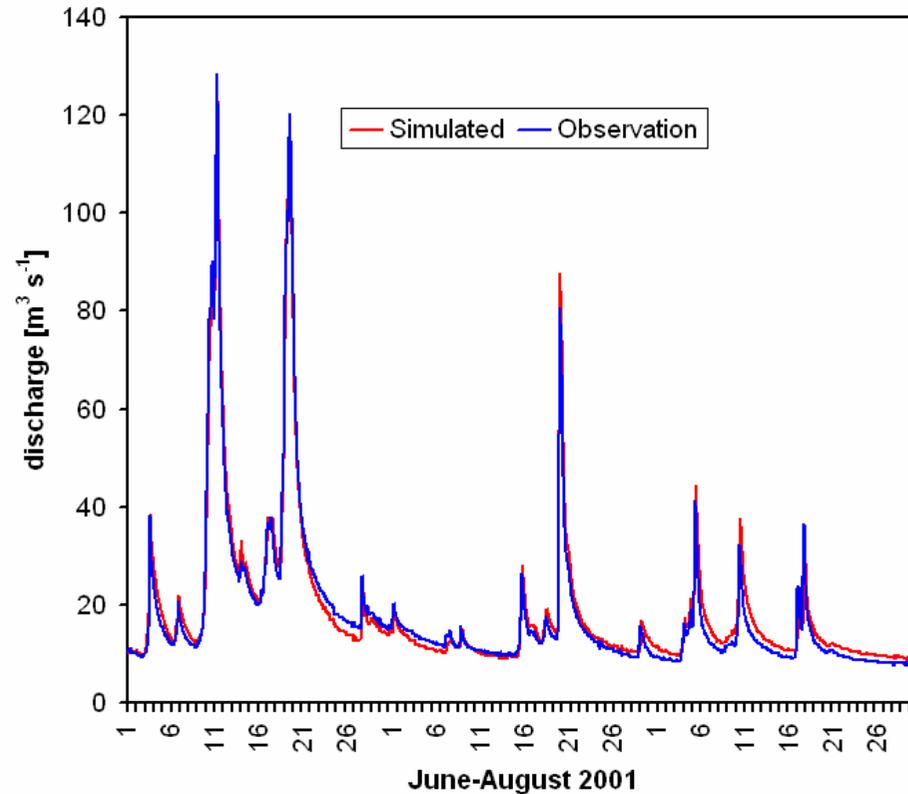
angepasste 3-teilige Z/R-Beziehungen (Marx et al., 2006)

Einbindung von Radardaten

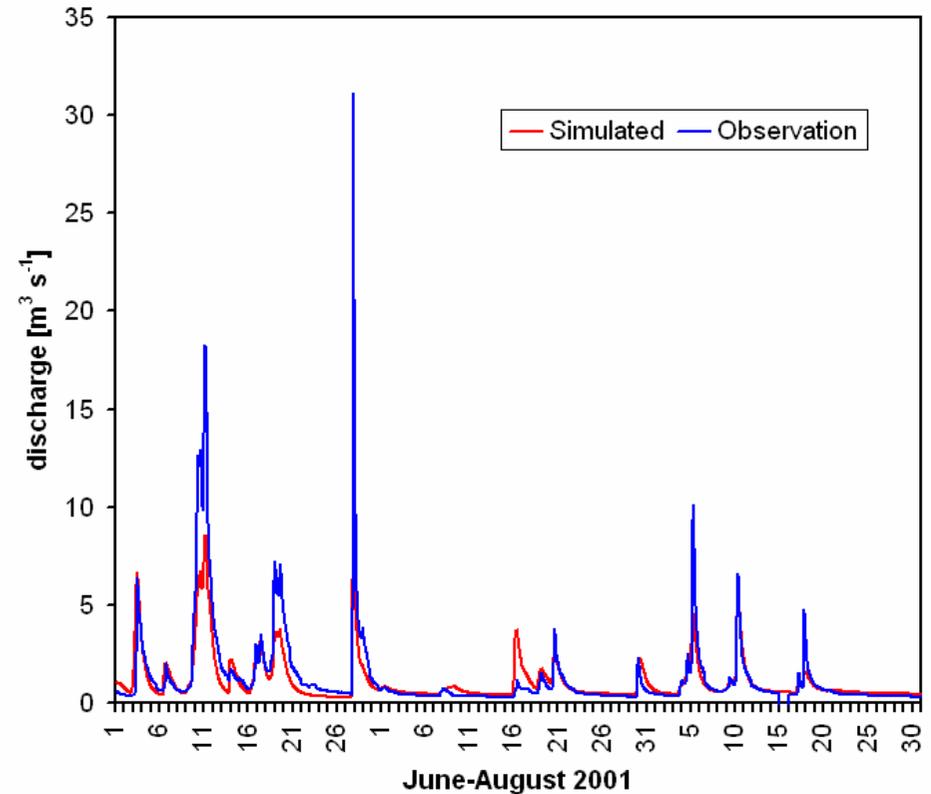


Verringerung fiktiver Niederschlagsereignisse

Einbindung von Radardaten



Pegel Weilheim



Pegel Obernach

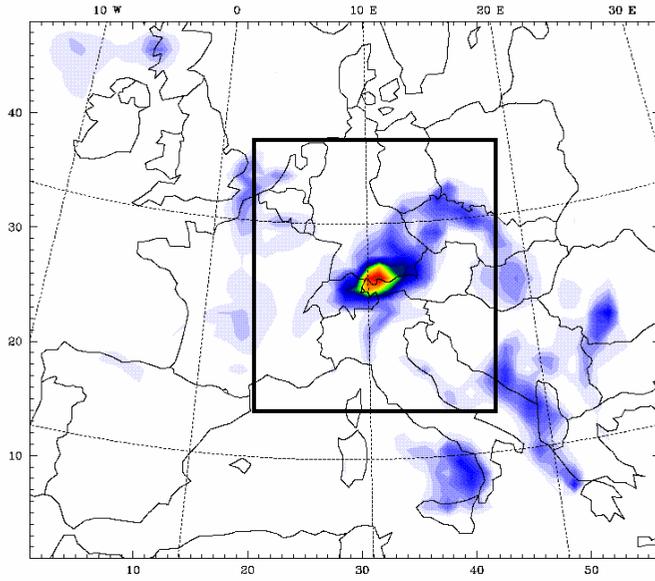


Ergebnisse gekoppelte Vorhersage

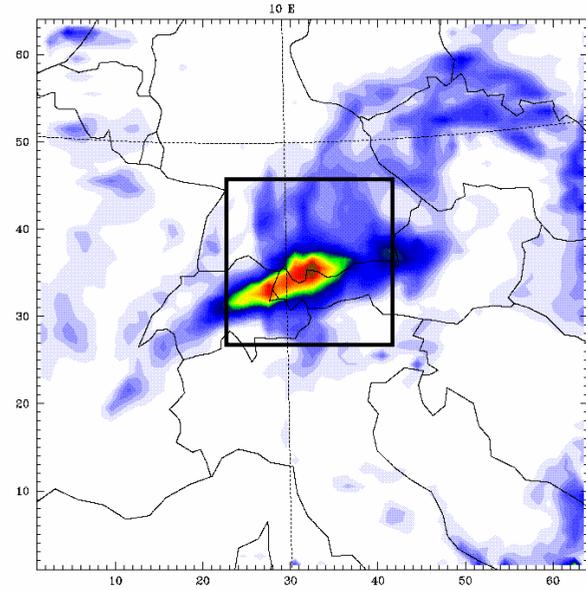
Augusthochwasser 2005

Eine Wettervorhersage – 4 Ergebnisse

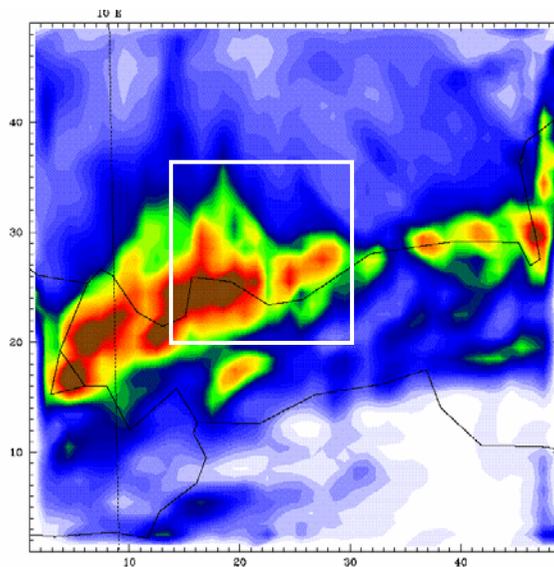
D01
54x54
km²



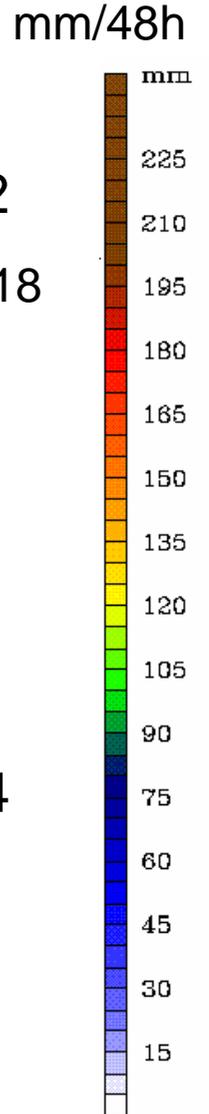
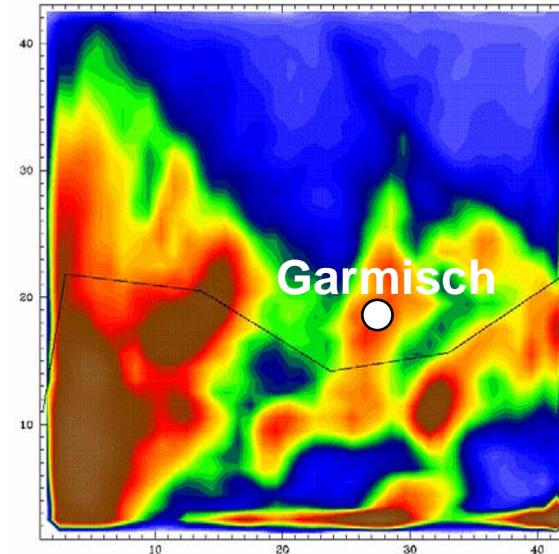
D02
18x18
km²



D03
6x6
km²



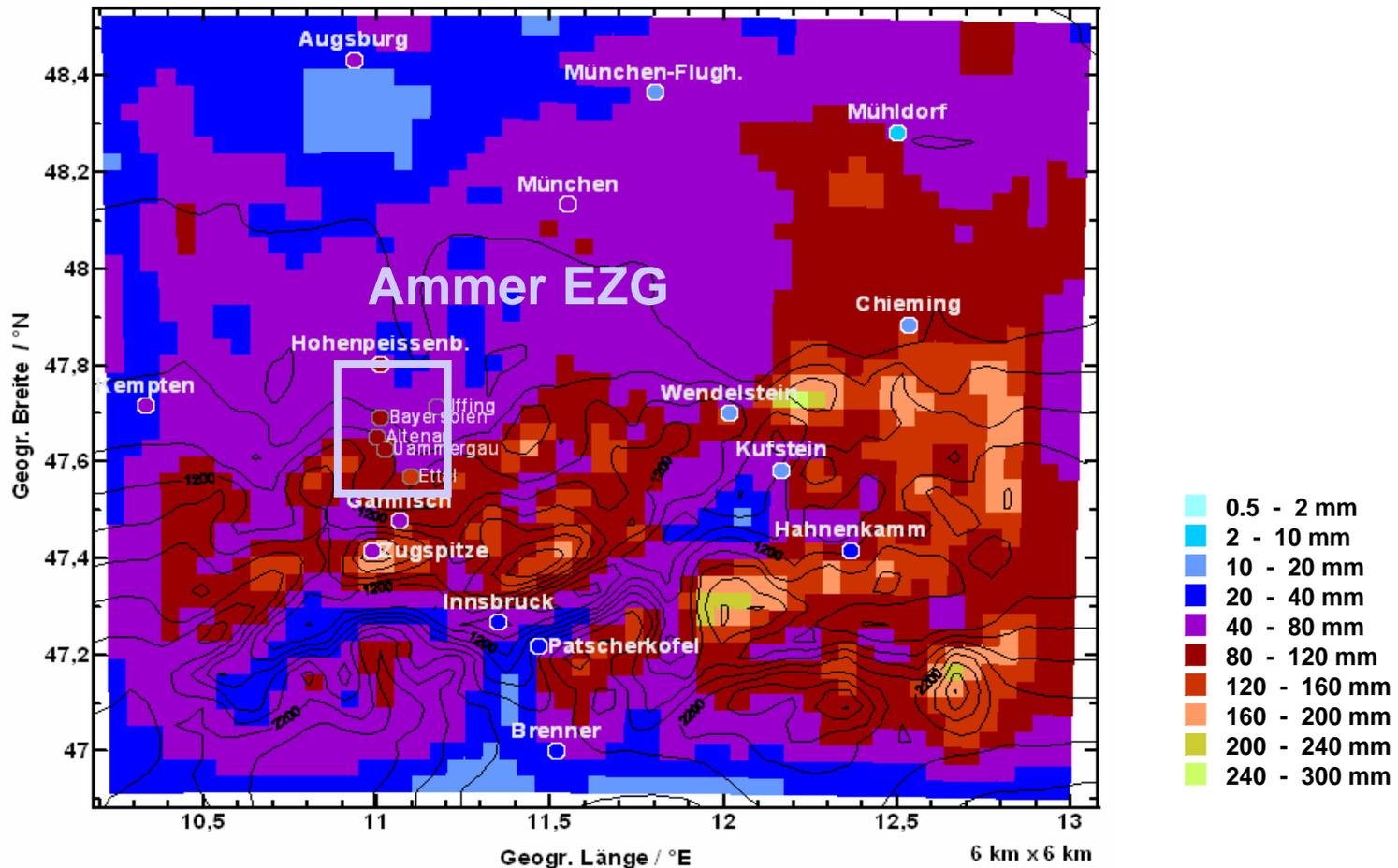
D04
2x2
km²



Vorhersage Augusthochwasser 2005

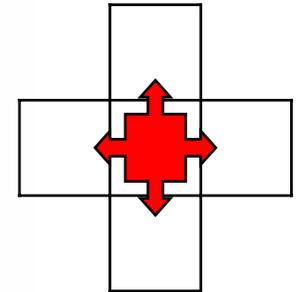
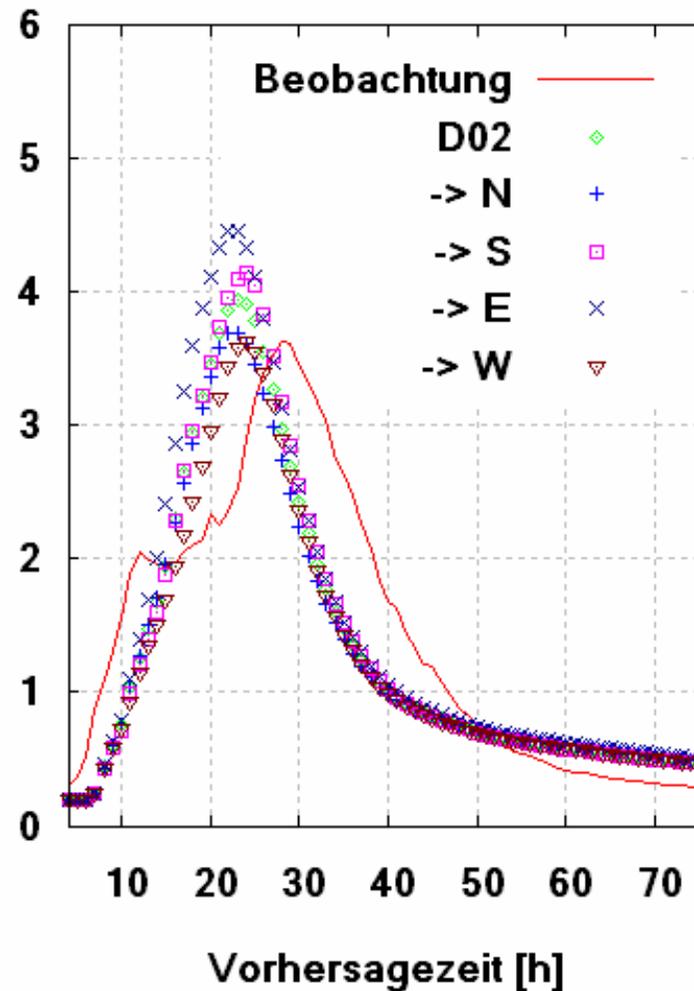
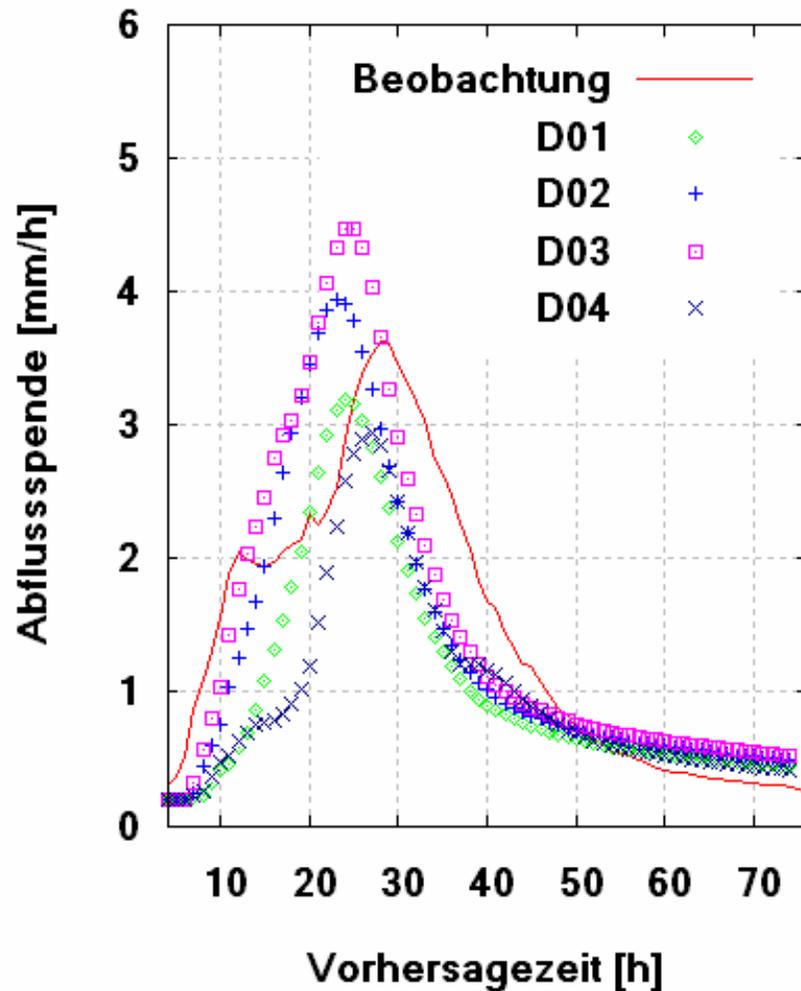
48h-Niederschlag in Domain 3: WRF

48h Prognose: 21.08. 12z - 23.08. 12z



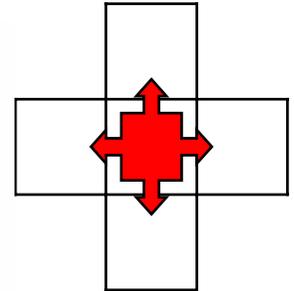
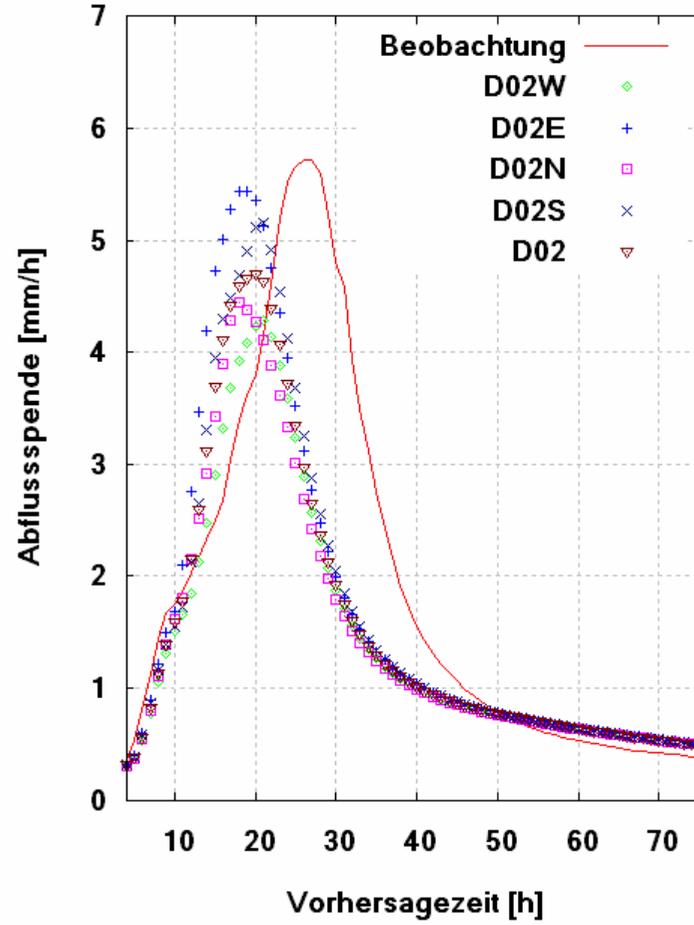
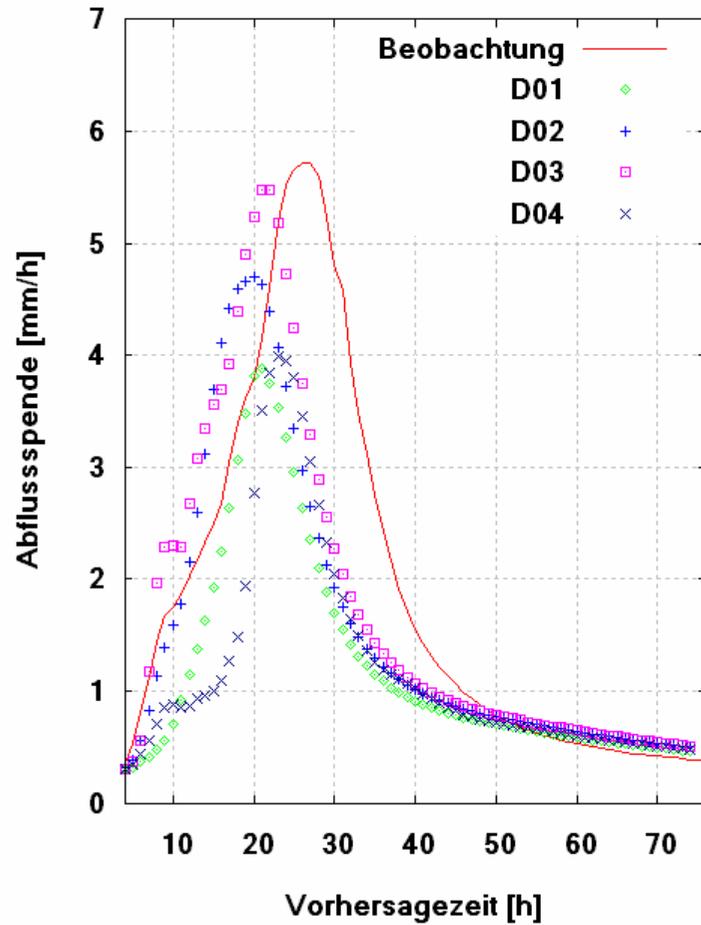
WRF-Vorhersage und Vergleich mit Stationsmessungen

Gekoppelte Vorhersagen WRF-WaSiM



Pegel Peissenberg, Initialisierung 22.08 12:00h

Gekoppelte Vorhersagen WRF-WaSiM



Pegel Oberammergau, Initialisierung 22.08 12:00h

Zusammenfassung

- Hochwasserfrühwarnung alpine EZG erfordert NWP
- Extreme Niederschläge des Augusthochwassers 48h vorhersagbar
- neue Methode für Z/R Beziehung: Q-Z/R
- gekoppeltes Modellsystem:
Abflussvorhersage Augusthochwasser 2005 für Ammer-EZG
- Ziel: probabilistische Aussagen

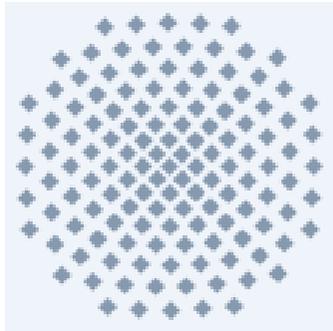
Projektpartner



*High-Tech-Offensive
Zukunft
Bayern*



Meteorologisches
Observatorium
Hohenpeißenberg



**Universität
Stuttgart**



Wasserwirtschaftsamt
Weilheim