



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**

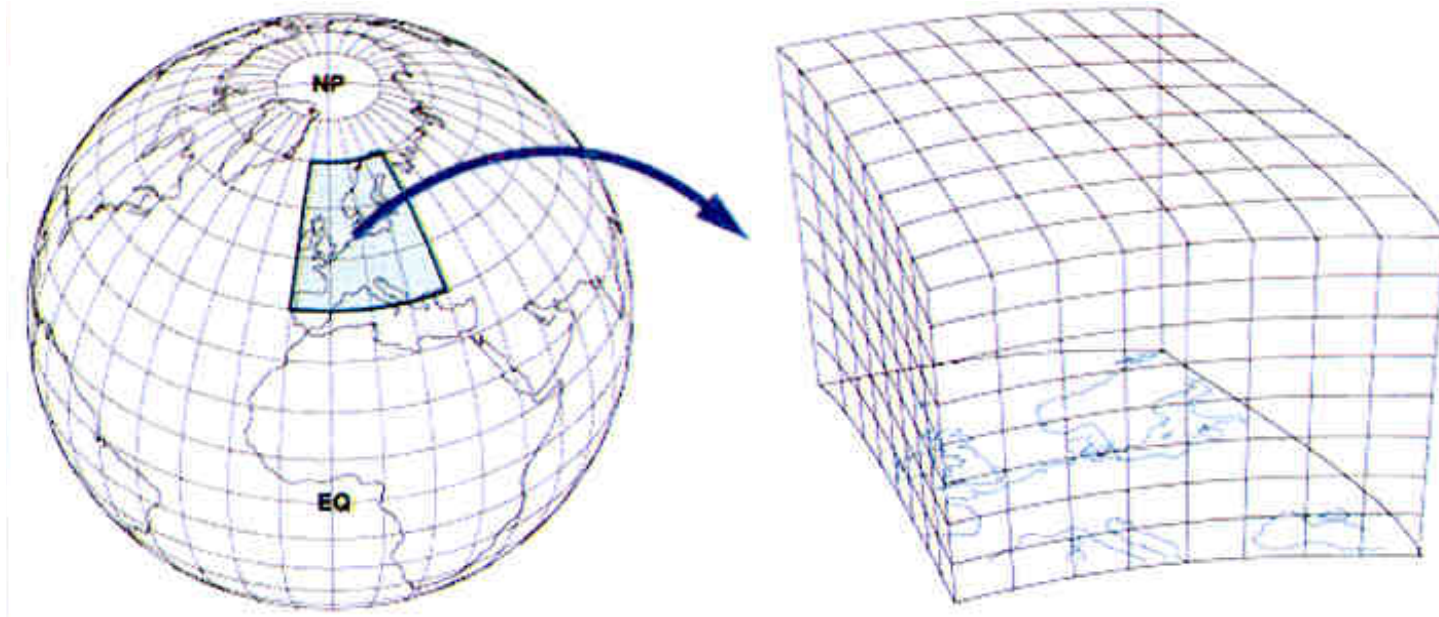
Generelle Information zu NWP am IMK-IFU

- 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

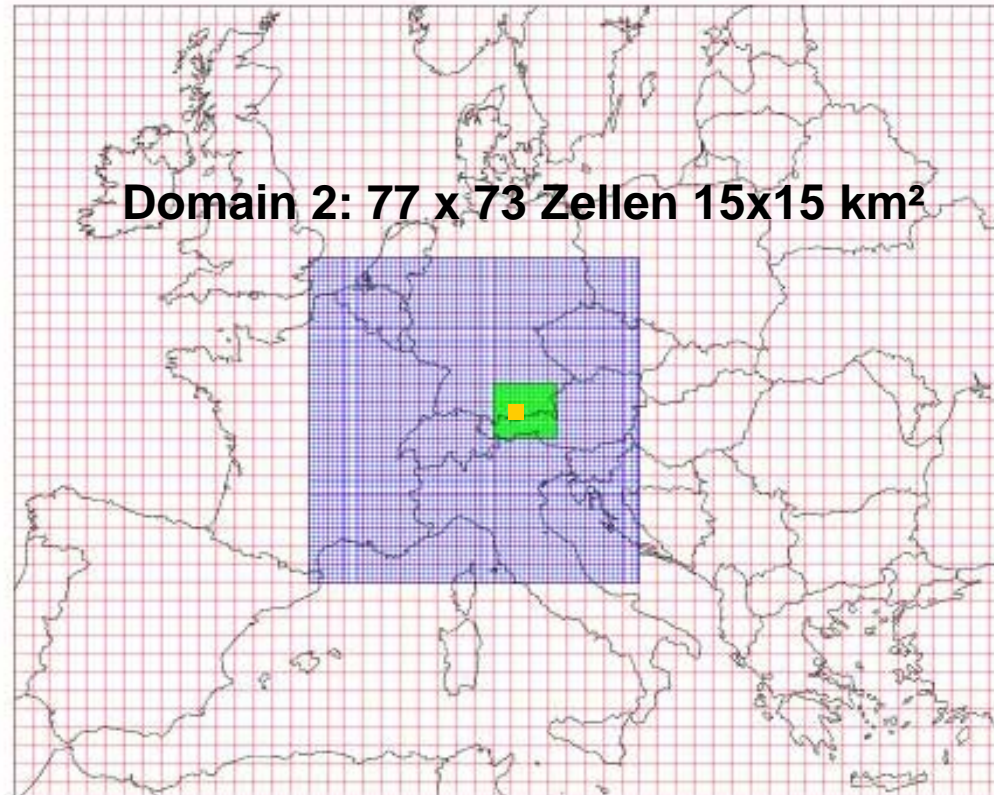
Operationelle NWP am IMK-IFU



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 2: 77 x 73 Zellen 15x15 km²

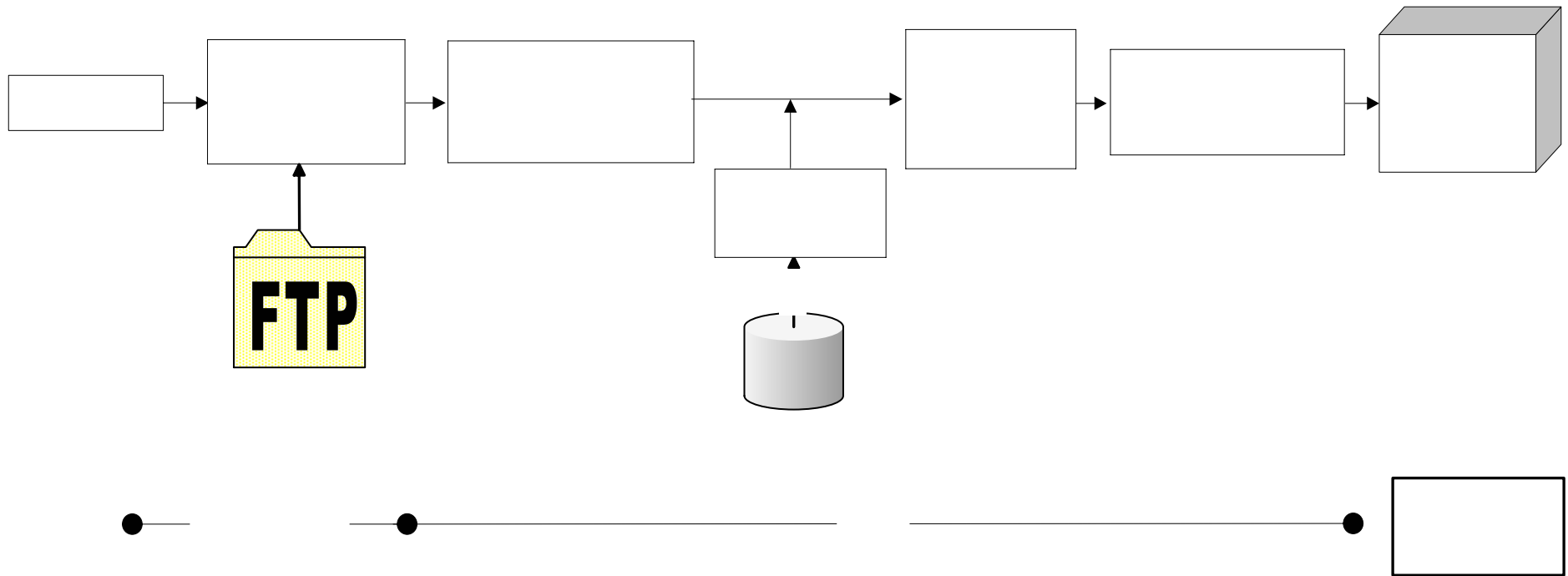
**Domain 3:
57 x 49 Zellen
3.75x3.75 km²**

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

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

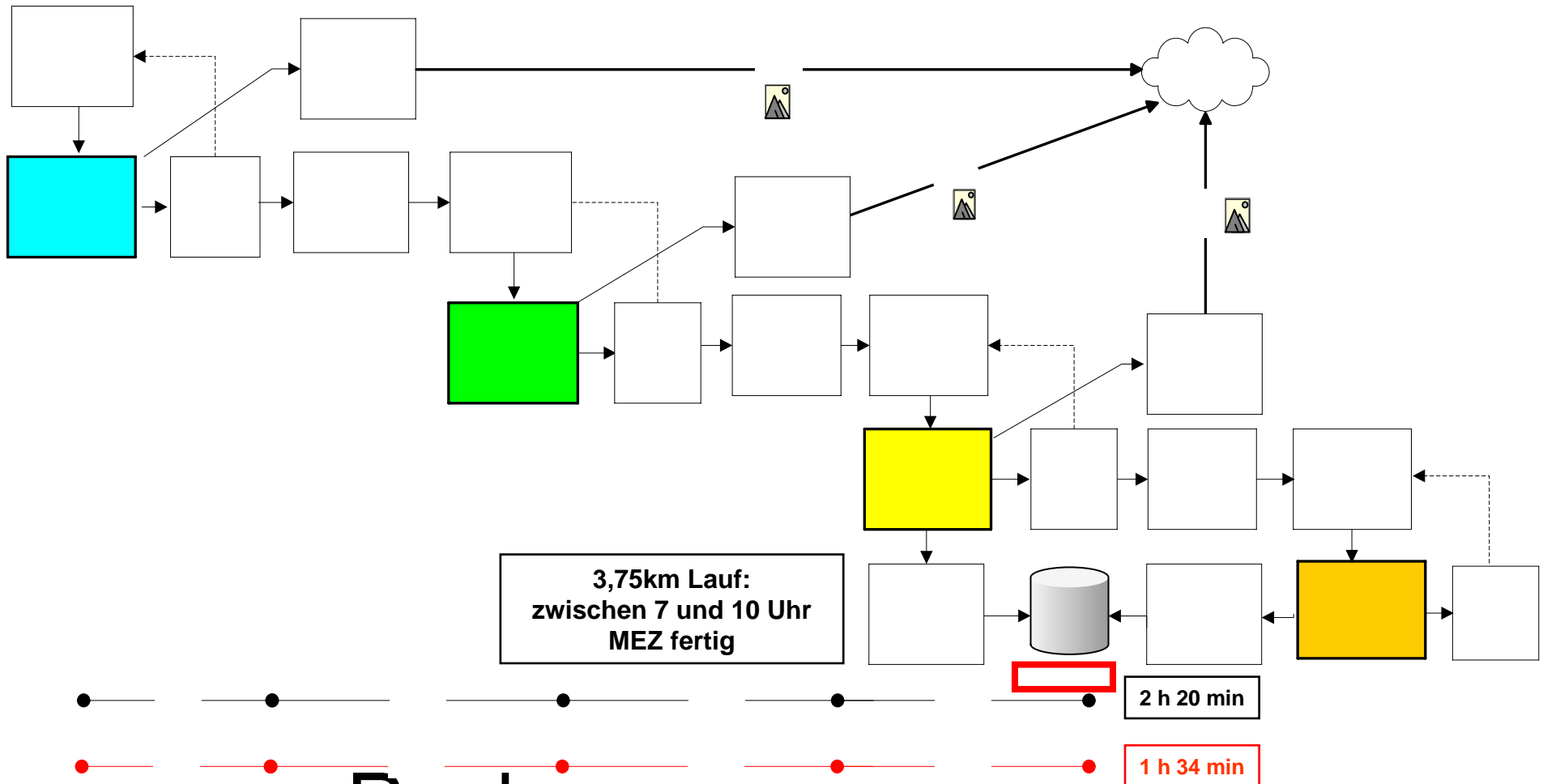
Operationelle NWP am IMK-IFU

MCCM/MM5-Preprocessing Kette



Operationelle NWP am IMK-IFU

MCCM/MM5-Processing Kette



Replace

Extract

Operationelle NWP am IMK-IFU

Darstellung im Internet

The screenshot shows a web browser window displaying the IMK-IFU MCMC weather forecast. The browser title is "Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Institut für Atmosphärische Umweltforschung - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows the URL "http://imk-ifu.fzk.de/de/wetter/index_wetter.htm". The website header includes the logo of the Forschungszentrum Karlsruhe and the text "Institut für Meteorologie und Klimaforschung Bereich Atmosphärische Umweltforschung". A navigation menu on the left lists "Institut", "Forschung", "Service", "Wetter", "Aktuelles NEU", and "Wetterprognosen NEU". The main content area is titled "IMK-IFU MCMC-Wetterprognose" and displays a table of forecast data for three regions: Europe (60 km x 60 km), Central Europe (15 km x 15 km), and the Werdenfelser Land (3.75 km x 3.75 km). Each region's data includes precipitation, surface pressure, near-surface temperature, snow height, snow height change, surface runoff, and soil saturation. For each parameter, there are links for "12 h - 72 h Single Plots", "Serie", and "Animation". The forecast is calculated for 20.12.05 00:00 GMT. A red watermark "http://imk-ifu.fzk.de/de/wetter/index_wetter.htm" is overlaid on the page.

Region	Parameter	Forecast Link	Serie	Animation
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]

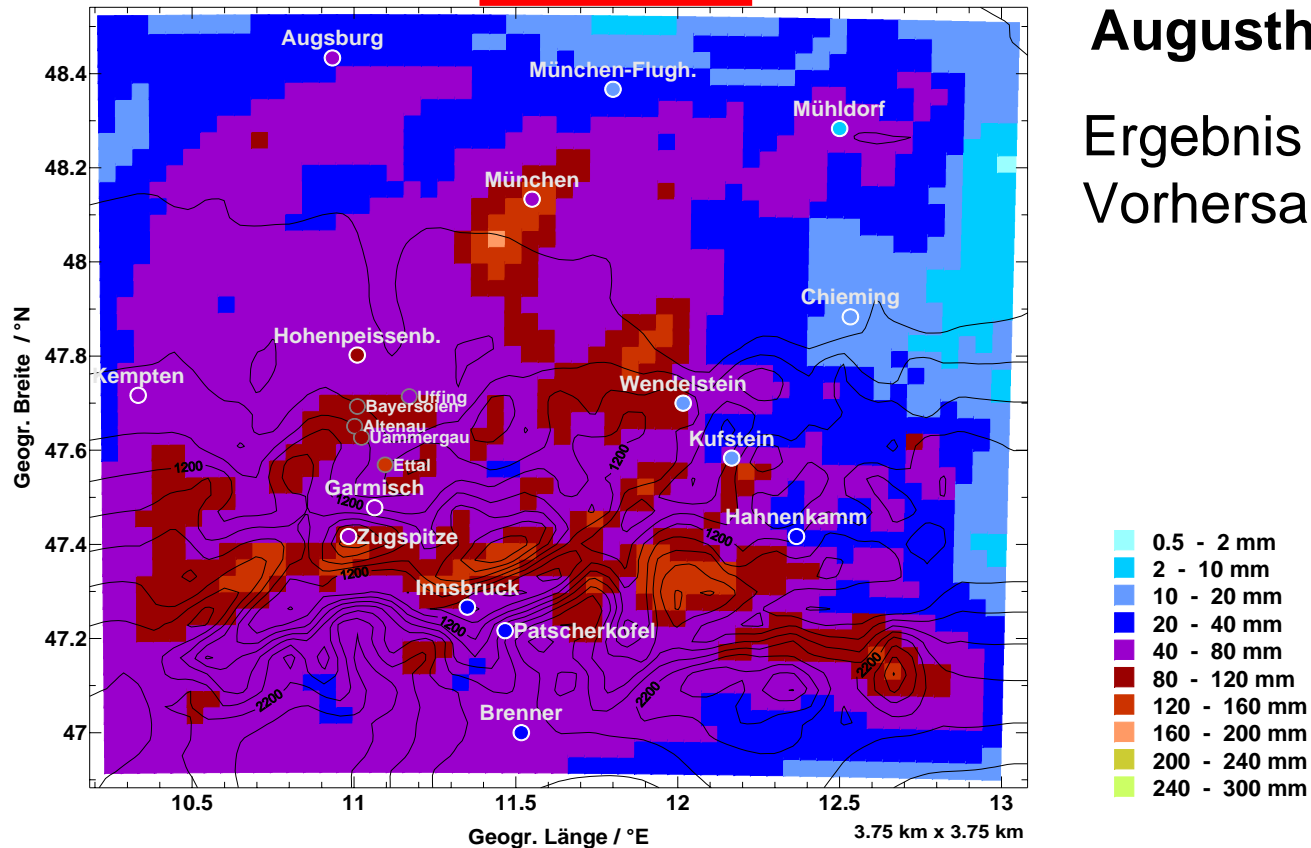
Berechnet am: 20.12.05 00:00 GMT Berechnet am: 20.12.05 00:00 GMT - 12 hours

Operationelle NWP am IMK-IFU

0h Vorwarnzeit im Alpenraum ?

48h-Niederschlag in Domain 3

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



Augusthochwasser 2005

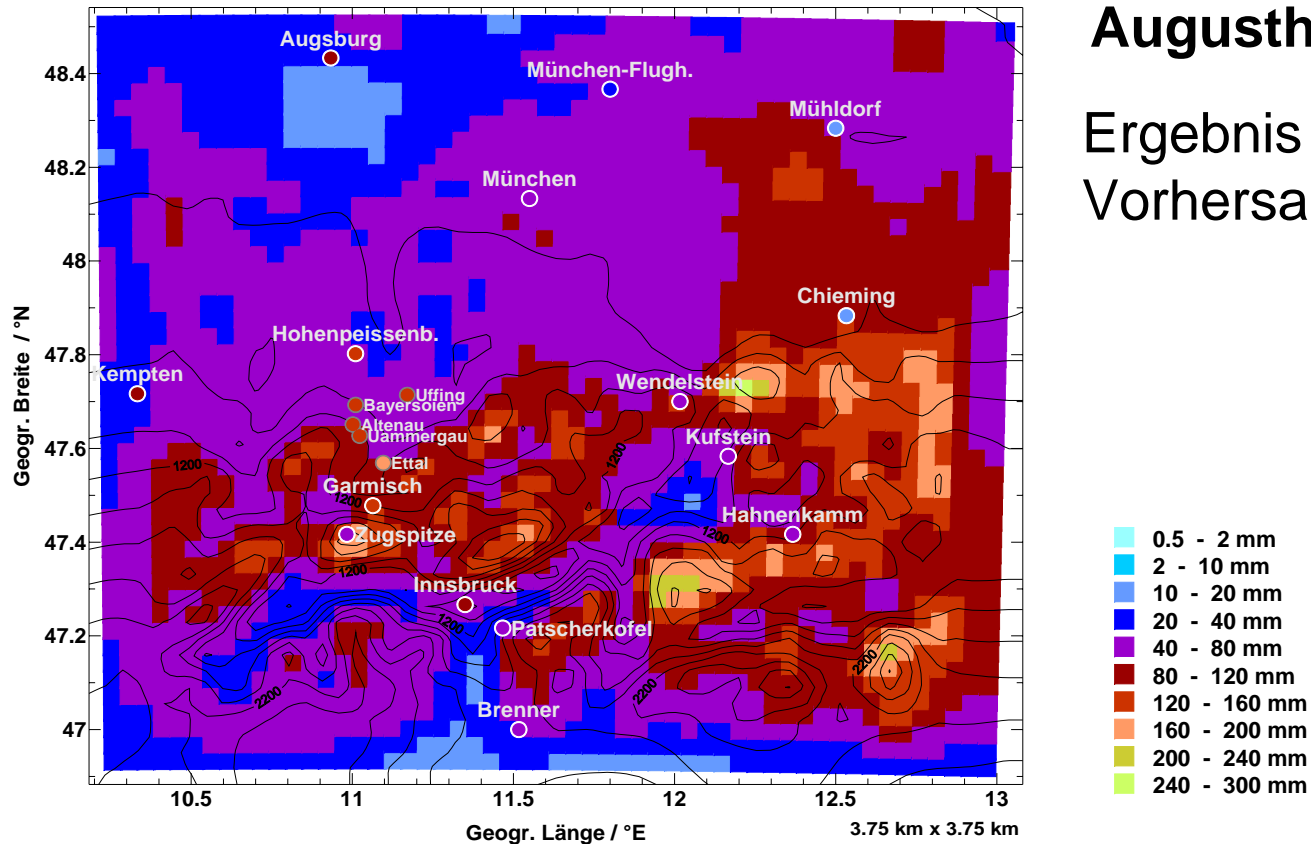
Ergebnis der operationellen Vorhersage am IMK-IFU

Operationelle NWP am IMK-IFU

0h Vorwarnzeit im Alpenraum ?

48h-Niederschlag in Domain 3

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



Augusthochwasser 2005

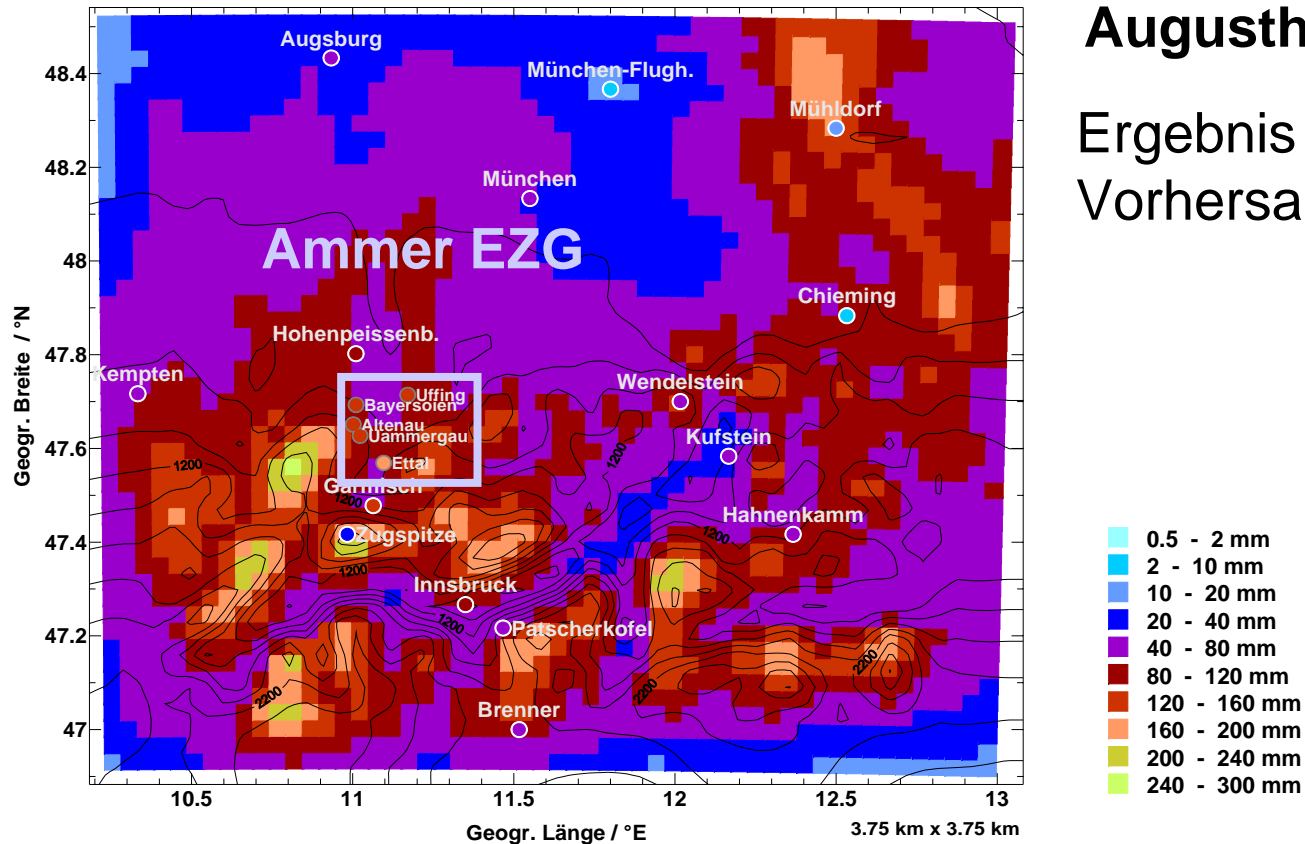
Ergebnis der operationellen Vorhersage am IMK-IFU

Operationelle NWP am IMK-IFU

0h Vorwarnzeit im Alpenraum ?

48h-Niederschlag in Domain 3

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

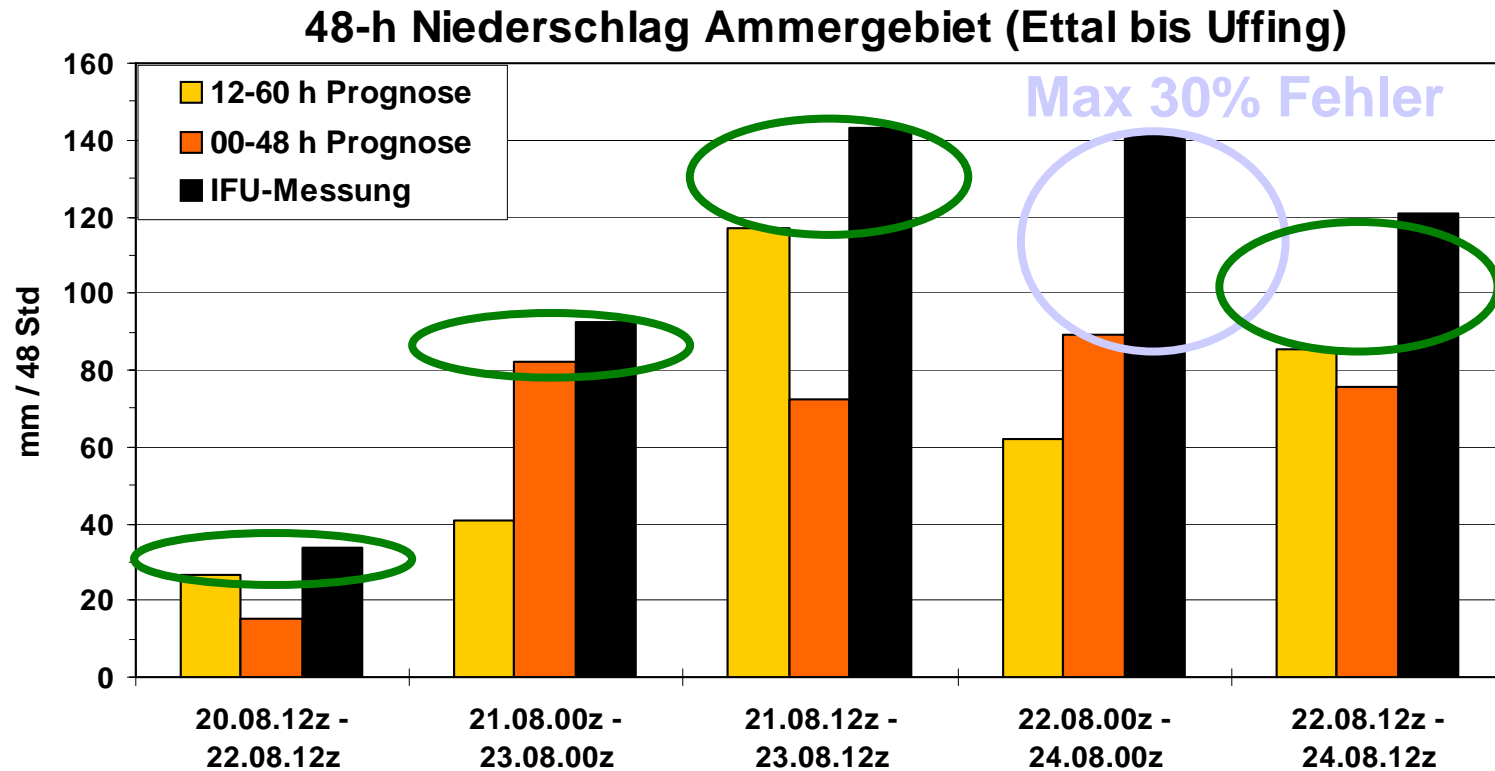


Augusthochwasser 2005

Ergebnis der operationellen Vorhersage am IMK-IFU

Operationelle NWP am IMK-IFU

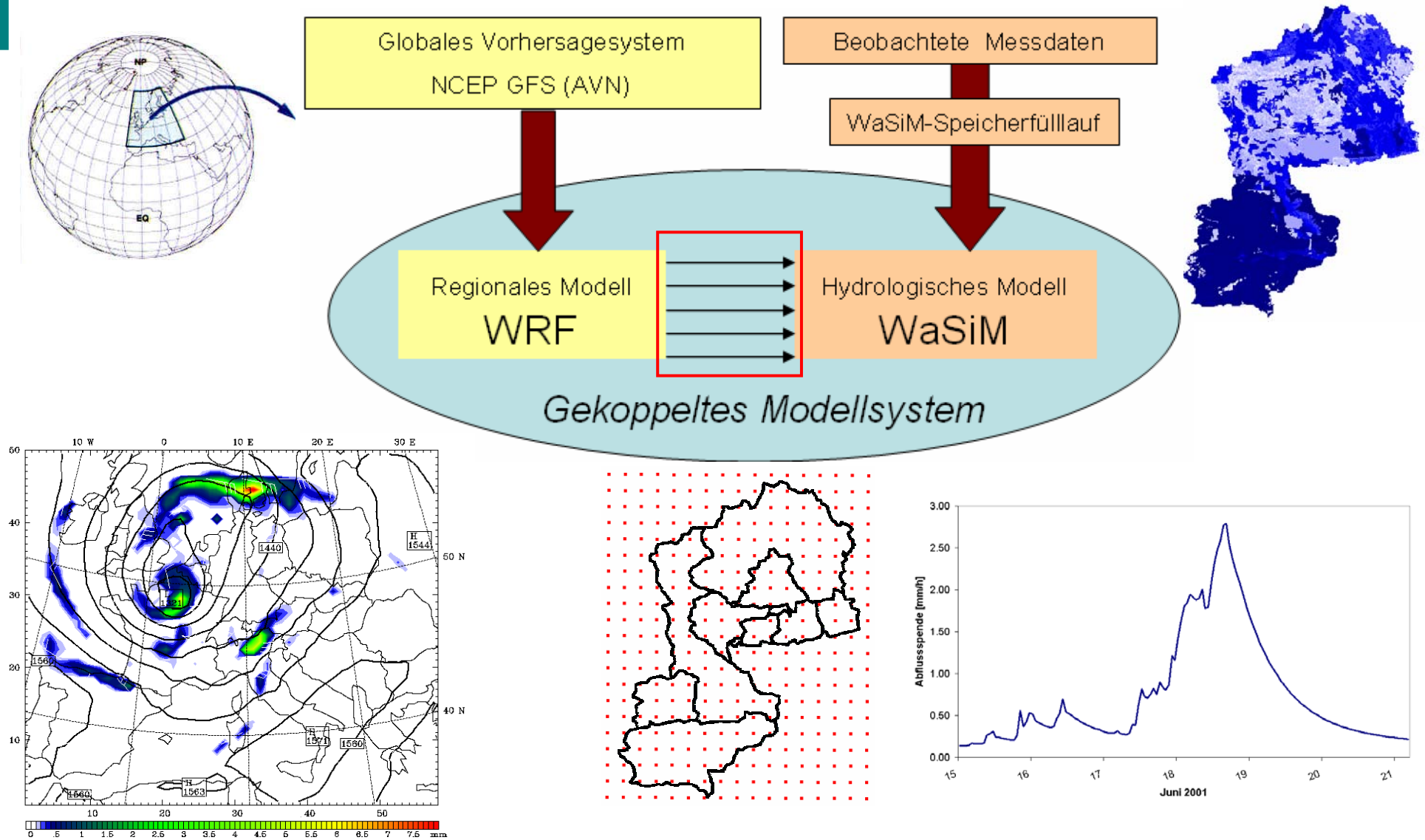
0h Vorwarnzeit im Alpenraum ?





Gekoppeltes Modellsystem

Gekoppeltes Vorhersagesystem

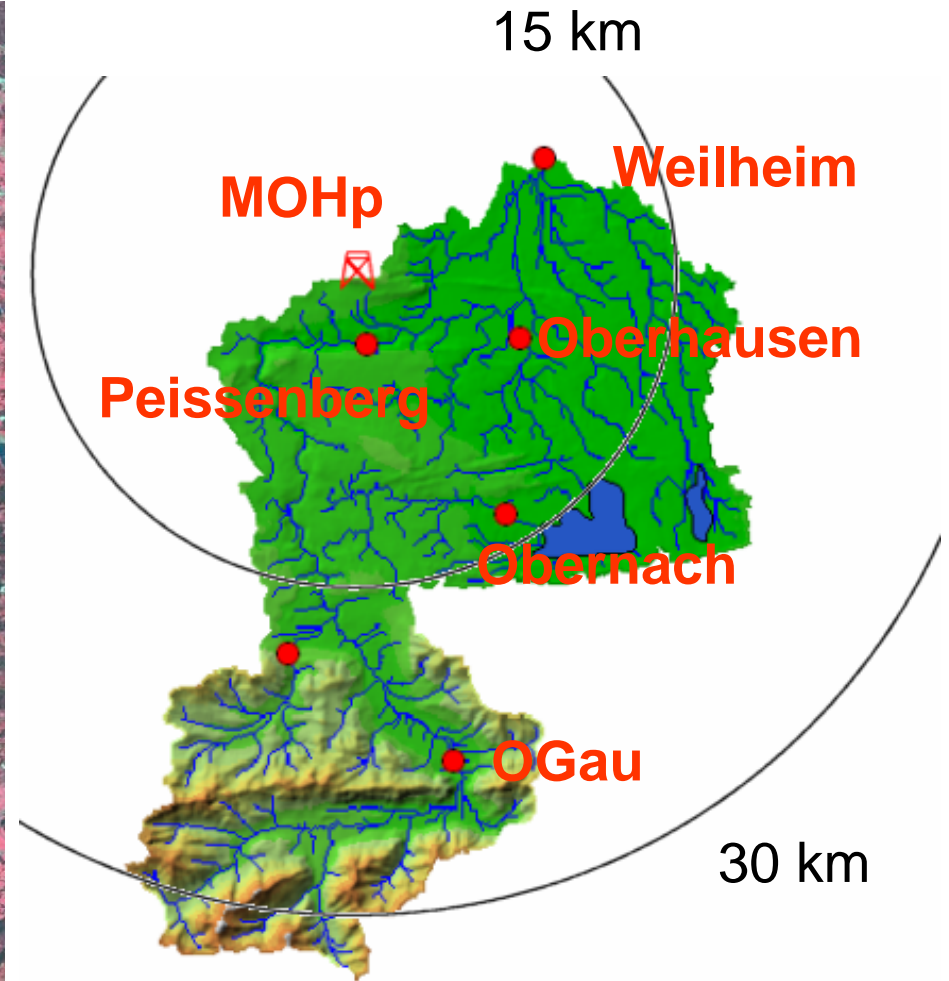
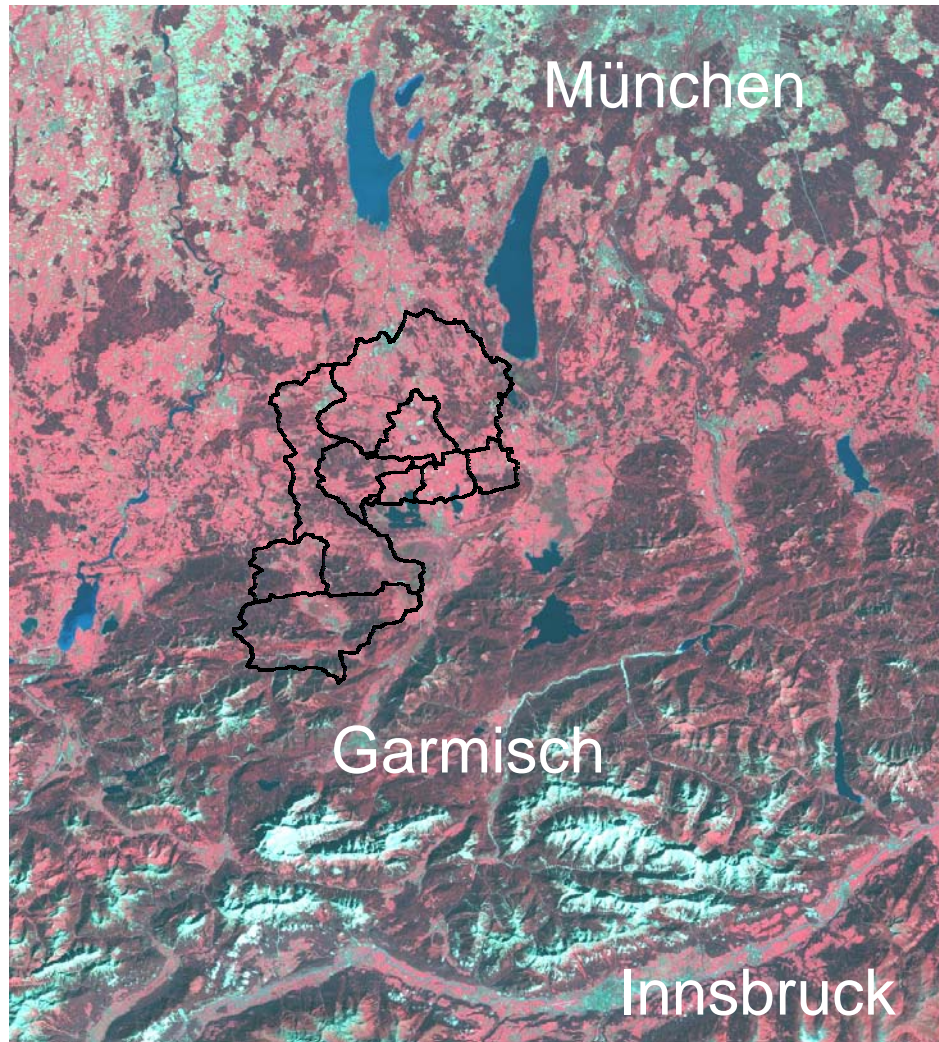




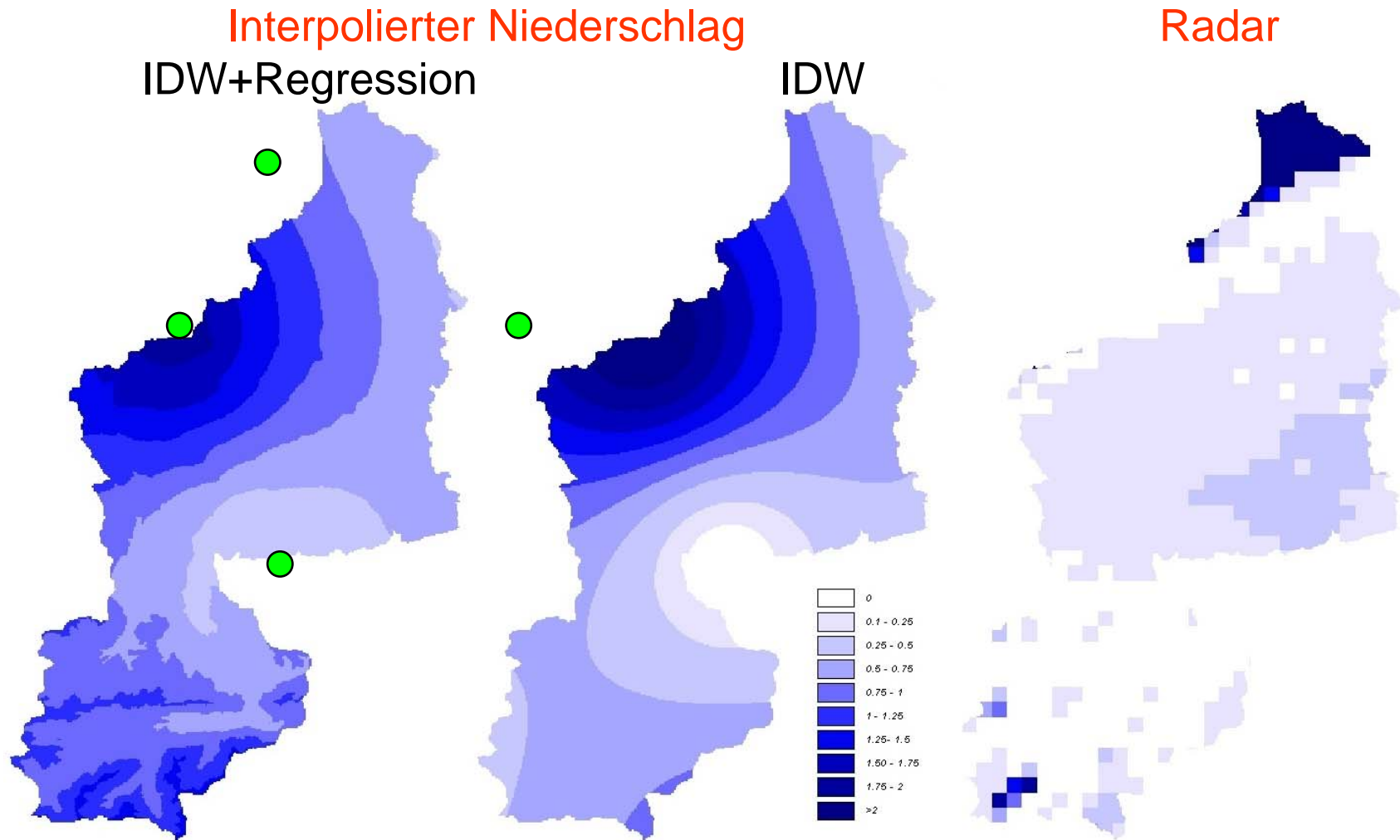
Hydrologische Modellierung

Testgebiet Ammer EZG

Hydrologische Modellierung Ammer EZG



Problem geometrischer Interpolationen



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

3-teilige Z/R – Beziehung über Abflussinformation

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

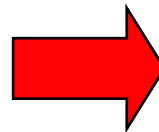
Z : Reflektivitätsfaktor [mm⁶ m⁻³]

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



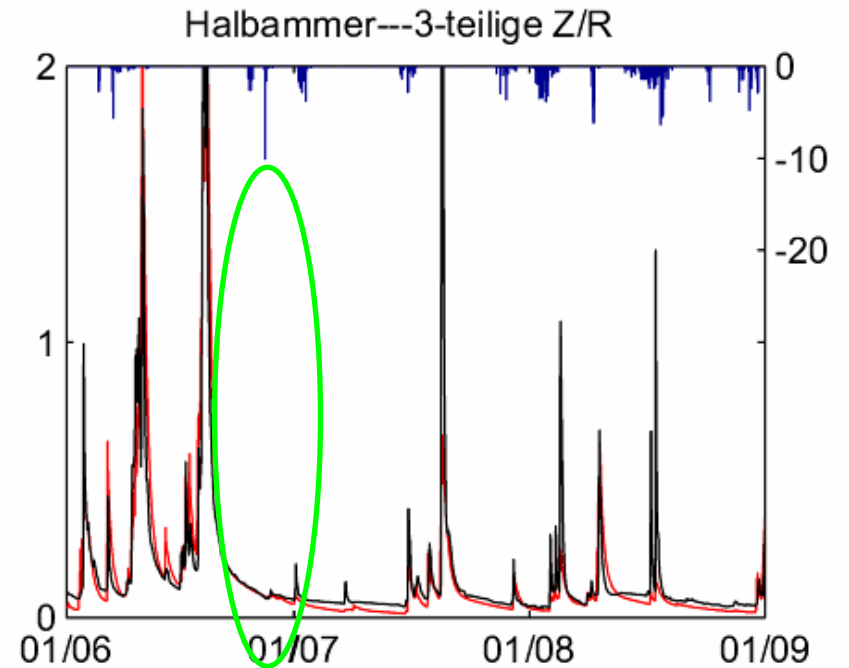
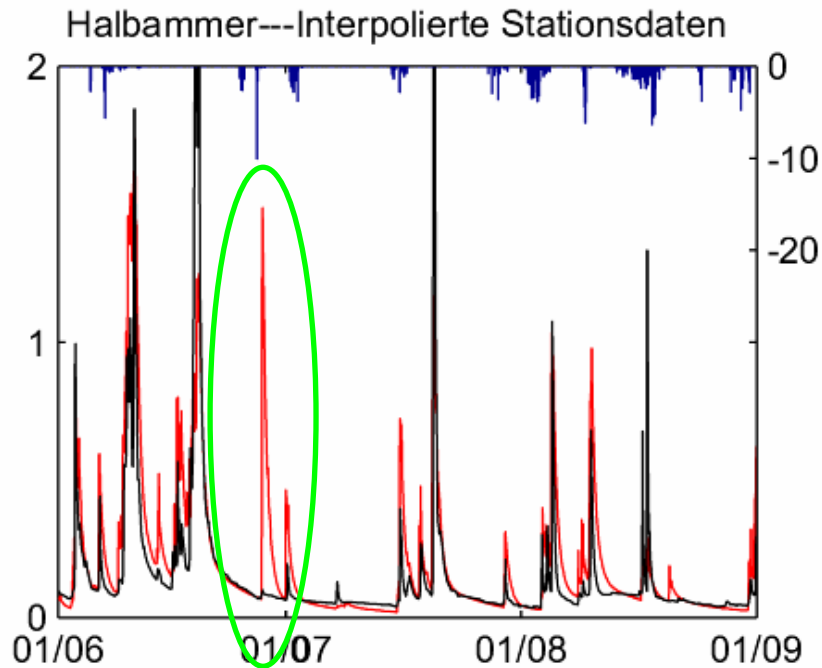
dBZ	< 36	36 ... 45	> 45
a	104	146	93
b	1.43	1.57	1.63

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

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

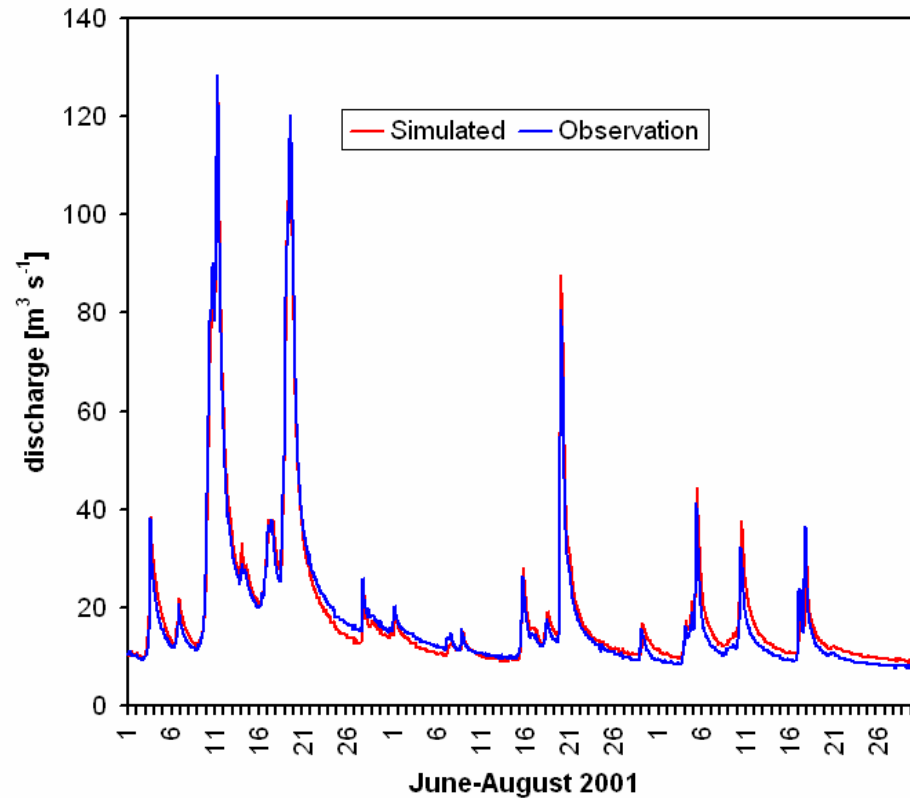
angepasste 3-teilige Z/R-Beziehungen (Marx et al., 2006)

Einbindung von Radardaten

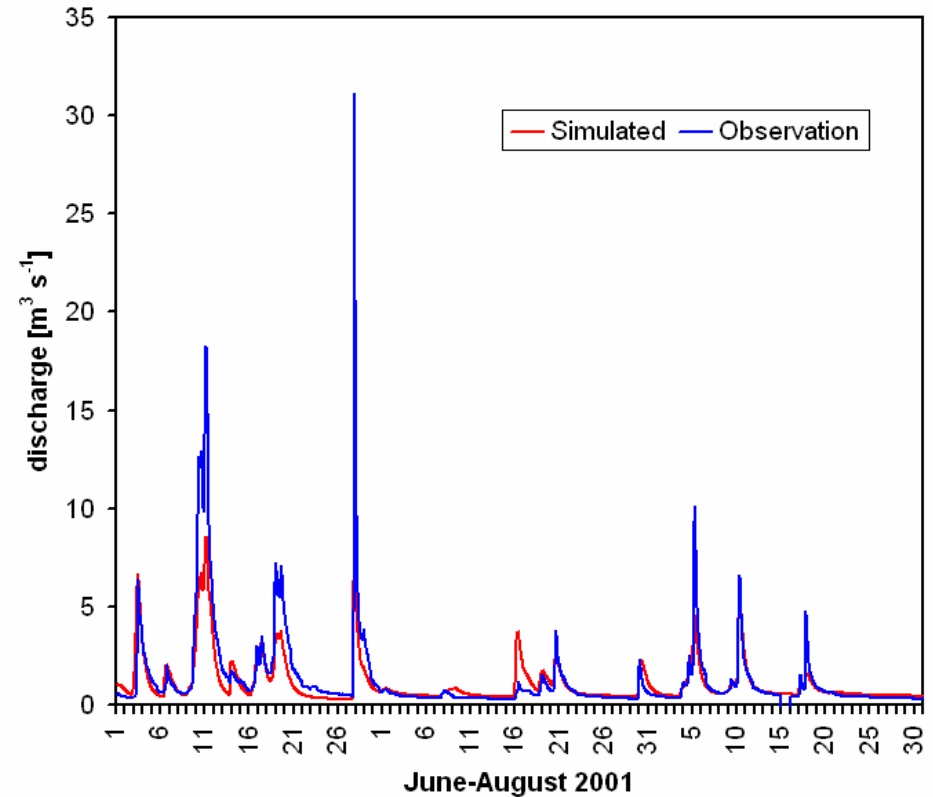


Verringerung fiktiver Niederschlagsereignisse

Einbindung von Radardaten



Pegel Weilheim



Pegel Obernach

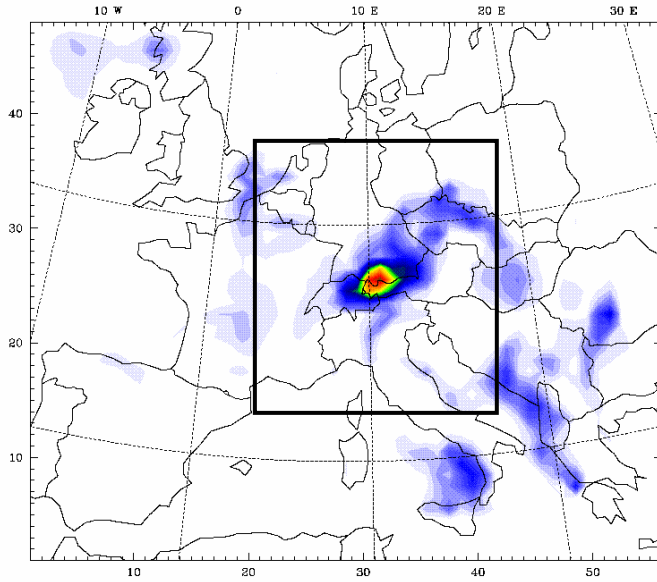


Ergebnisse gekoppelte Vorhersage

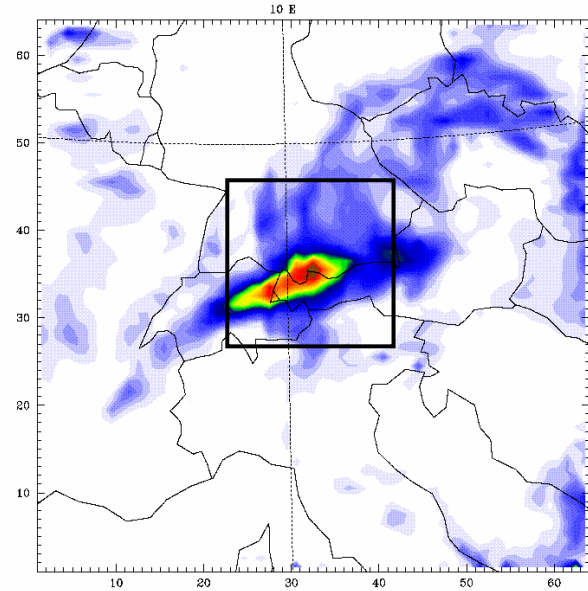
Augusthochwasser 2005

Eine Wettervorhersage – 4 Ergebnisse

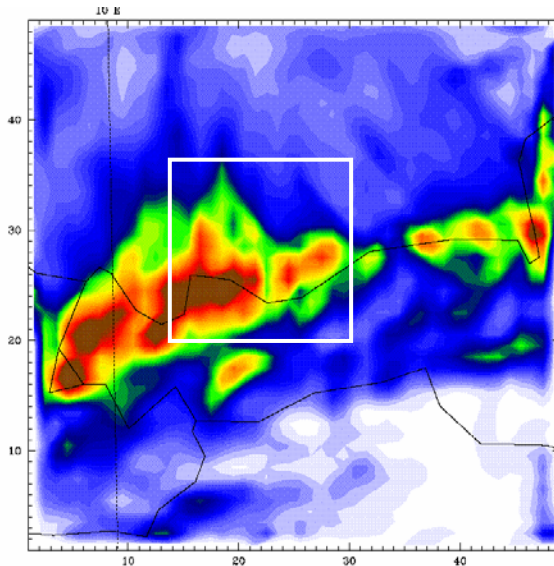
D01
54x54
km²



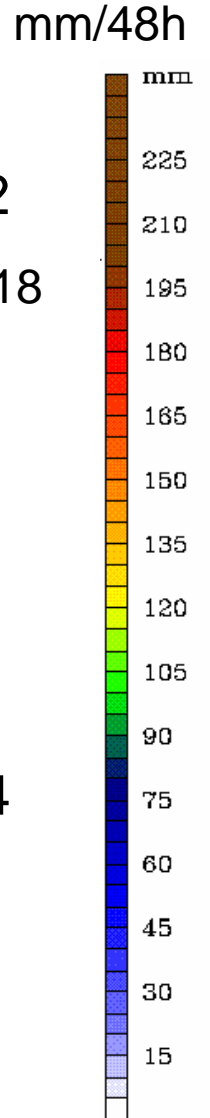
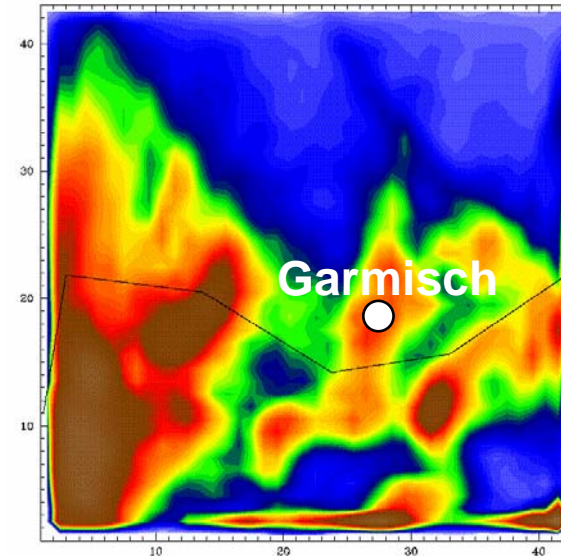
D02
18x18
km²



D03
6x6
km²



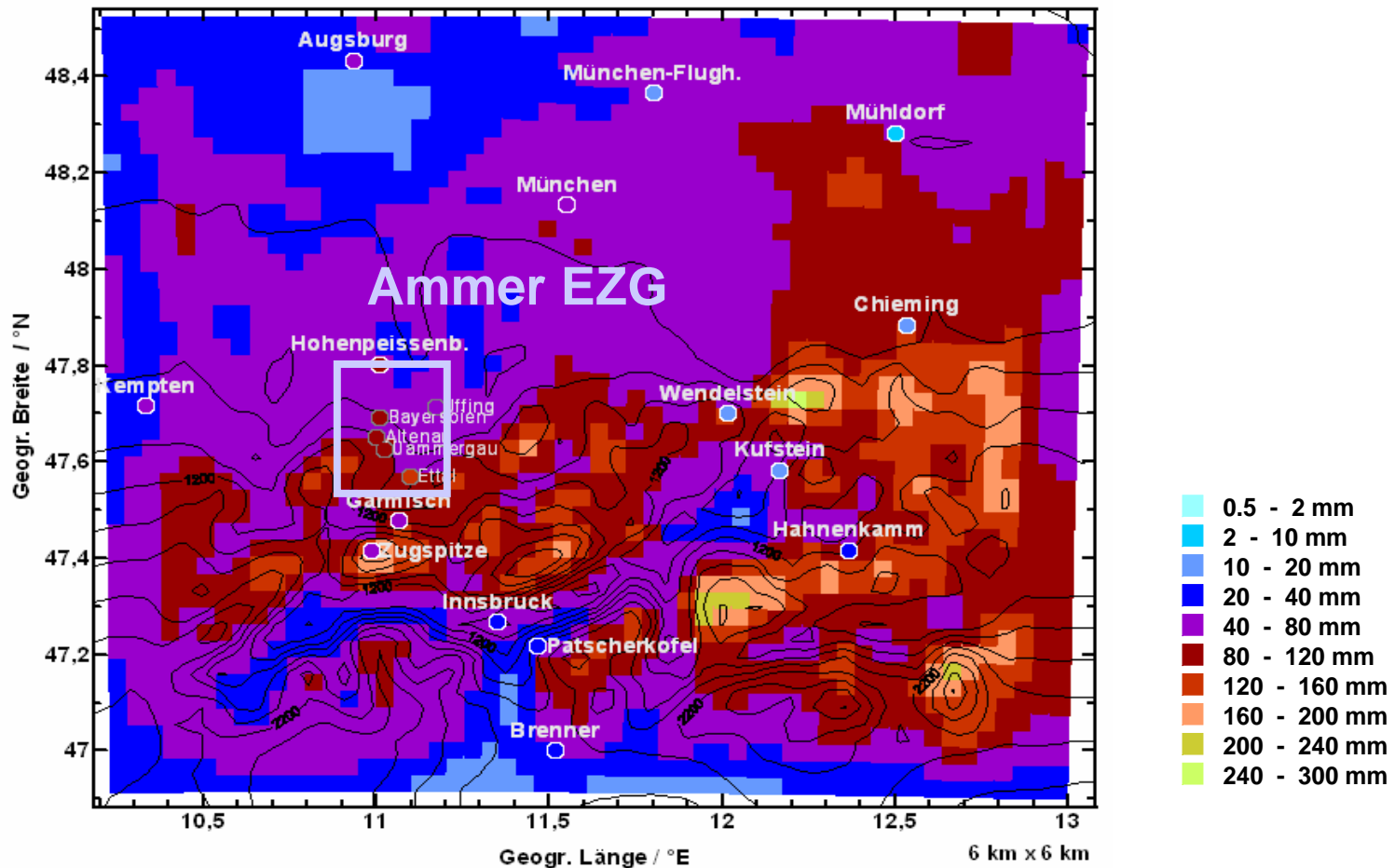
D04
2x2
km²



Vorhersage Augusthochwasser 2005

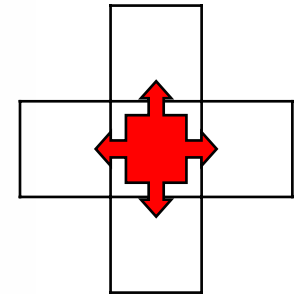
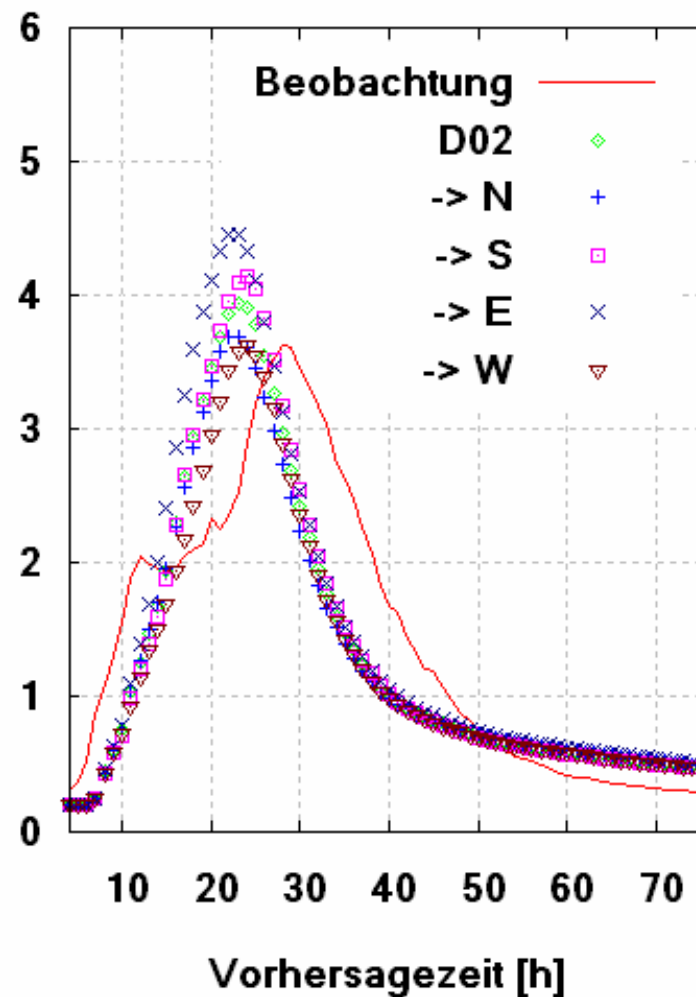
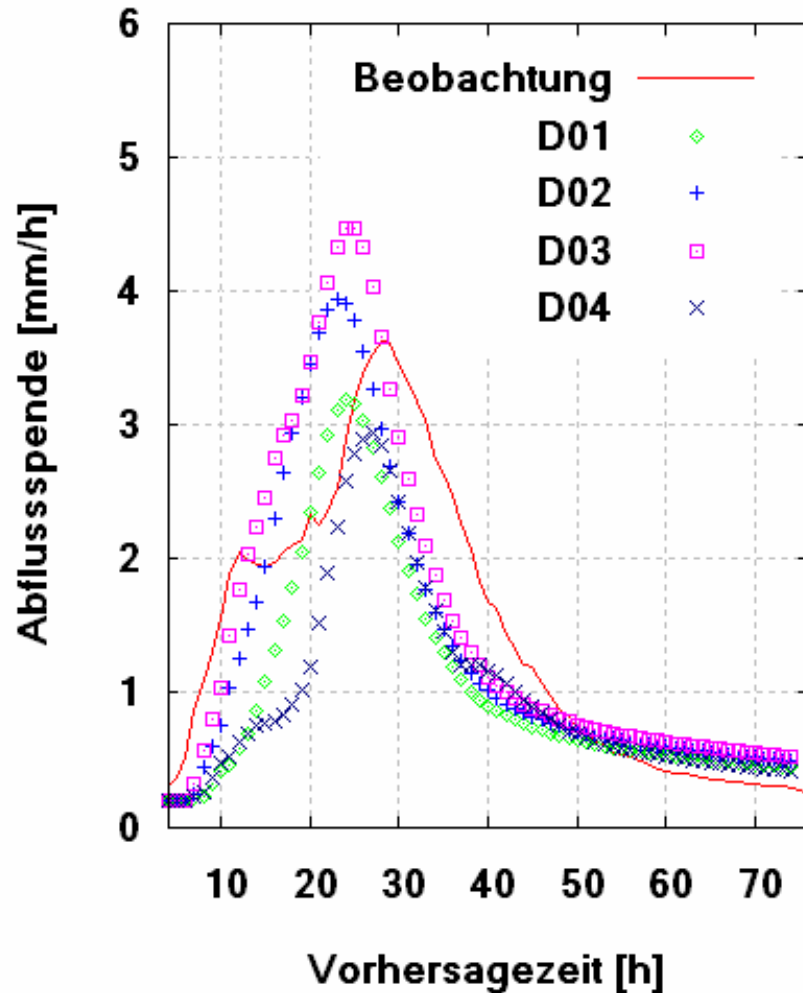
48h-Niederschlag in Domain 3: WRF

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



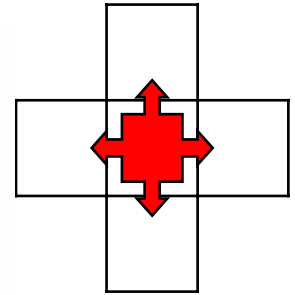
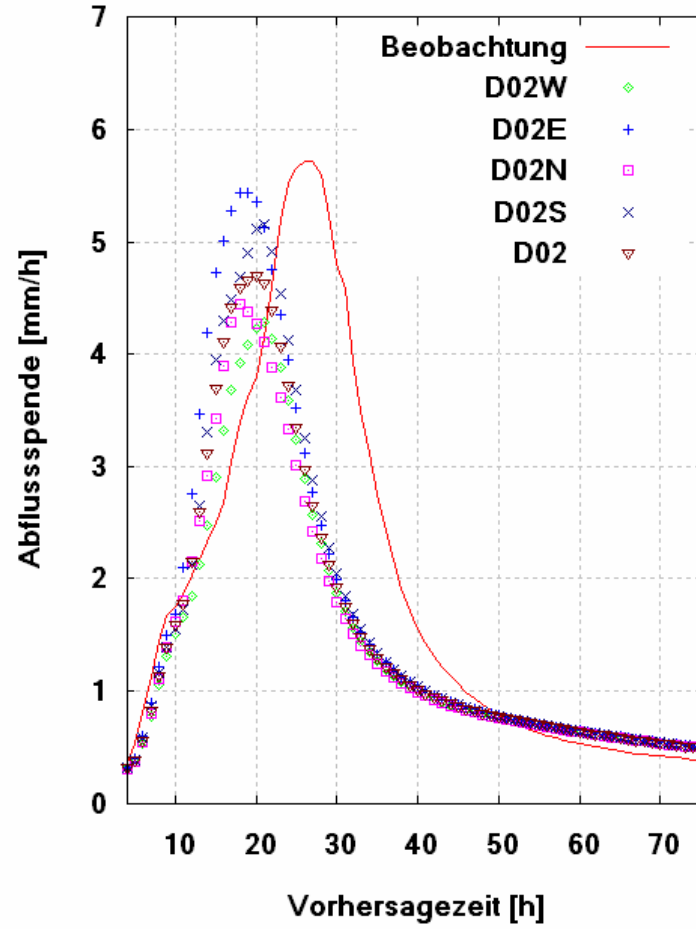
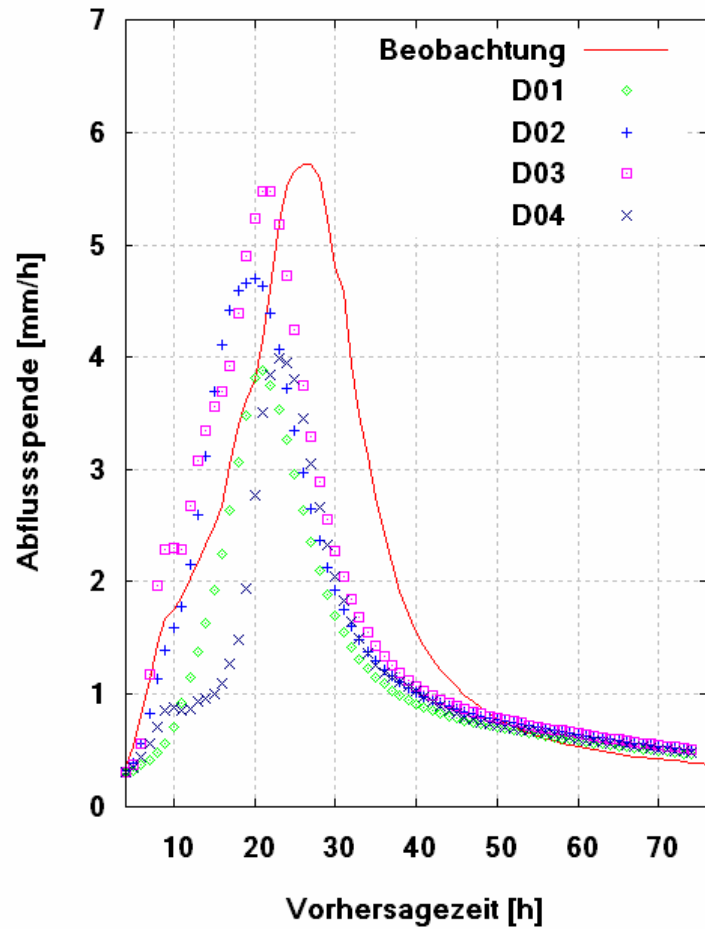
WRF-Vorhersage und Vergleich mit Stationsmessungen

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

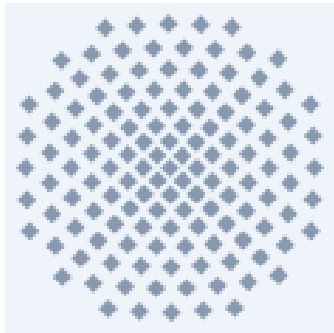
Projektpartner



*High-Tech-Offensive
Zukunft
Bayern*



Meteorologisches
Observatorium
Hohenpeißenberg



**Universität
Stuttgart**



Wasserwirtschaftsamt
Weilheim