

Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Meteorologie & Klimaforschung
IMK-IFU, Garmisch-Partenkirchen



High-Tech-Offensive
Zukunft
Bayern

Gekoppelte Meteorologie-Hydrologie-Simulation **Von der technischen Strategie hin zum** **Frühwarnsystem**

03.03.2006

A. Marx, H. Kunstmann, A. Bárdossy, J. Seltmann

Motivation



<i>Pfingsthochwasser</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





Hintergrund

- NWP (*Numerical Weather Prediction*) für Alpenraum seit 1999 (Pfungsthochwasser)
- Zentrale Forschungsfrage:
Wie gut sind Niederschlagssimulationen für die Hydrologie, insbesondere die Abflussvorhersage
- Herausforderung
Verbindung Meteorologie und Hydrologie
- Ziel: Entwicklung eines gekoppelten meteorologischen-hydrologischen Modellsystems für alpine Einzugsgebiete

Herausforderung Frühwarnsystem für alpine EZGs

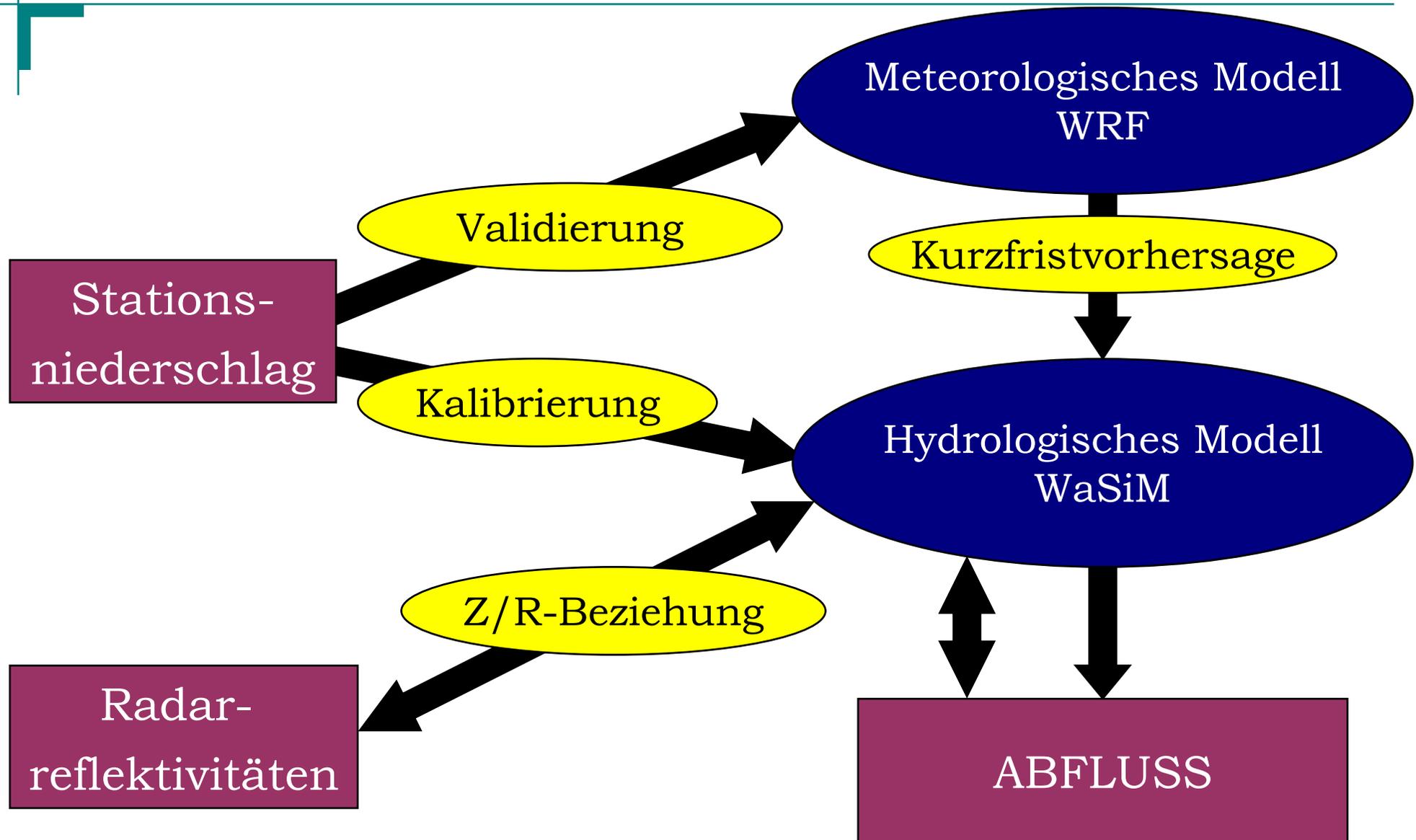
Wegen extrem kurzer Niederschlag-Abfluss Reaktionszeiten:

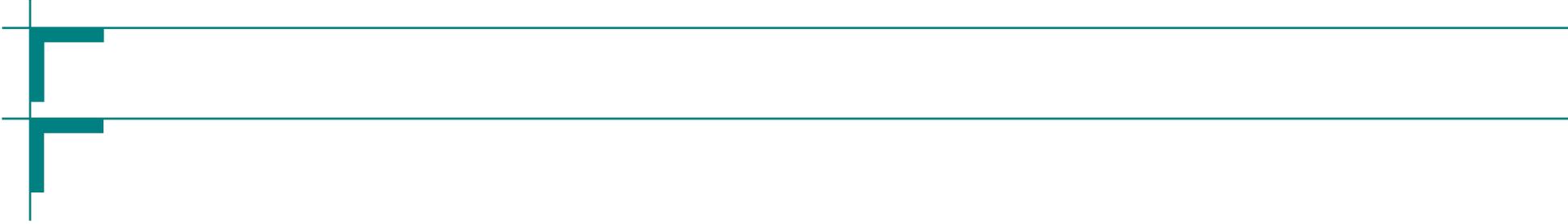
- Wellenfortpflanzung wie bei großen EZG: nicht anwendbar
- Radar: nur zum *Nowcasting* geeignet
- Hochwasservorhersage im alpinen Raum nur über numerische **Wettervorhersage (NWP)**

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**

STRATEGIE



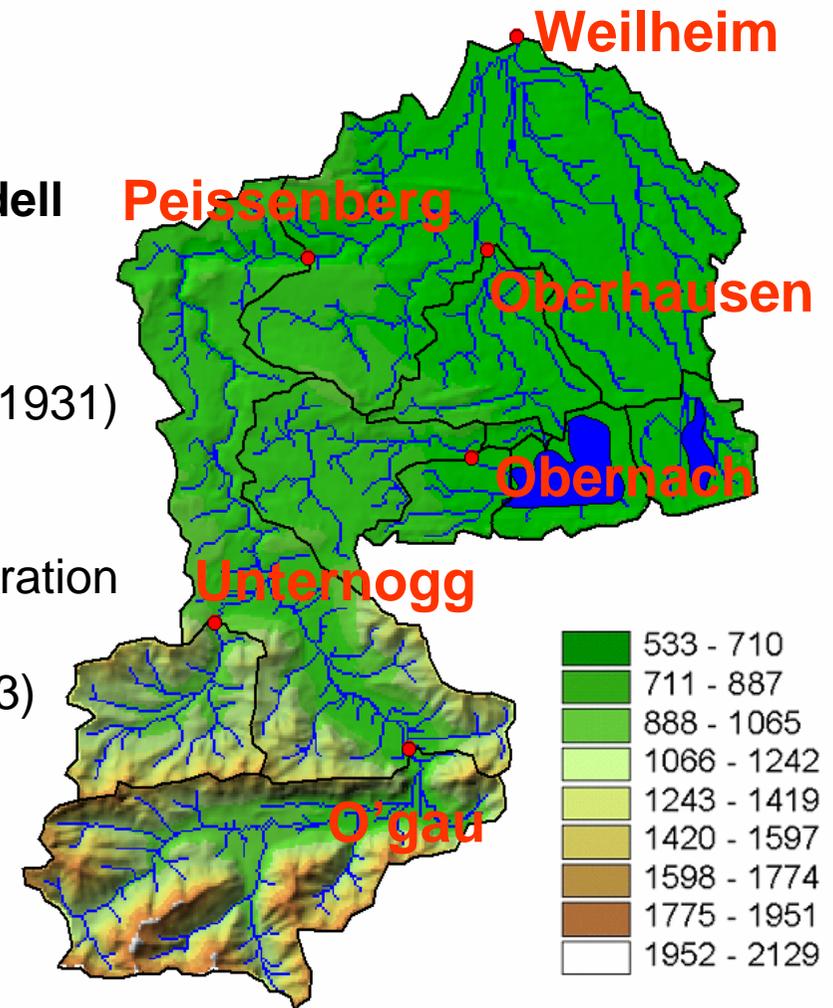


Hydrologische Modellierung

Hydrologische Modellierung Ammer EZG

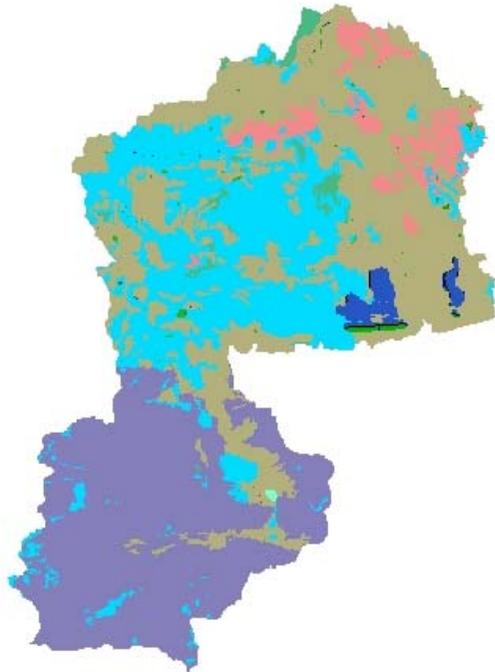
WaSiM (Schulla & Jasper 2001)

- **Deterministisches, flächendifferenziertes Modell**
- **Kombination von physikalisch basierten und konzeptionellen Prozessbeschreibungen**
 - Fluss in der ungesättigten Zone nach (Richards, 1931)
 - Saugspannung & hydraulische Leitfähigkeit nach (van Genuchten, 1976)
 - Boden- und vegetationspezifische Evapotranspiration (Monteith, 1975; Brutsaert, 1982)
 - Auf- und Abbau Schneespeicher (Anderson, 1993)
 - 2-dim Grundwassermodell dynamisch an die ungesättigte Zone gekoppelt
- **Kalibrierung empirischer Parameter**



Flächendifferenzierte hydrologische Modellierung

Bodenarten



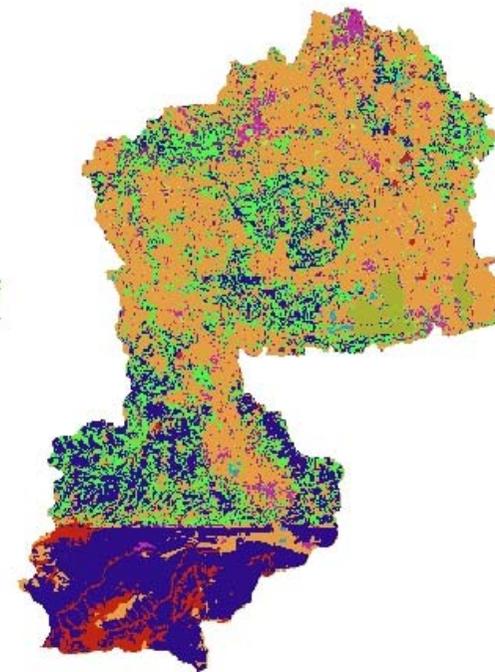
nutzbare Feldkapazität
hydr. Leitfähigkeit
Auffüllbare Porosität

Topographie



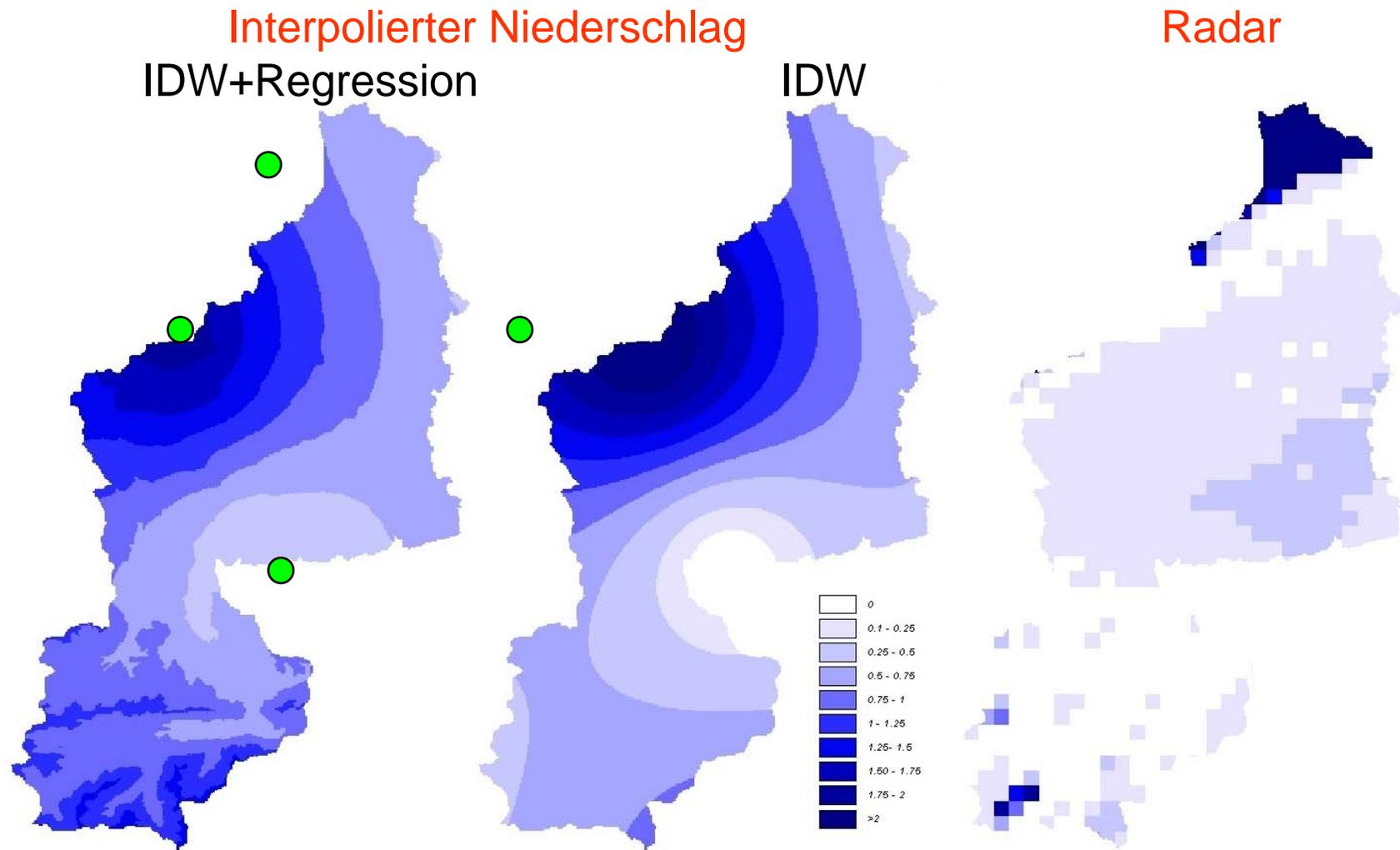
Fließzeiten
Exposition
Hangneigung
Einzugsgebietsgrenzen

Landnutzung



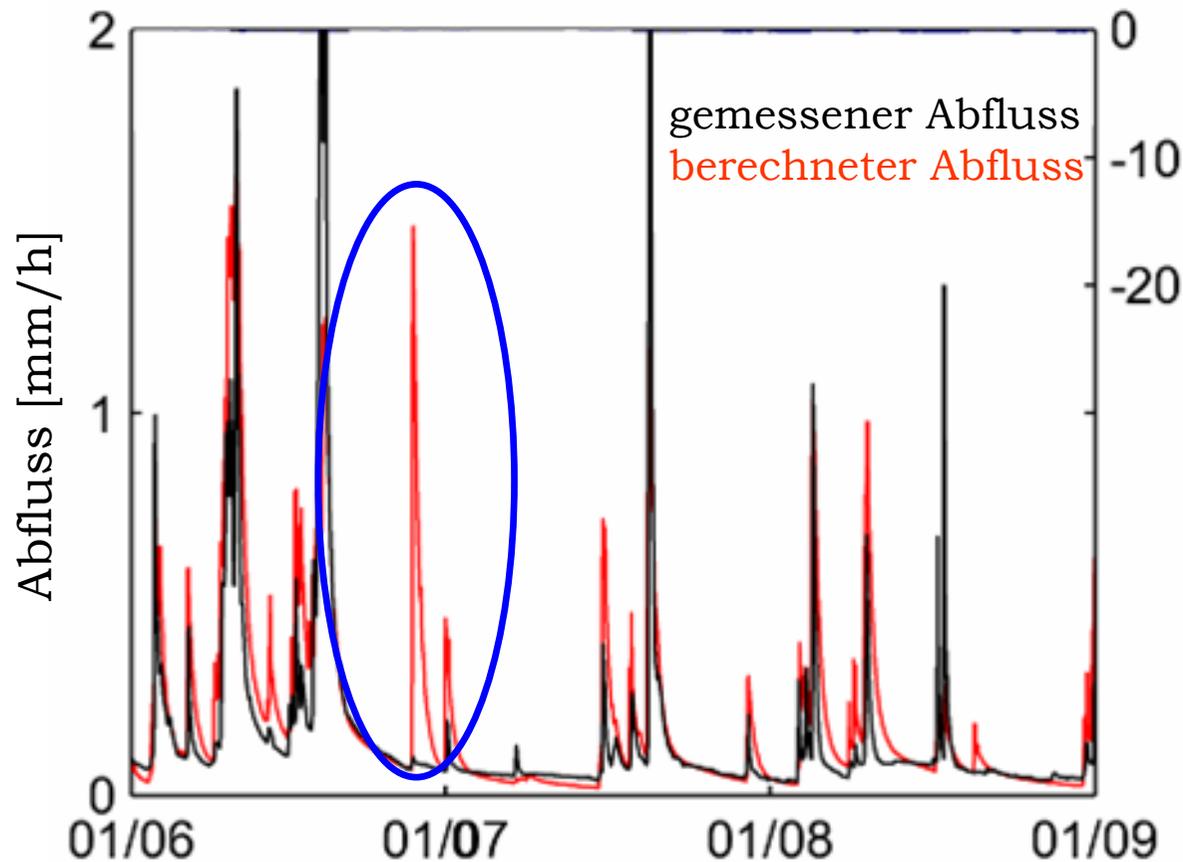
Albedo
LAI
Vegetationsbedeckung
Wurzeltiefe

Problem geometrischer Interpolationen



Niederschlag [mm/h] im Ammer-EZG, 17.07.2001, 15.00 UTC

Hydrologische Modellierung Ammer EZG



WaSiM Kalibrierung

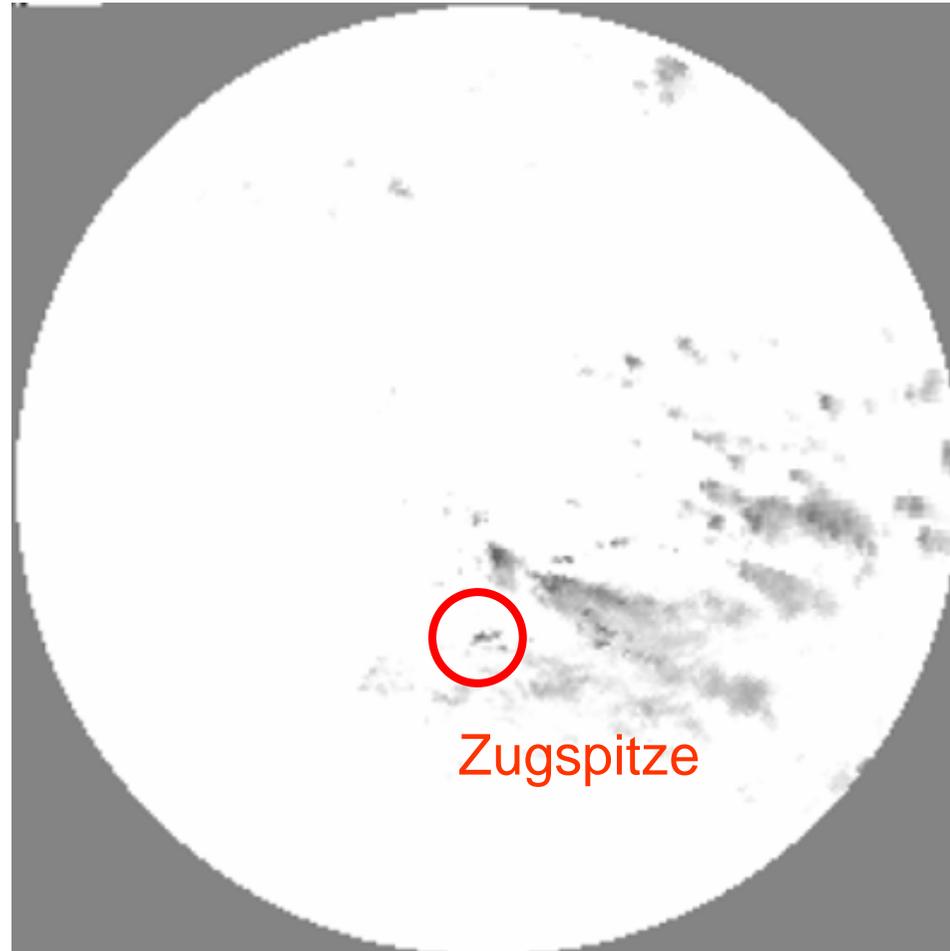
Pegel Halbammer

Sommer 2001

- Fehlerhafte Niederschlagsinterpolation führt zu fiktiven Abflussereignissen

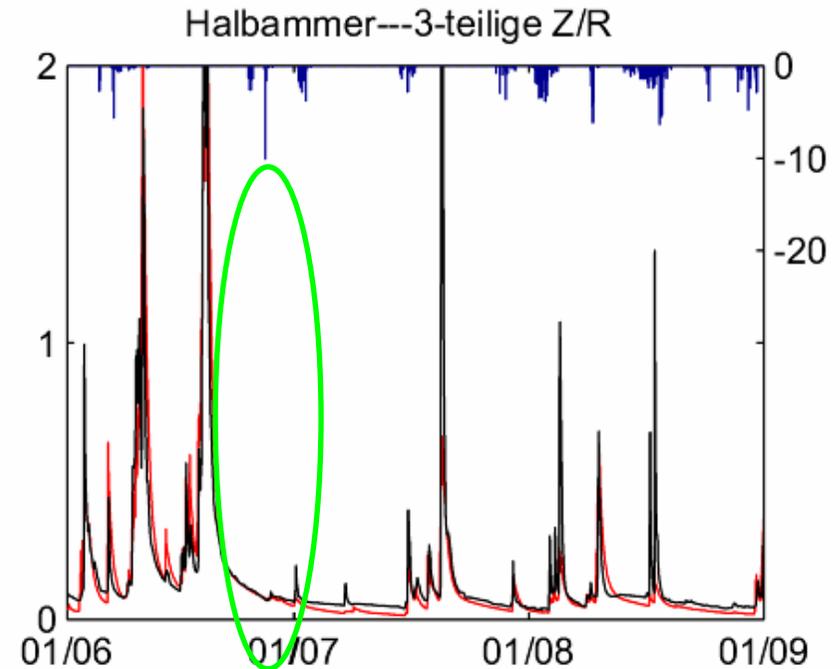
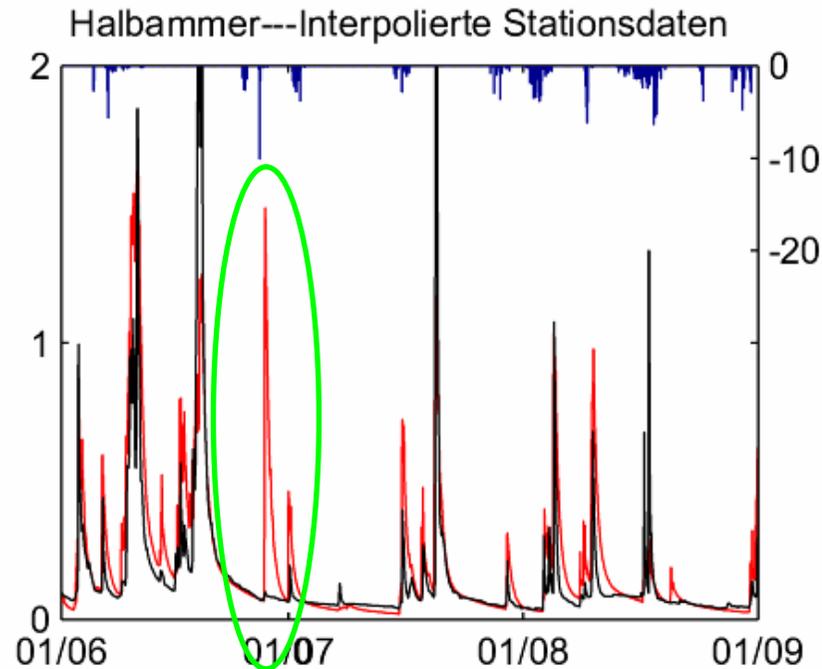
Einbindung von 3-min. Radardaten

DWD-Radar am
Hohenpeißenberg

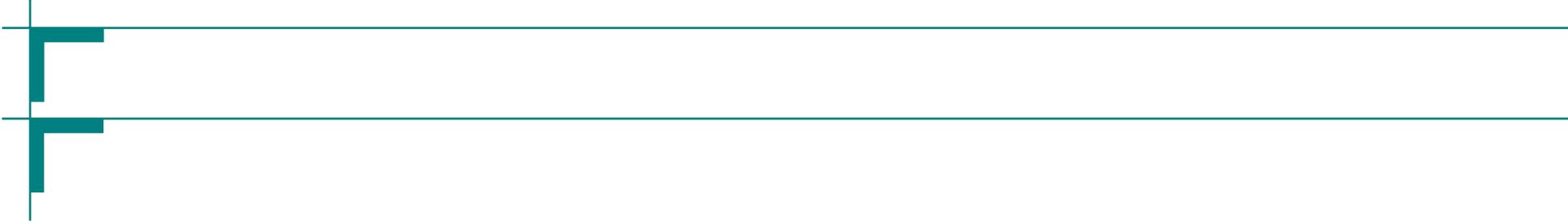


- Prozessierung der Radardaten nach Marx et al. 2006

Einbindung von Radardaten



- Übergabe der Radarniederschlagsintensitäten als virtuelle Station
- Verwendbarkeit von Radardaten konnte in der hydrologischen Modellierung aufgezeigt werden



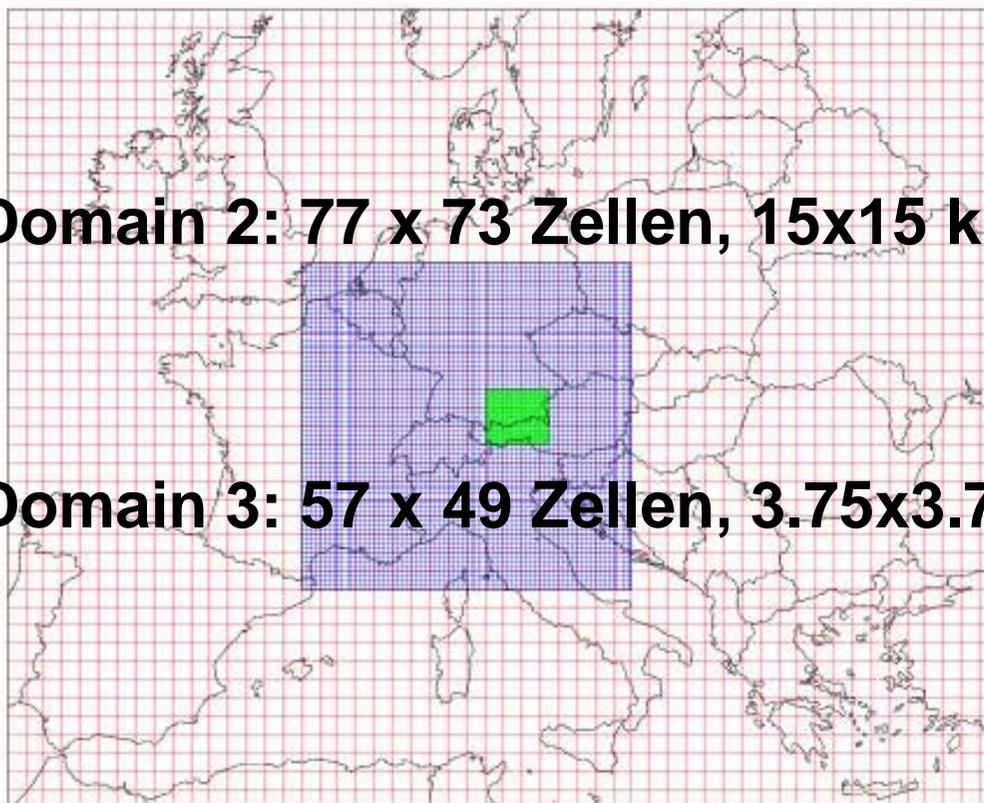
Meteorologische Modellierung

Operationelle NWP am IMK-IFU

Domain 1: 55 x 45 Zellen, 60x60 km²

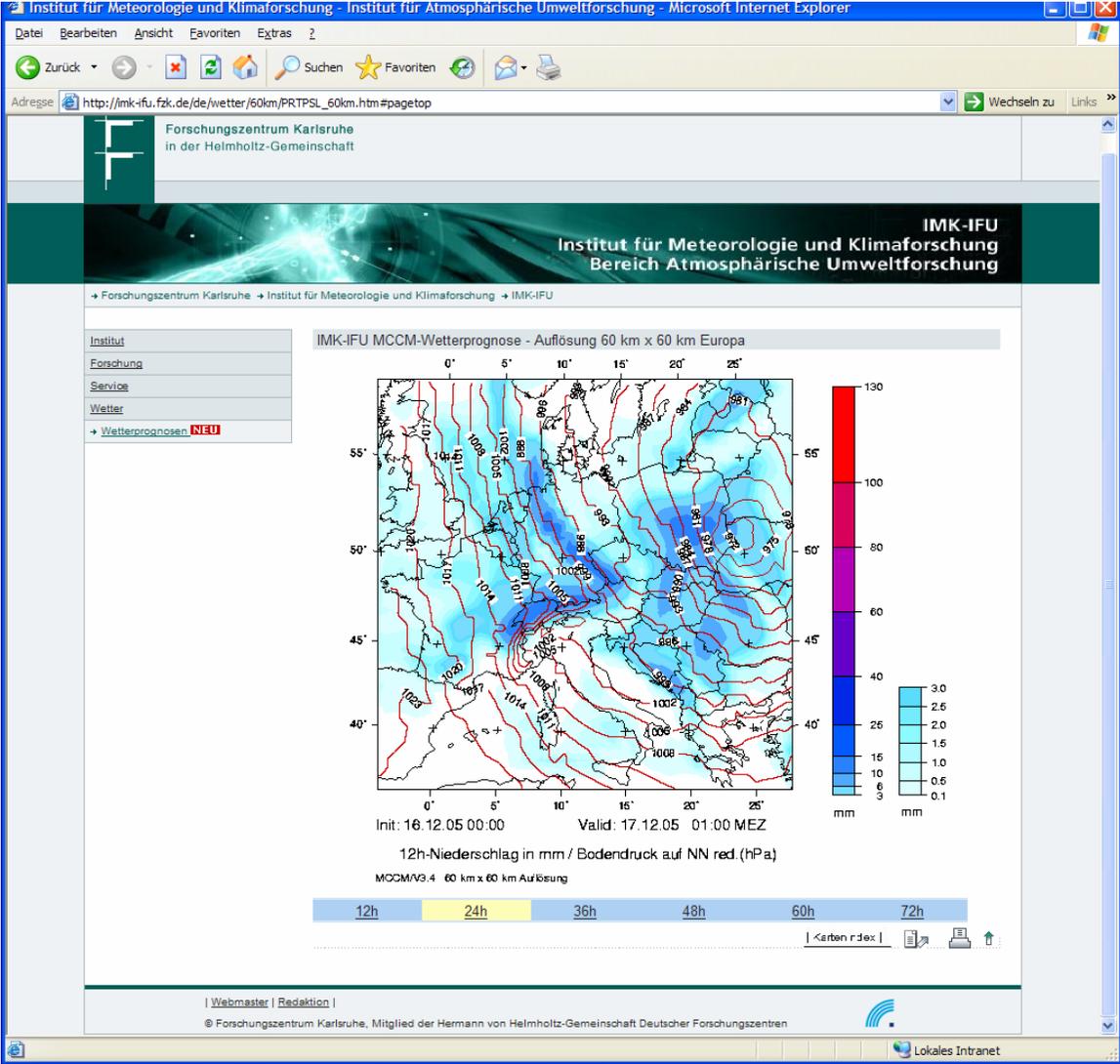
Domain 2: 77 x 73 Zellen, 15x15 km²

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



Operationelle NWP am IMK-IFU

Darstellung im Internet:
<http://imk-ifu.fzk.de/wetter>

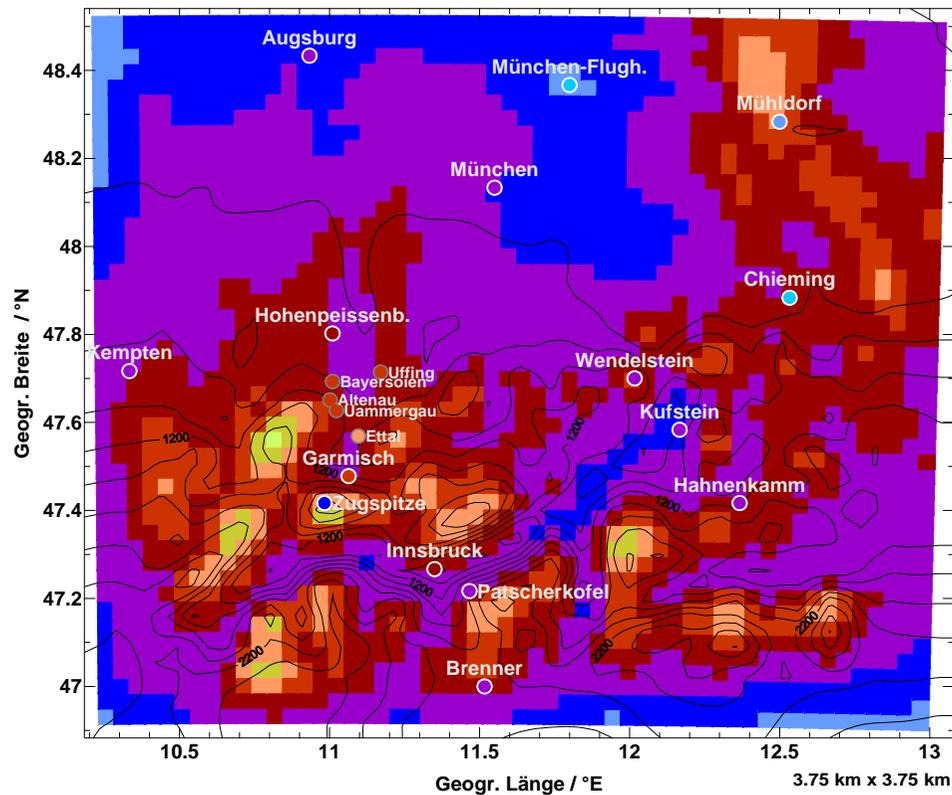


Operationelle NWP am IMK-IFU

0h Vorwarnzeit im Alpenraum ?

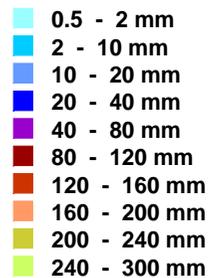
48h-Niederschlag in Domain 3

48h Prognose 22.08.00z - 24.08.00z



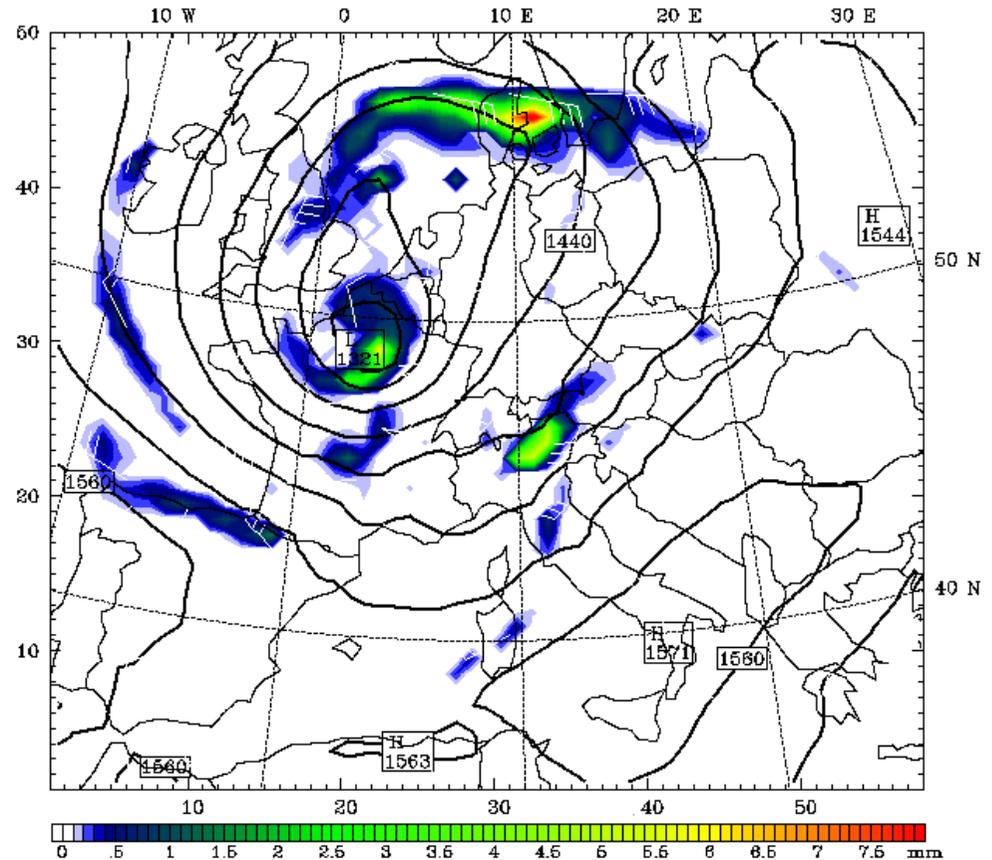
Augusthochwasser 2005

Operationelle Vorhersage
am IMK-IFU
(<http://imk-ifu.fzk.de>)

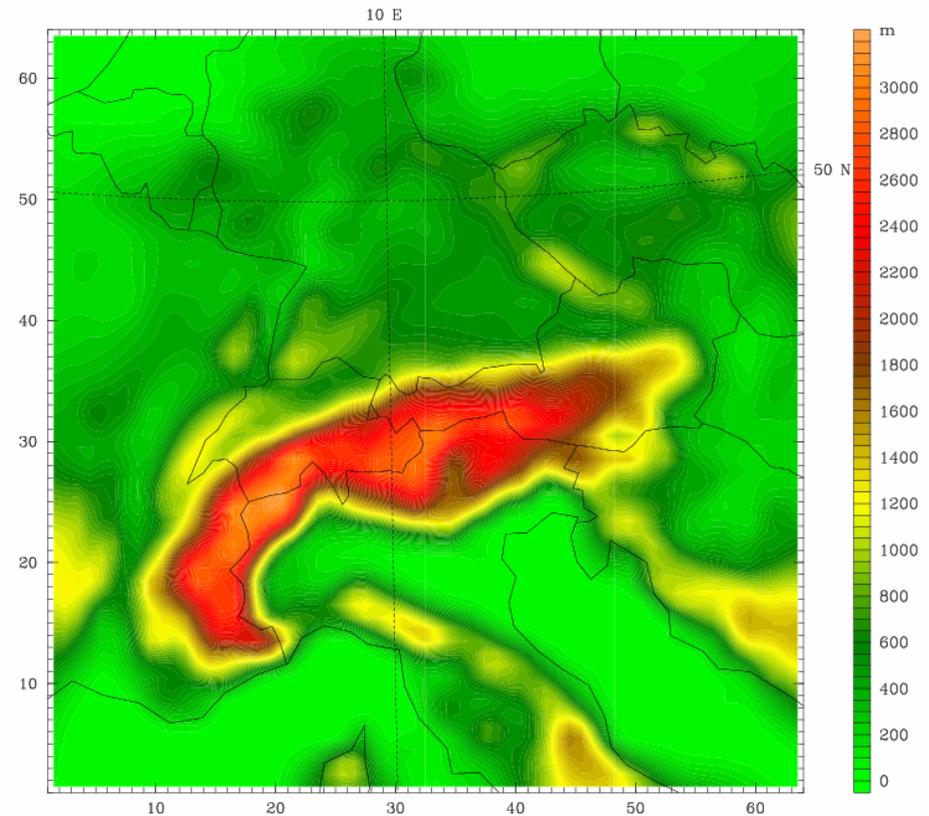
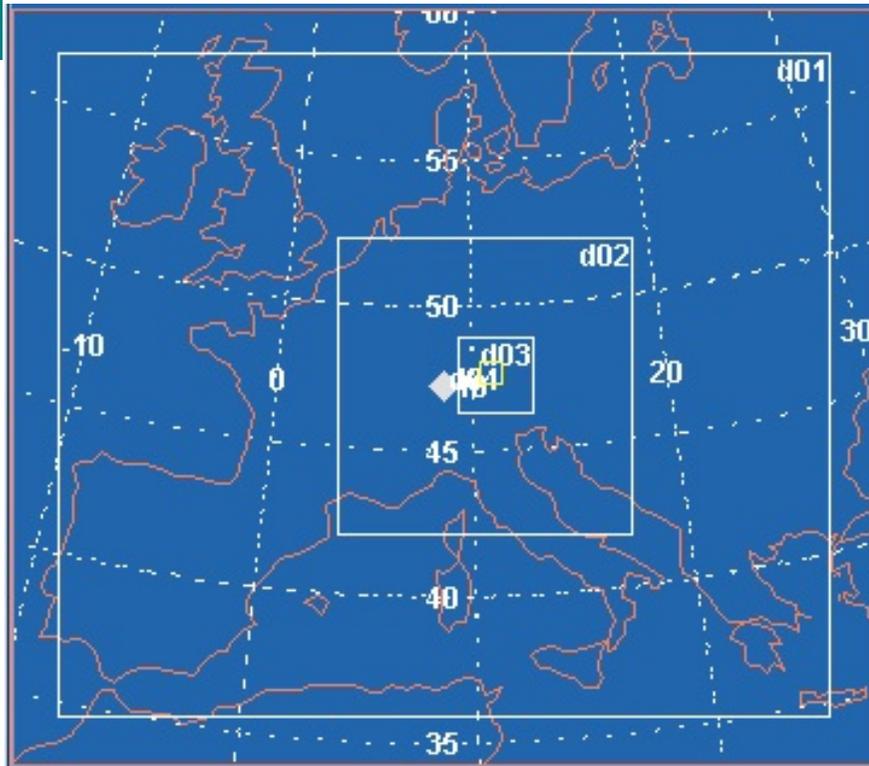


Weather Research and Forecast (WRF)

- Verwendung meteorologisches Modell WRF seit Dez. 2004
- Untersuchung **Einfluß unterschiedlicher Parametrisierungen** u.a. von:
 - 1) gridskaligem Niederschlag
 - 2) subgridskaligem Niederschlag
 - 3) Grenzschicht
 - 4) Strahlung
 - 5) Bodenmodell



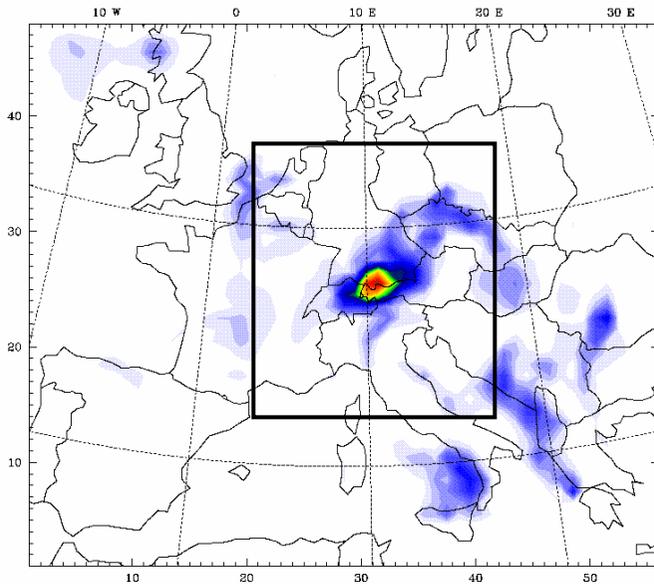
Weather Research and Forecast (WRF)



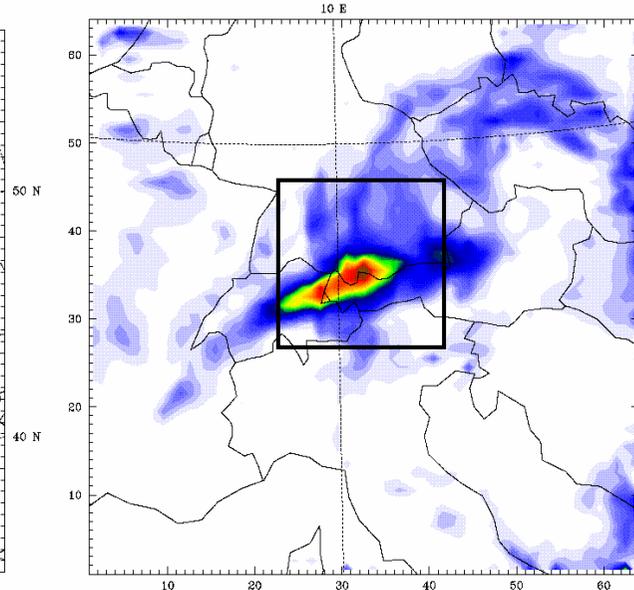
- Setup: D01 54×54 km² - D04 2×2 km²
- Auswahl der vertikalen Auflösung (31 Sigma-Levels)

Eine Wettervorhersage – 4 Ergebnisse

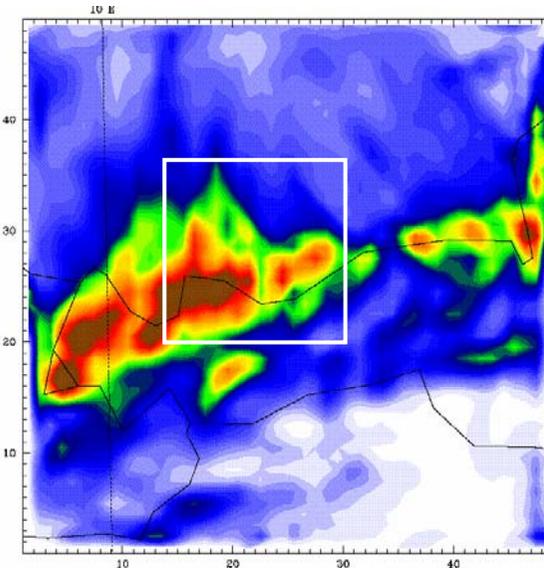
D01
54×54
km²



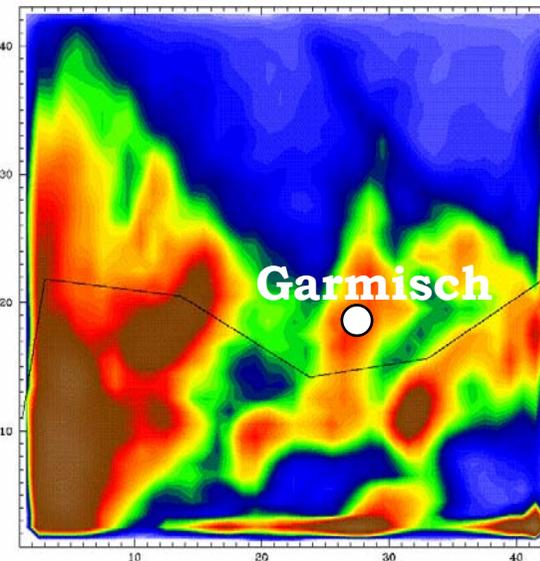
D02
18×18
km²



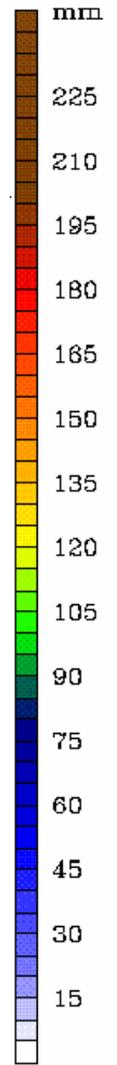
D03
6×6
km²



D04
2×2
km²



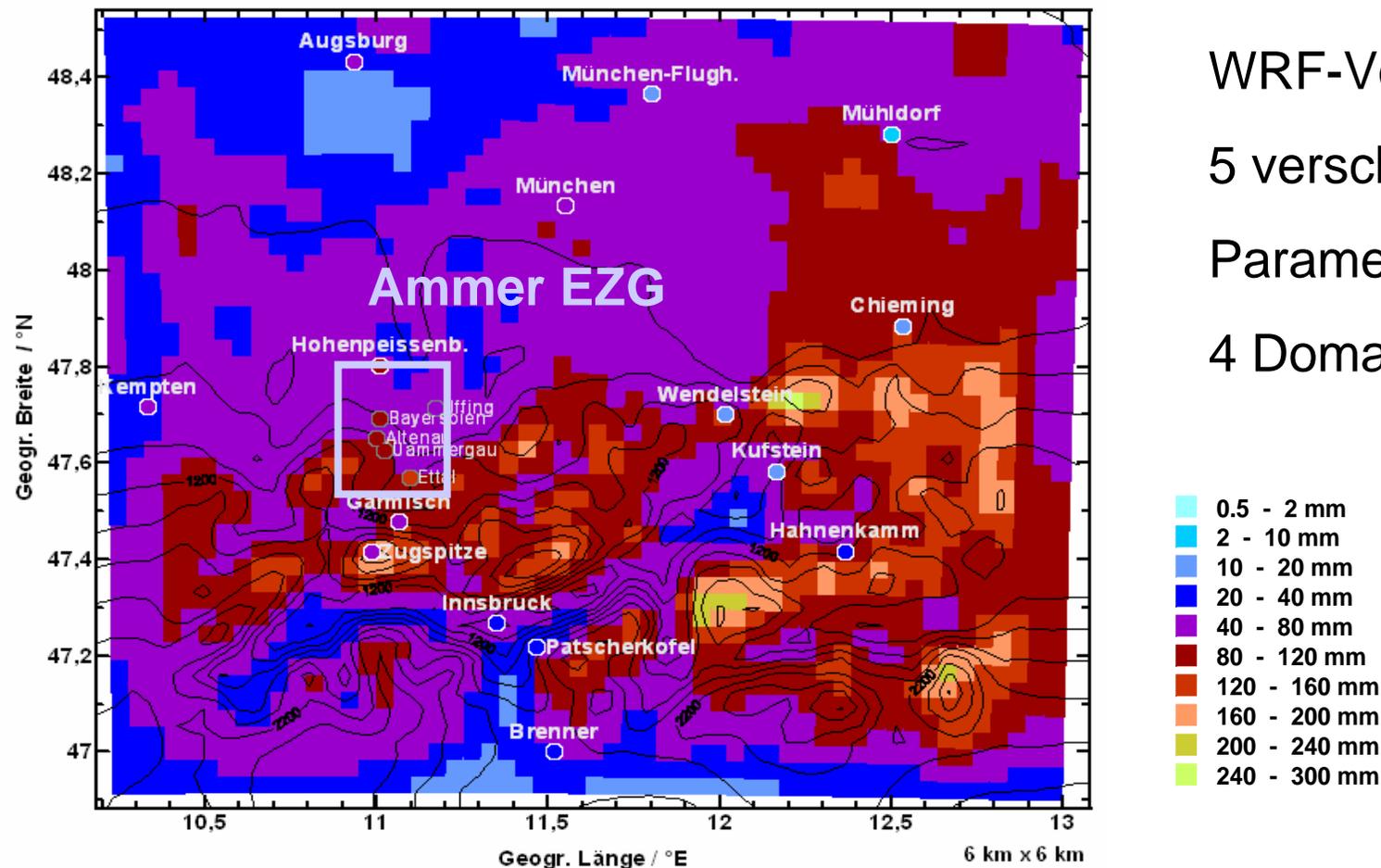
mm/48h



Vorhersage Augusthochwasser 2005

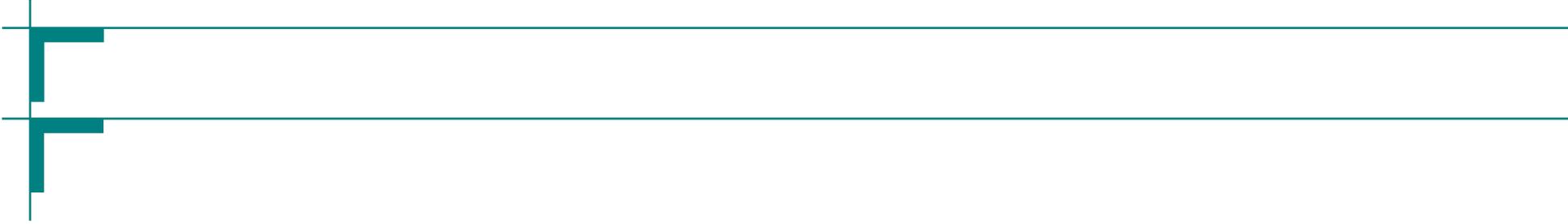
48h-Niederschlag in Domain 3: WRF

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



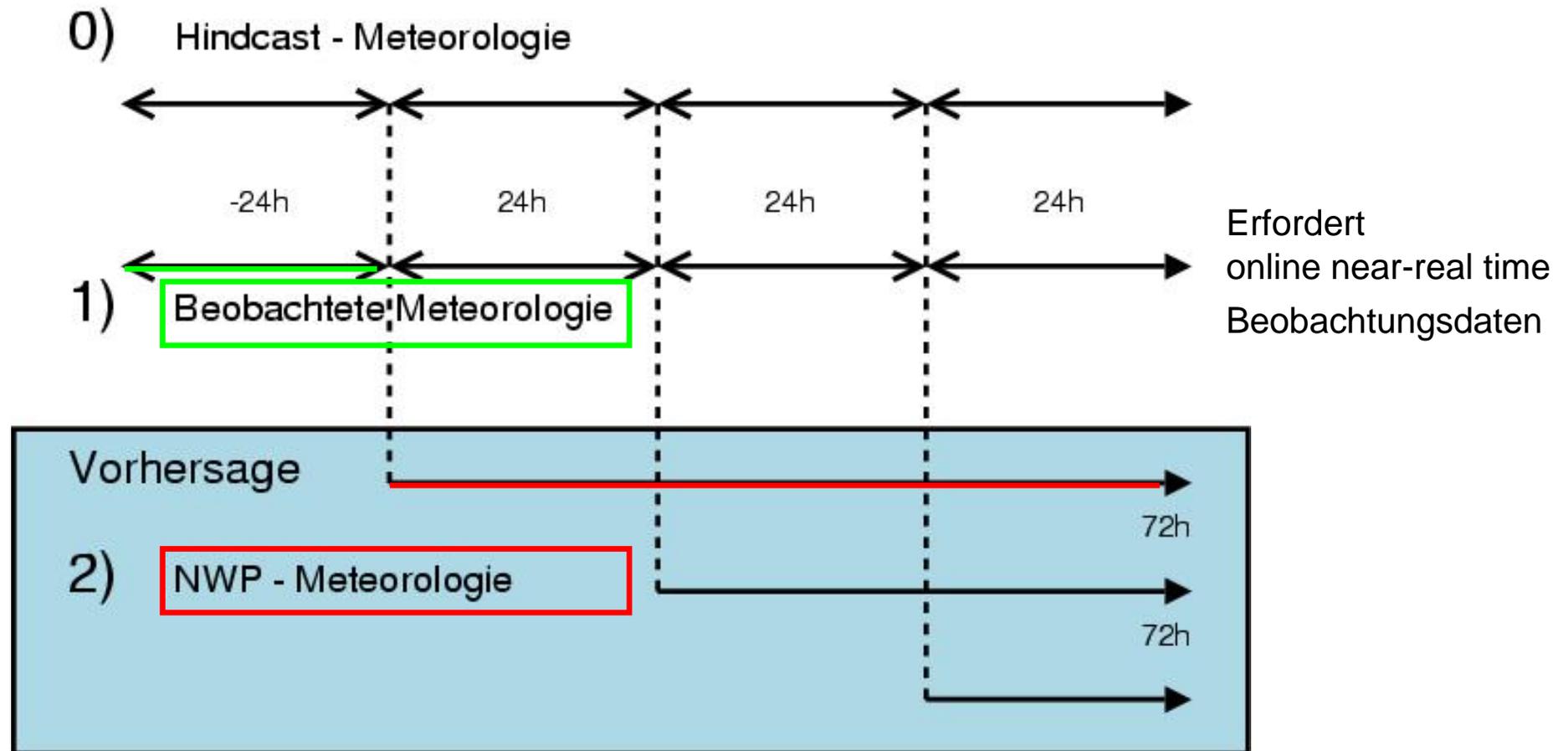
WRF-Vorhersagen:
5 verschiedene
Parametrisierungen
4 Domains

WRF-Vorhersage und Vergleich mit Stationsmessungen

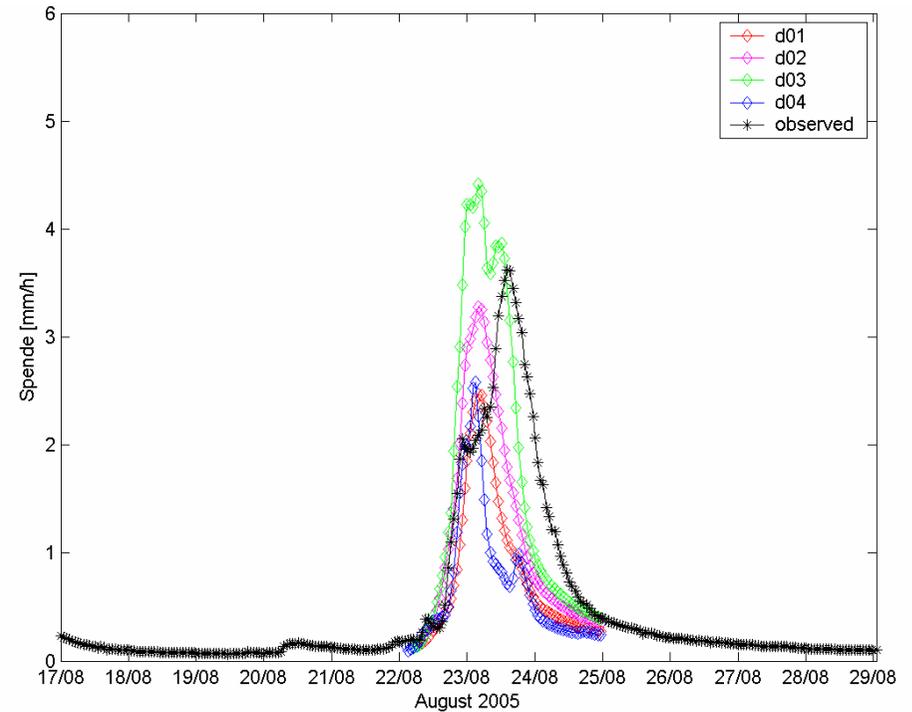
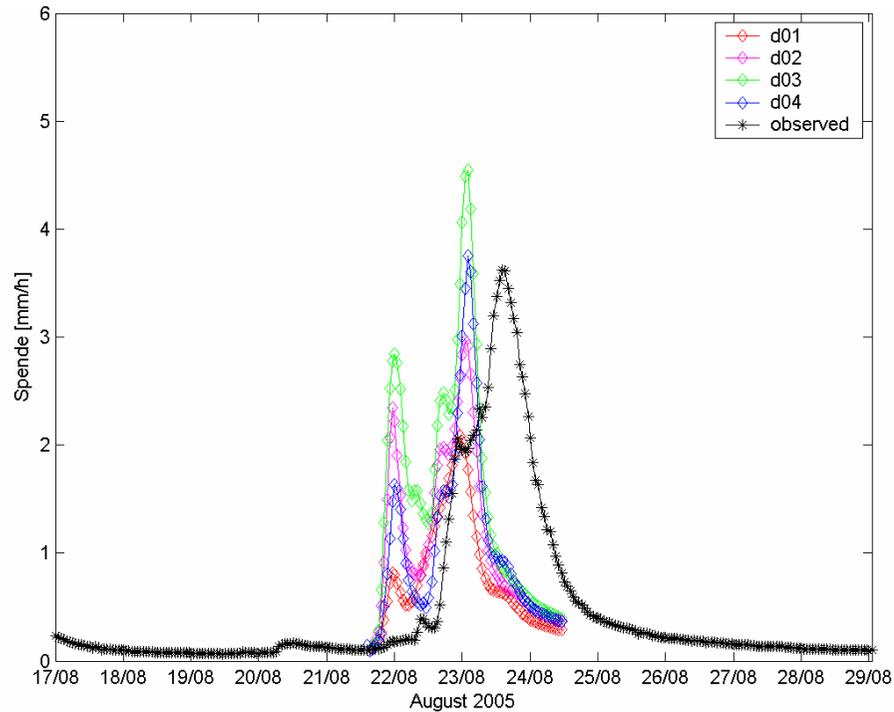


Gekoppeltes Modellsystem

Strategie operationeller Setup

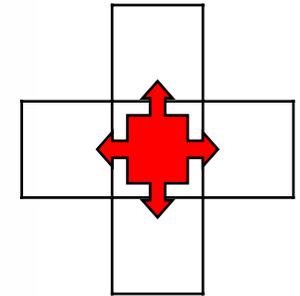
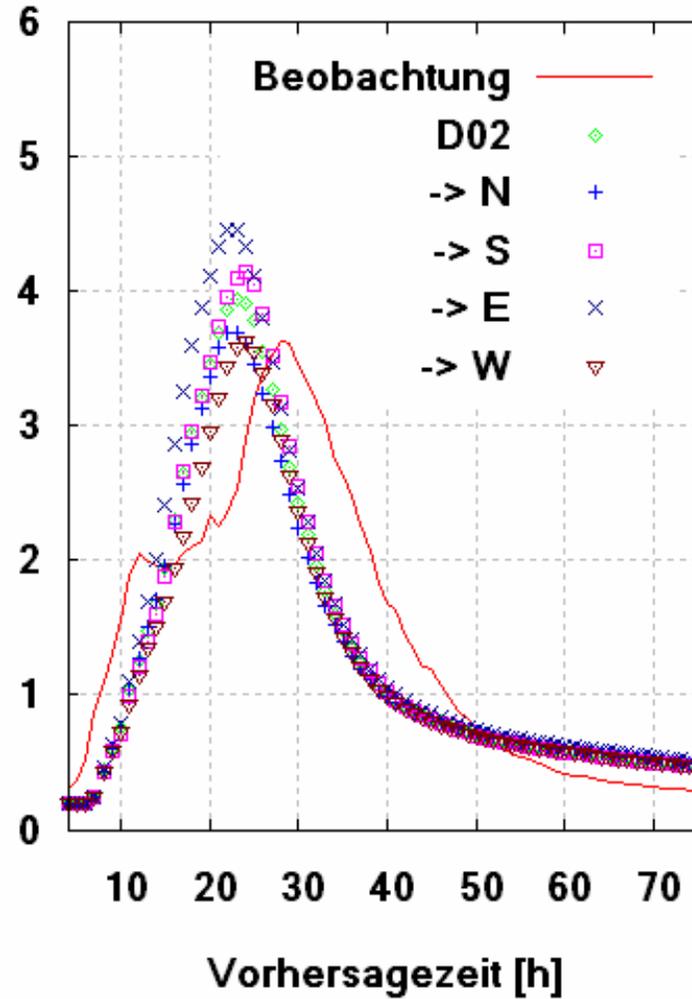
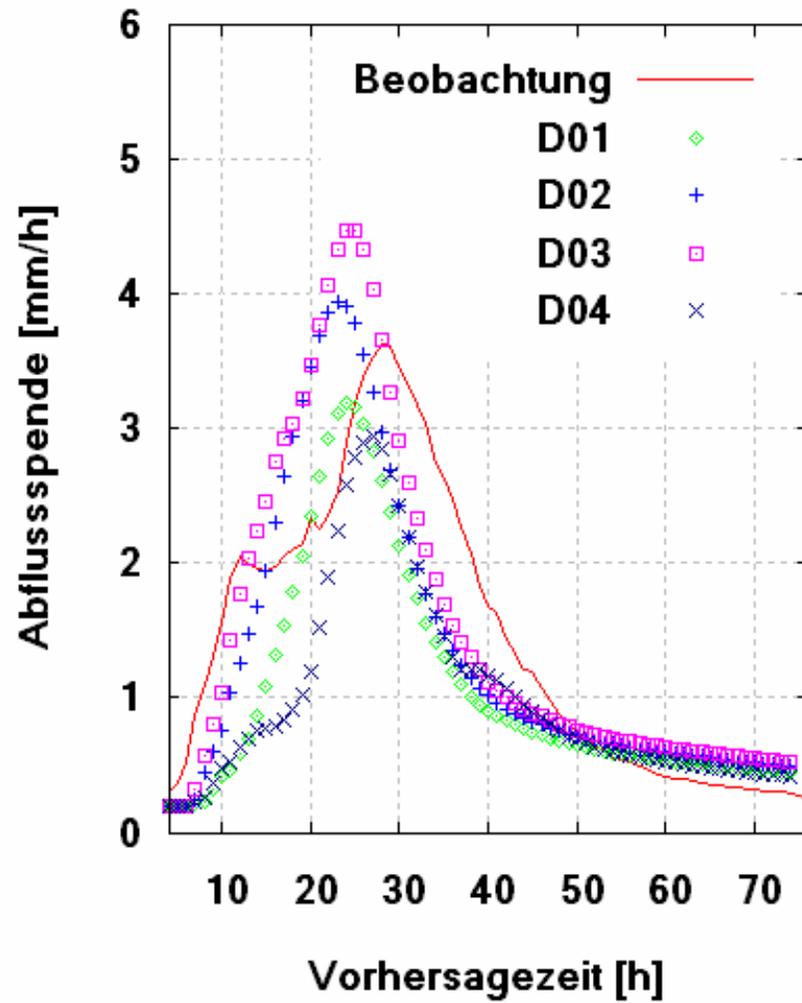


Gekoppelte Vorhersagen WRF-WaSiM



Augusthochwasser: Pegel Peissenberg, berechnet mit zwei unterschiedlichen WRF-Initialisierungszeiten

Berücksichtigung der räumlichen Unsicherheit





Ausblick

- Konzept für die Handhabung der Simulationsergebnisse:
Angabe von Wahrscheinlichkeiten für das Überschreiten von Abflusswerten (z.B. gewässerkundliche Hauptwerte).
- Operationalisierung des gekoppelten Modellsystems
- Publikation der Modellergebnisse: Darstellung in GIS, z.B.
 - Bodenfeuchte
 - Evapotranspiration
 - Niederschlag

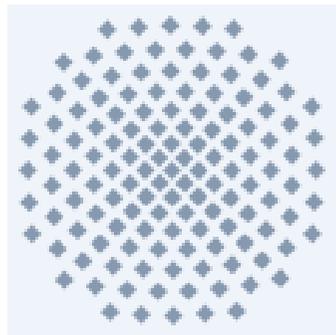
Projektpartner



*High-Tech-Offensive
Zukunft
Bayern*



Meteorologisches
Observatorium
Hohenpeißenberg



**Universität
Stuttgart**



Wasserwirtschaftsamt
Weilheim