

# **Coupled Meteorological-Hydrological Early Flood Warning for Alpine Catchments**

**H. Kunstmann, A. Marx, G. Smiatek, J. Werhahn**

## Challenge Alpine Catchments

- Fast precipitation-runoff response times  $\Rightarrow$  short warning times, Radar & nowcasting not suited!
- Snow cover dynamics/meltwater impacts significantly discharge behaviour
- High spatial precipitation variability (Lee-Luff, orographic blocking)
- Precipitation intensities are expected to increase under climate change
- High damage potential
- Flood warning only via combination of Numerical Weather Prediction (NWP) & water balance/runoff modeling

$\Rightarrow$  **Coupled meteorological-hydrological model system for early flood warning**

<i>Flood event</i>	<i>Total (Mio. €)</i>	<i>Insured (Mio. €)</i>
Bavaria 1999	393	30
Bavaria 2005	205	46
D/A/CH 1999	409	40
D/A/CH 2005	3000	1700

## Challenge Alpine Catchments

HMG München, Mittwoch, 24. August 2005 61. Jahrgang

Nach heftigen Regenfällen von Böhmen bis Bern

### Verheerendes Hochwasser im Alpenraum

Sieben Tote in der Schweiz und in Österreich  
Weite Teile Südbayerns überschwemmt

München (SZ) – Nach tagelangem Dauerregen sind große Flächen des Alpenraums überschwemmt. Bei Erdrutschen und Überflutungen starben in der Schweiz und in Österreich sieben Menschen. Viele Orte sind nicht mehr zugänglich. Im bayerischen Voralpenland übertraf die Flut das Jahrhunderthochwasser von 1999. Die Donau-Städte Passau und Regensburg sind gefährdet.

„Wir haben gigantische Wassermassen“, sagte der bayerische Umweltminister Werner Schnappauf (CSU) am Dienstag. Fachleute schätzen, dass die Flut das Pfingsthochwasser von 1999 übertreffen werde. Das öffentliche Leben brach in weiten Teilen des Voralpenlandes zusammen. Garmisch wurde von der Außenwelt abgeschnitten. In Kempten, Augsburg, Penzberg sowie den Landkreisen Weilheim-Schongau, Garmisch-Partenkirchen und Bad Tölz-Wolfratshausen lösten die Behörden Katastrophenalarm aus. Während aus Bayern zunächst keine Todesopfer gemeldet wurden, starben in der Schweiz mindestens fünf Menschen in den Fluten, viele sind vermisst. Im Zürcher Oberland wurde eine Leiche aus dem Dorfbach von Dürnten geborgen, im Bündnerland erkrankte eine 72-Jährige in der Landquart. In Brienz kam eine Jugendliche ums Leben, eine junge Frau wurde schwer verletzt. Am Montag waren bereits zwei Feuerwehrleute tödlich verunglückt. Im österreichischen Ötztal begrub eine Steinlawine einen Mann. Eine Frau wurde beim Abgang einer Mure in der Steiermark tödlich verletzt.

Die Niederschläge erreichten Rekordwerte. Im Berner Oberland fielen bis Dienstagmorgen binnen 48 Stunden 205 Liter Wasser pro Quadratmeter. In der Schweiz waren Brienz und das Oberhasli vom Wasser eingeschlossen, für Grindelwald und Lauterbrunnen wurde eine Luftbrücke eingerichtet. Bern ist überflutet. In Kroatien riefen die Behörden für den Norden des Landes den Notstand aus. In Tschechien standen Teile Böhmens unter Wasser. Ungarn rechnet mit Schäden von 40 Millionen Euro.

In Bayern wurden Sonthofen, Kempten und Garmisch überschwemmt. An der Loisach und der Iller hielten viele Dämme der Flut nicht stand. Bei Augsburg drohte eine Autobahnbrücke einzustürzen. Die A 8 München-Stuttgart wurde deshalb gesperrt, ebenso die A 95 München-Garmisch und die A 93 bei Kufstein. Eingeschlossene wurden mit Hubschraubern gerettet. Fast tausend Anwohner in Kempten mussten ihre Häuser verlassen. Die Anrainer der Donau bereiteten sich auf die Wassermassen vor. Entlang des Stroms wurde für Mittwoch die höchste Meldestufe erwartet.

Bayerns Ministerpräsident Edmund Stoiber (CSU) unterbrach den Wahlkampf, um sich ein Bild von der Lage zu machen. Union und FDP sagten ihren für Mittwoch in Berlin geplanten „Wechseltippeln“ ab. Innenminister Otto Schily (SPD) wollte am Mittwoch ins Flutgebiet reisen, Bundeskanzler Gerhard Schröder (SPD) am Donnerstag. Am kommenden Dienstag will das bayerische Kabinett über die Unterstützung für die Betroffenen beraten. Stoiber sagte, er setze auf eine „Gemeinschaftsaktion von Land, Bund und EU“. Schröder kündigte an, die Bundesregierung werde jede ihr mögliche Hilfe leisten sowie alle Kräfte auf



### August-Flood 2005:

- Alpine space: more than 150 mm/72h
- Oberstdorf: 147mm/24h
- Einsiedl: 216 mm/24h

## Challenge Coupled Meteorological-Hydrological Model System in Alpine Space

Both atmosphere & land surface processes must be considered

Quality of streamflow forecast:

- Quality of NWP:

**Challenge complex orography: small errors in precipitation forecast may lead to large errors in river runoff forecast**

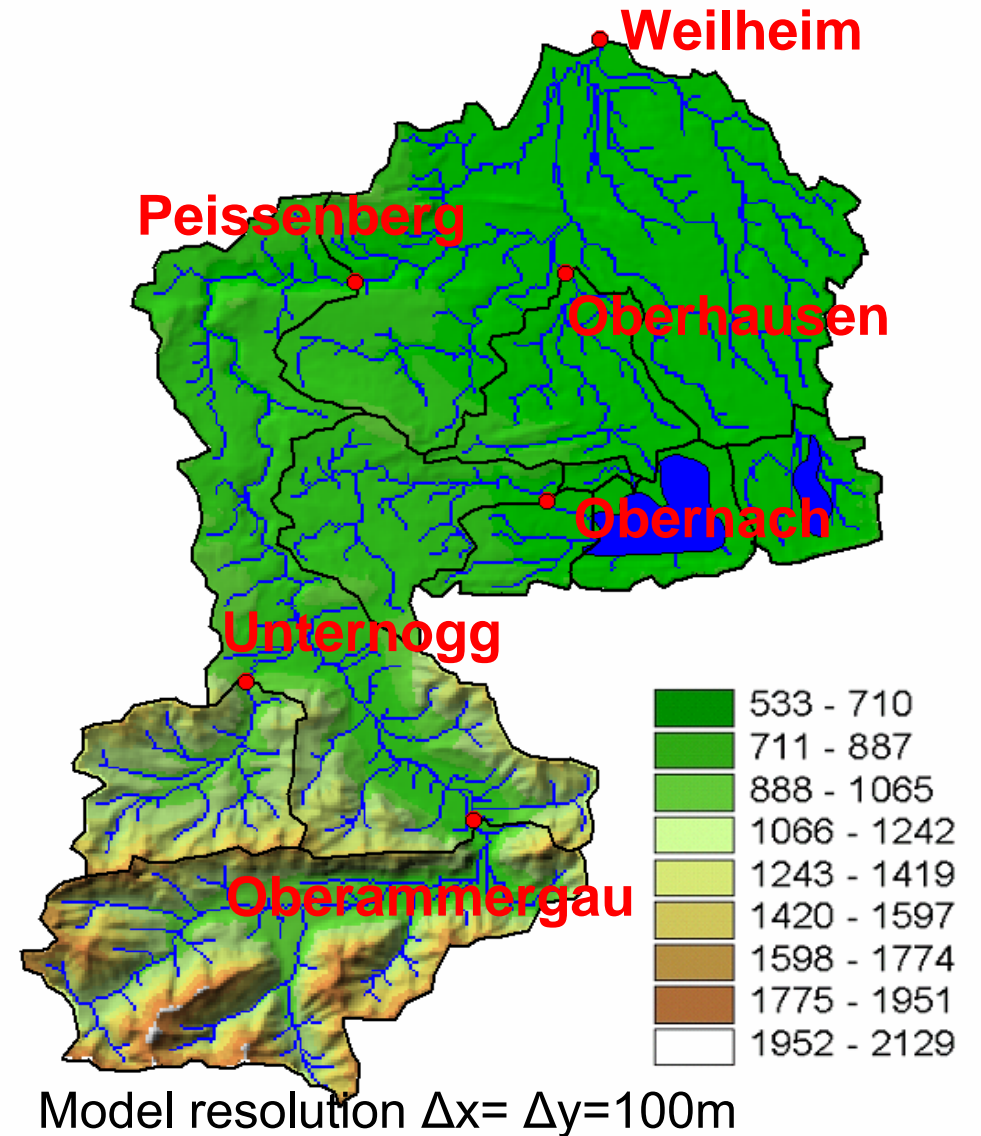
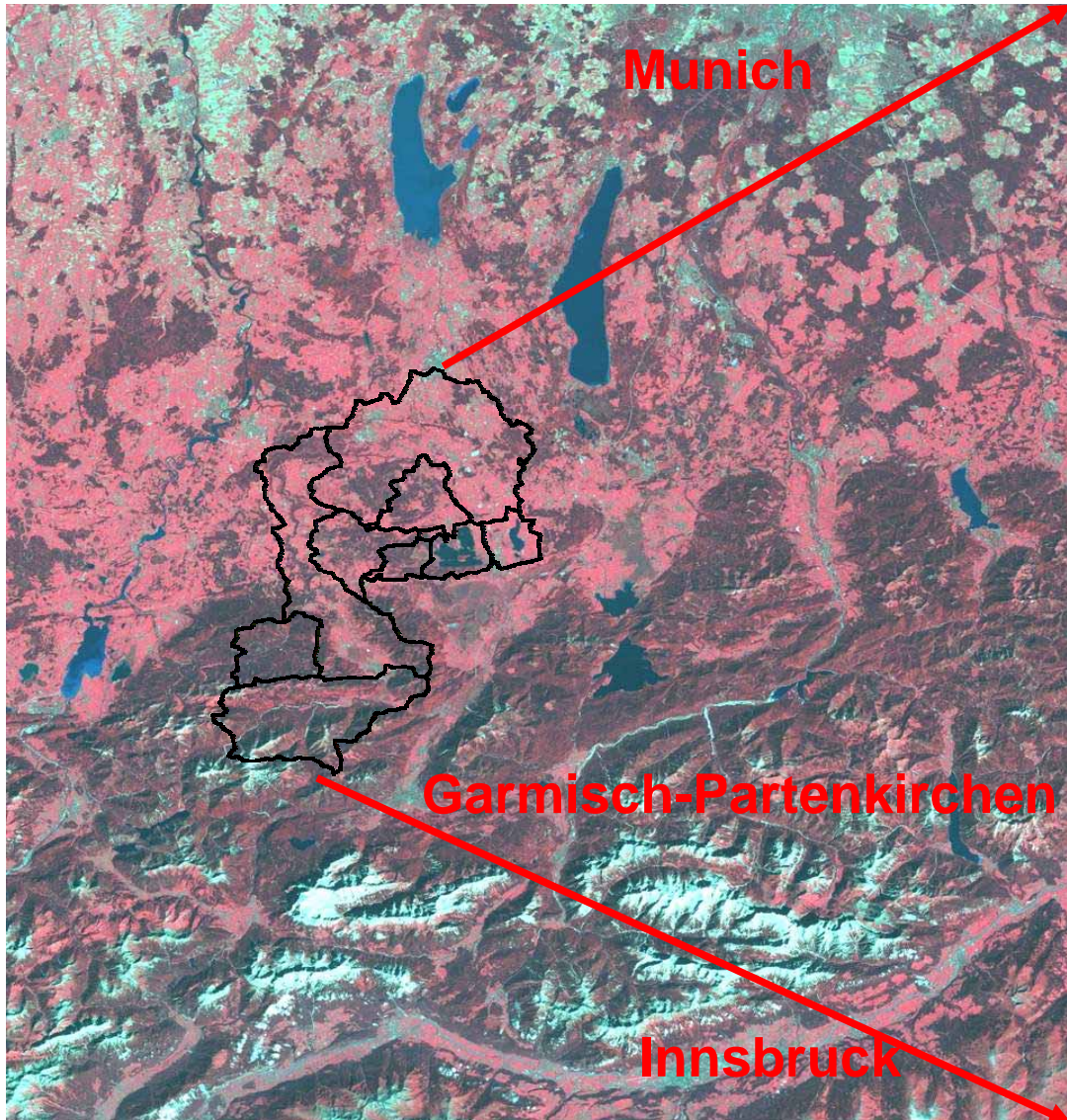
- Quality of hydrological model

**Challenge proper initialisation of snow cover, soil moisture, water level in river beds**

## General Setup

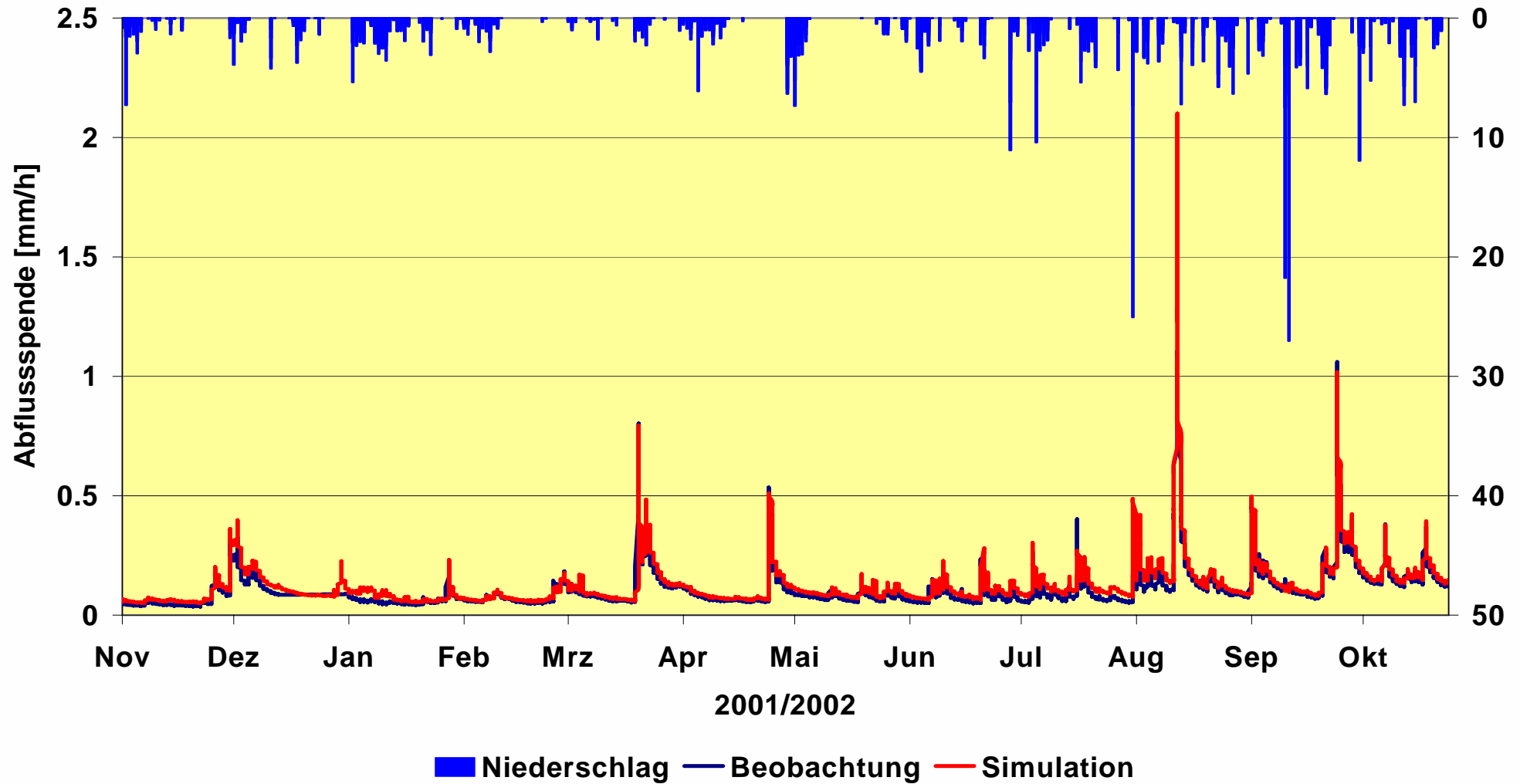
- Own operational high resolution NWP using public domain data & model sources
  - 1) MM5 (NCAR & PennState University) in 3 nesting steps: 60km, 15km, 3.75km (plus 1.25km in test mode)  
**operational since 1999**
  - 2) WRF (NCAR) in 4 nesting steps: 54km ,18km, 6km, 2km  
**operational since 2007**
- Hydrological model: WASIM-ETH (<http://homepage.hispeed.ch/wasim/index.html>)
- Geographical Focus: Bavarian Alps & Ammer catchment
- Advantage: optimised model setup (parameterizations, resolutions) for specific region / catchment

## Test Site: Ammer Catchment



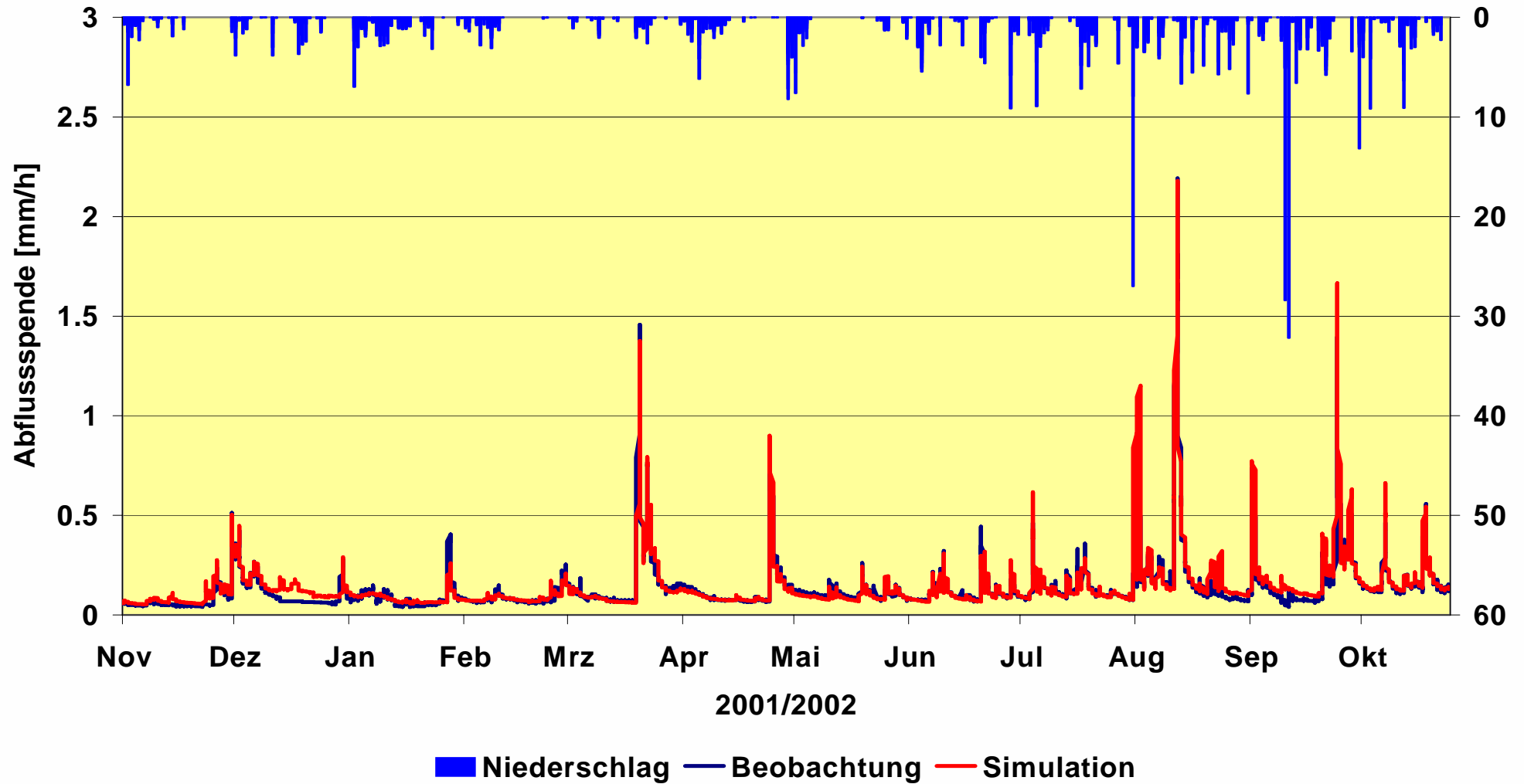
# Early Flood Warning for Alpine Catchments

## Weilheim



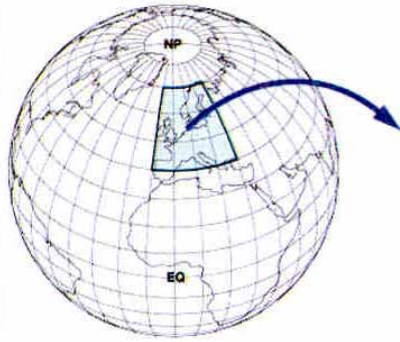
# Early Flood Warning for Alpine Catchments

## Peißenberg





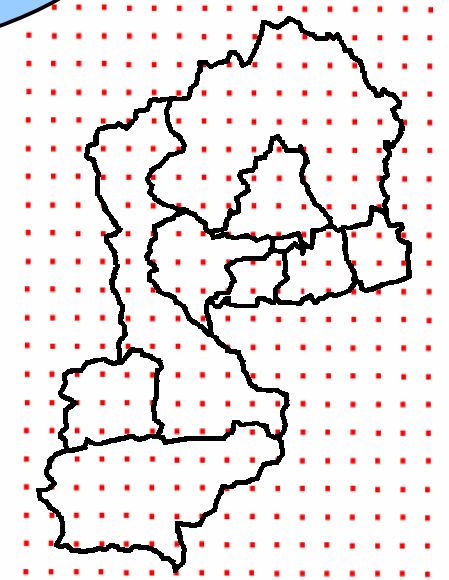
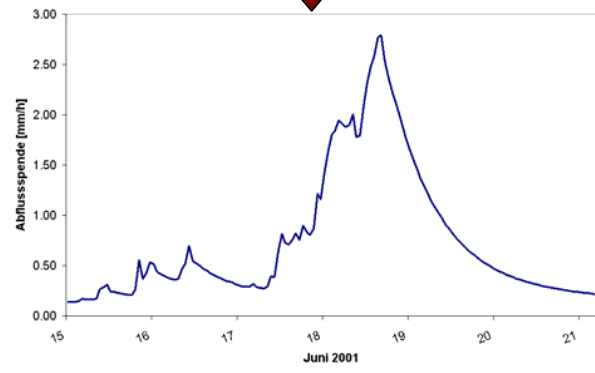
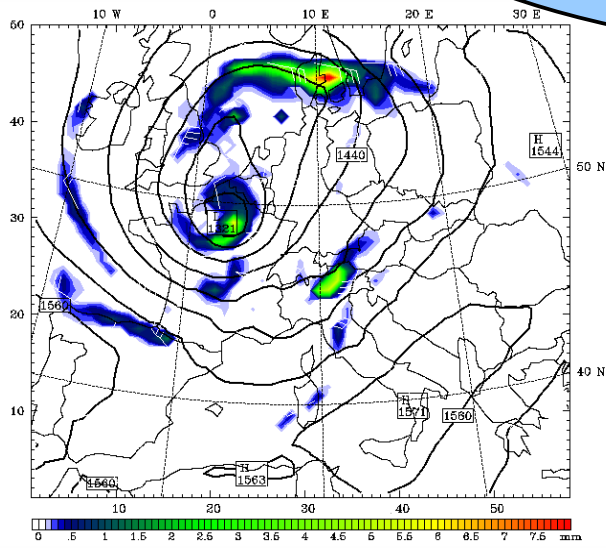
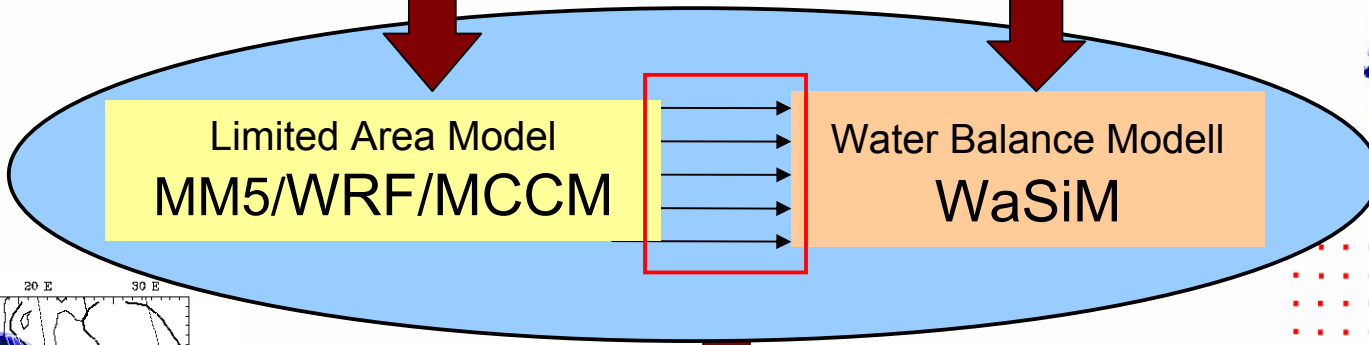
# Early Flood Warning for Alpine Catchments



Global Forecasting System  
**NCEP GFS (AVN)**

Observed Met-data

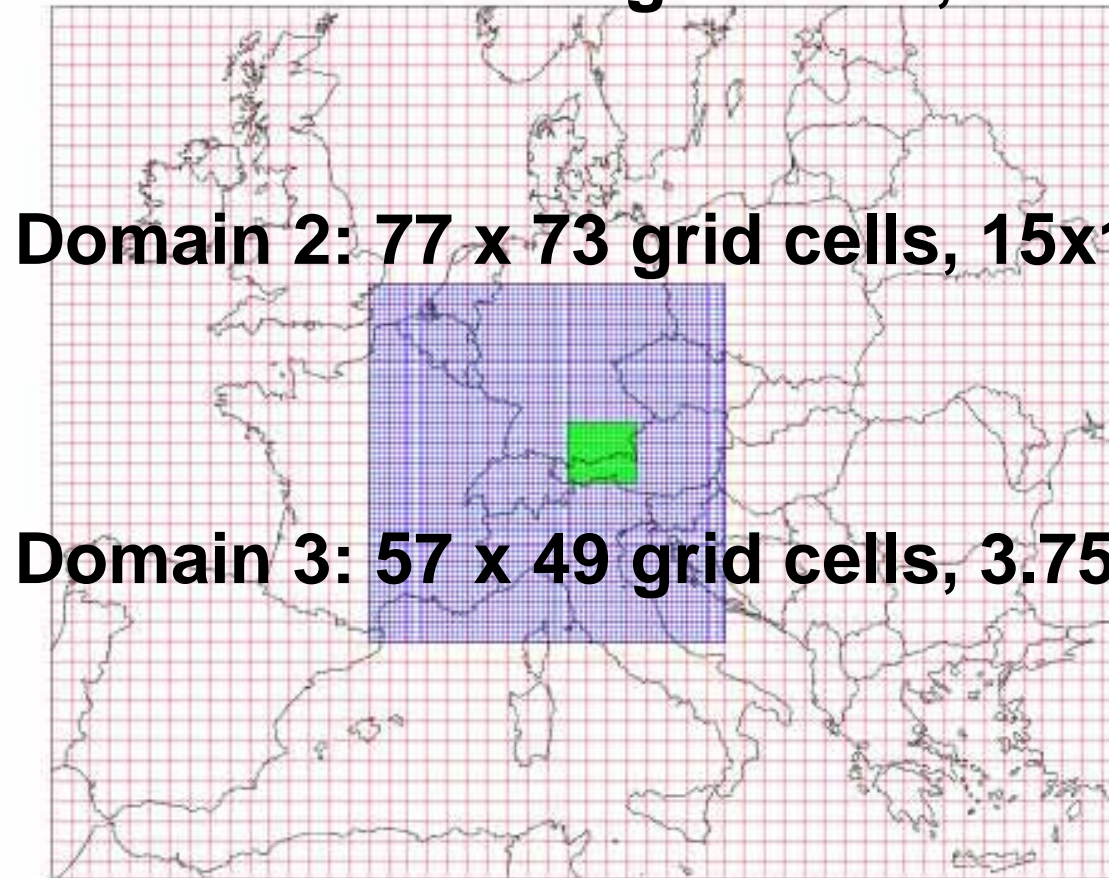
WaSiM-run to provide  
**initial conditions**



**FLOOD FORECAST**

## NWP: High Resolution Dynamic Downscaling & Nesting for the Test Site

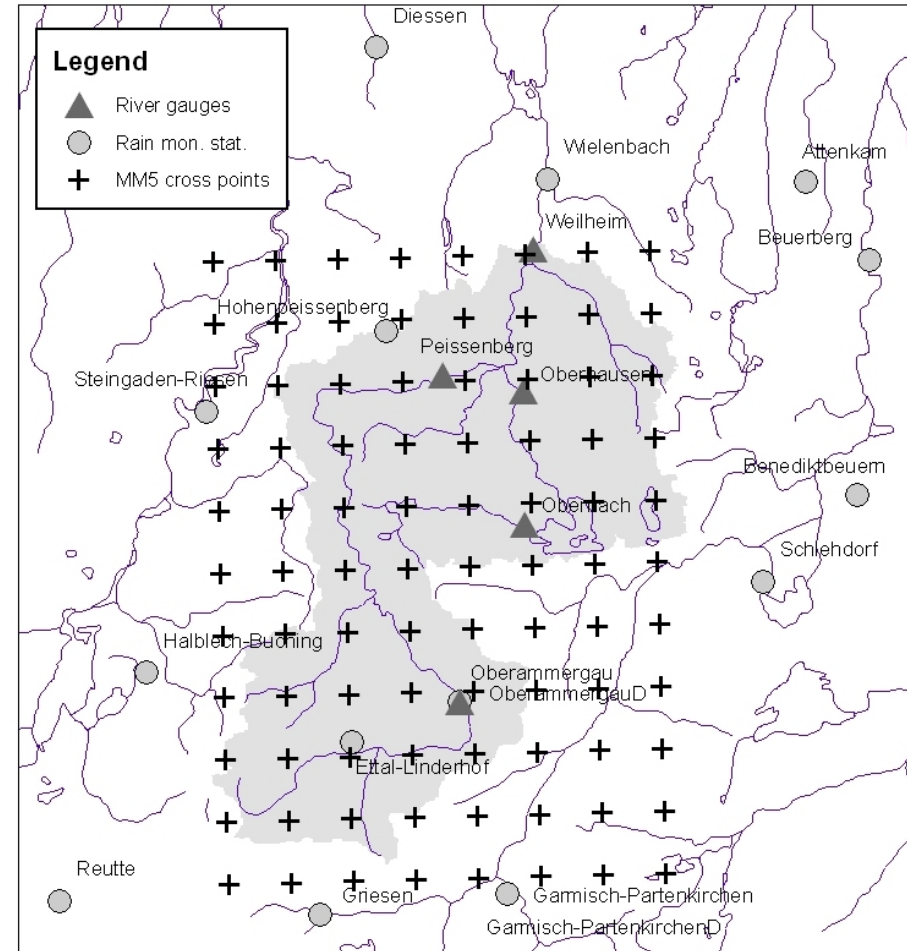
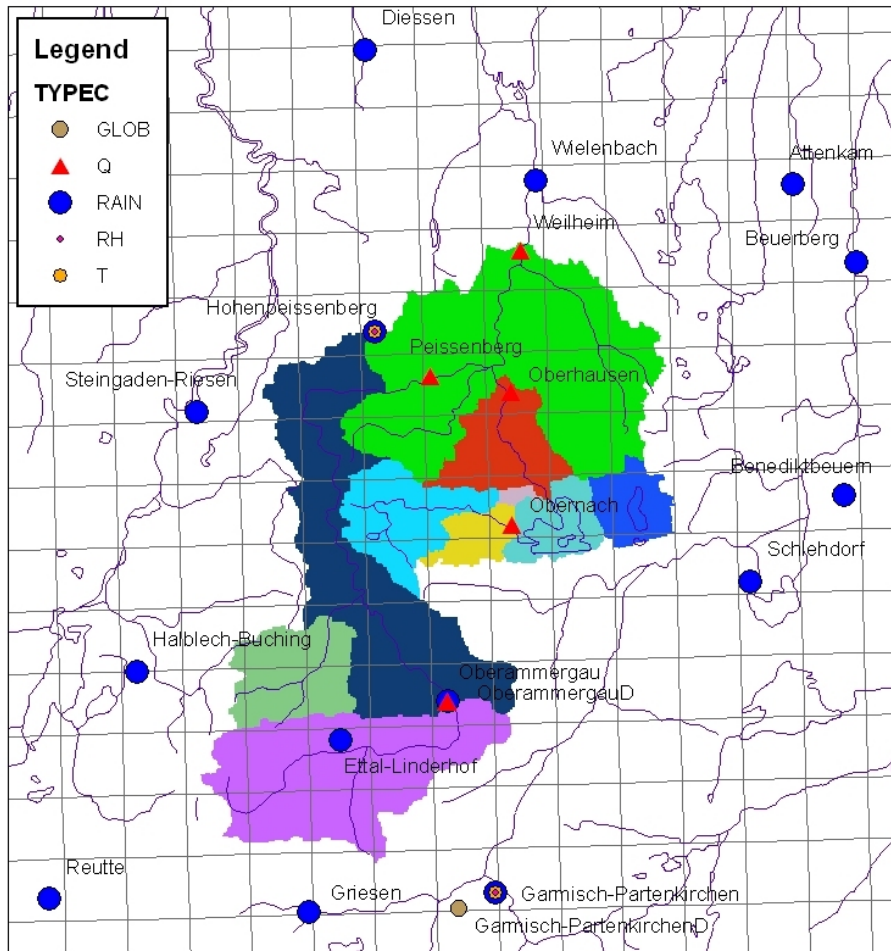
**Domain 1: 55 x 45 grid cells, 60x60 km<sup>2</sup>**



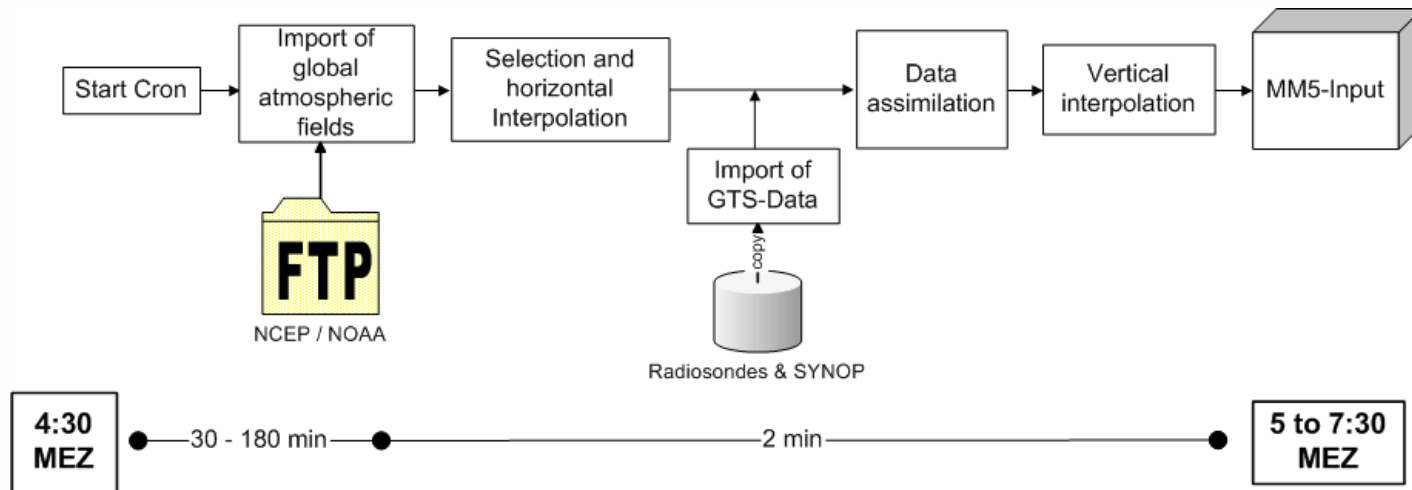
**Domain 2: 77 x 73 grid cells, 15x15 km<sup>2</sup>**

**Domain 3: 57 x 49 grid cells, 3.75x3.75 km<sup>2</sup>**

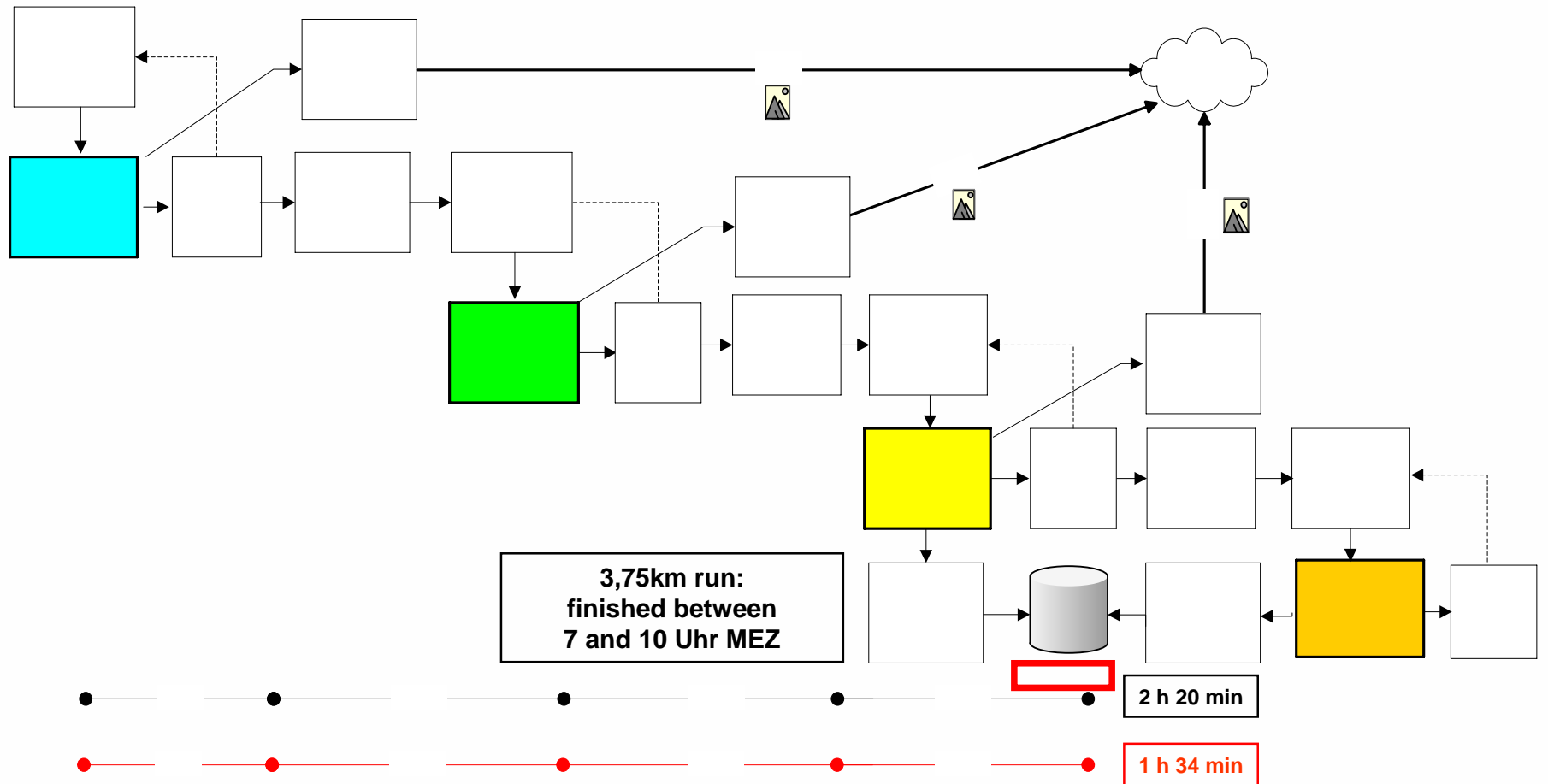
## Catchment of the River Ammer: Location of Gauges & Meteo-model Gridpoints



## Operationalisation of NWP: Preprocessing



## Operationalisation of NWP



Replace

Soil

Extract

& plot

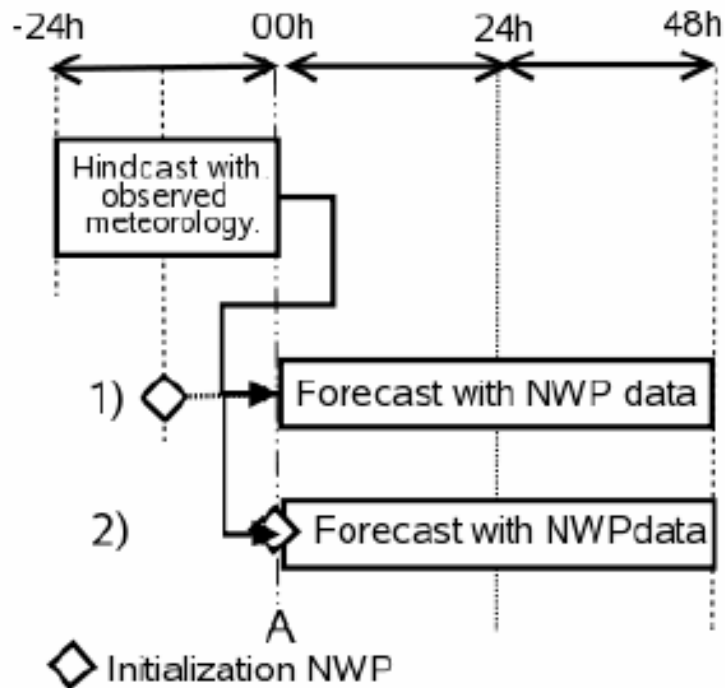
## Operationalisation of NWP: Visualisation in WWW

**Germany (60, 15, 3.75km)**  
**Ghana & Burkina Faso (54, 27km)**  
**China, Three Gorges (63, 21, 7km)**

Region	Resolution	Time Step	Forecast Type
Europe (60 km)	60 km	12 h	Single Photo
	15 km	12 h	Single Photo
	3.75 km	12 h	Single Photo
Germany (60, 15, 3.75 km)	60 km	12 h	Single Photo
	15 km	12 h	Single Photo
	3.75 km	12 h	Single Photo
Rosenheim (60, 15, 3.75 km)	60 km	12 h	Single Photo
	15 km	12 h	Single Photo
	3.75 km	12 h	Single Photo

[http://imk-ifu.fzk.de/de/wetter/index\\_wetter.htm](http://imk-ifu.fzk.de/de/wetter/index_wetter.htm)

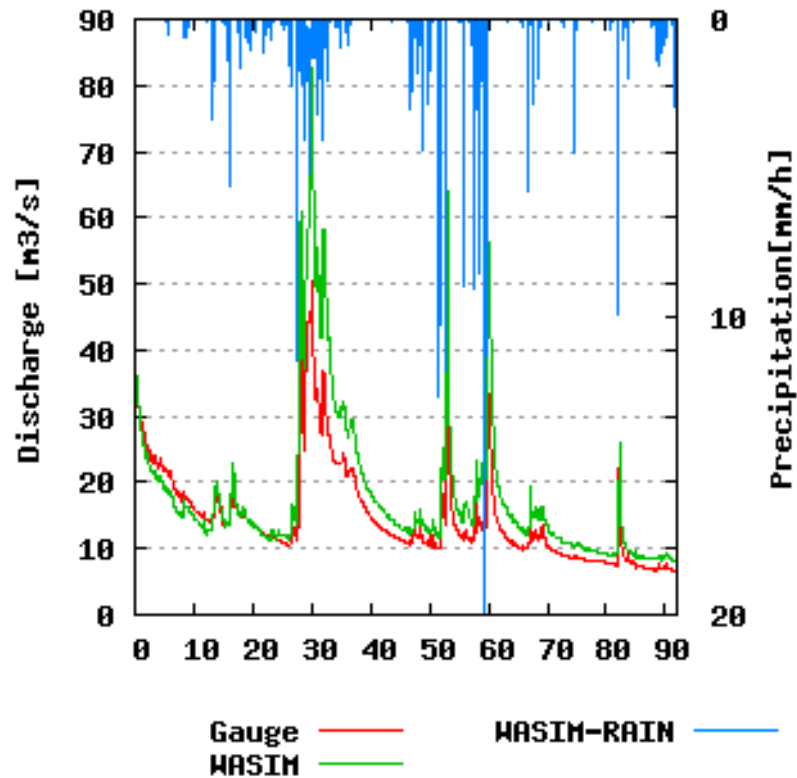
## Strategy for Operational Flood Forecasting



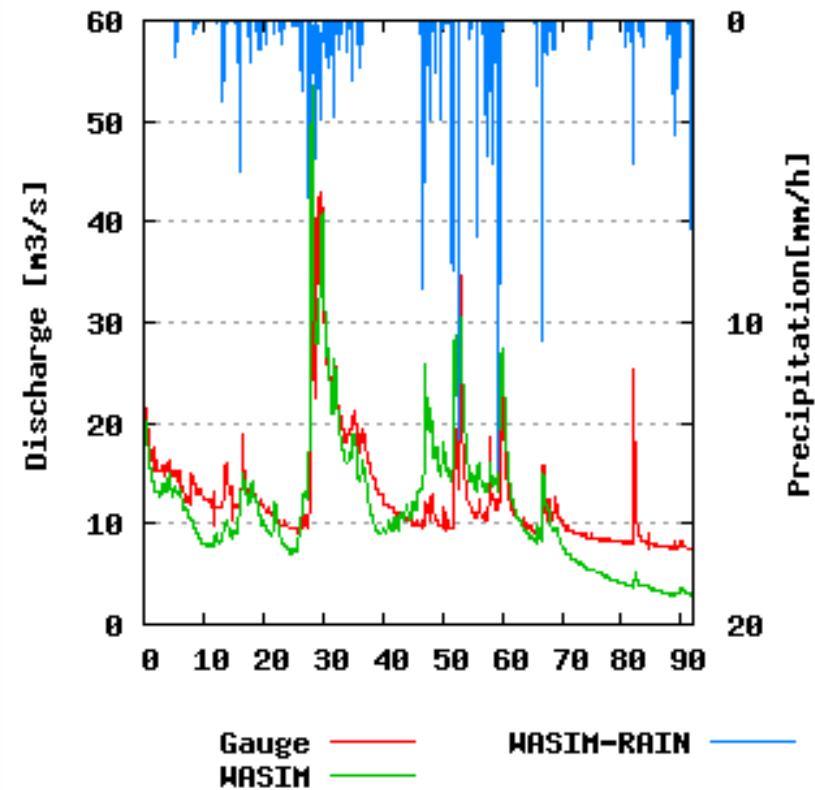
- Provision of initial conditions: hindcast part
  - 1) Continuous run in 24h time slices with observed meteorological driving data of last 24 h hours
  - 2) Storage grids used for initialize forecasts
- Forecast part:  
Twice daily (00:00h & 12:00h UTC initialization) driven by MM5 forecast fields

## Results: Operational Water Balance Modelling

Weilheim 01.05.2006 - 31.07.2006 SE: 0.895748

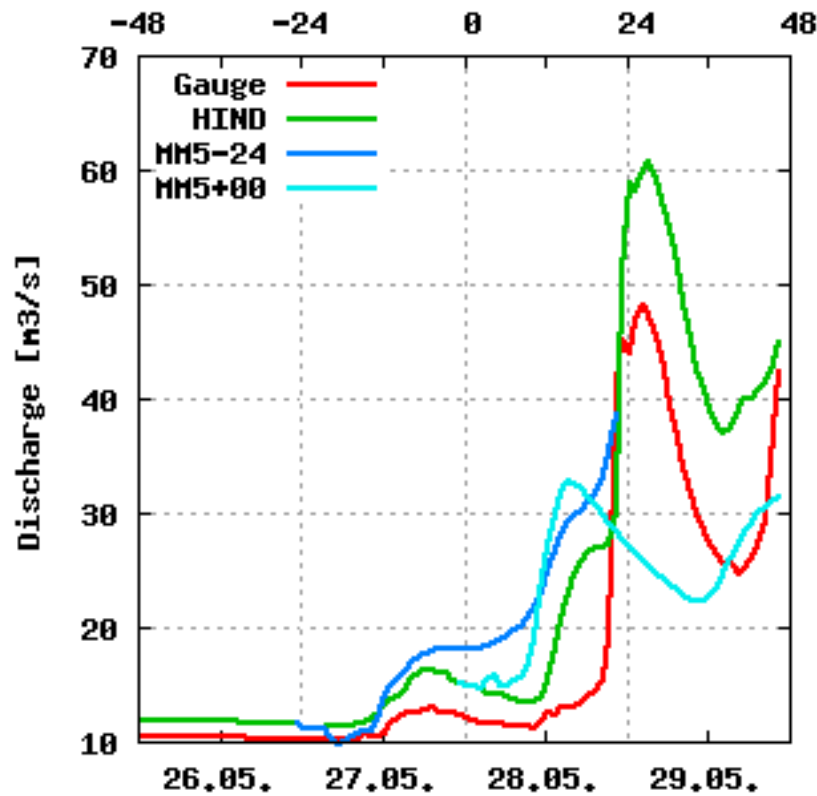


Wissenberg 01.05.2006 - 31.07.2006 SE: 0.90217

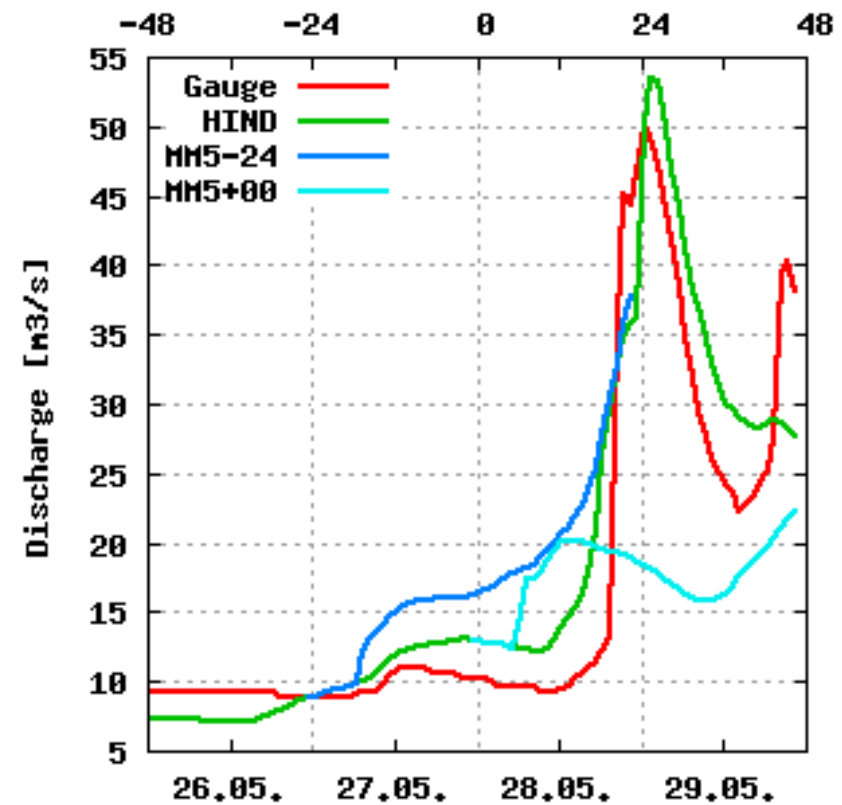




## Results: Operational Coupled Streamflow Forecast

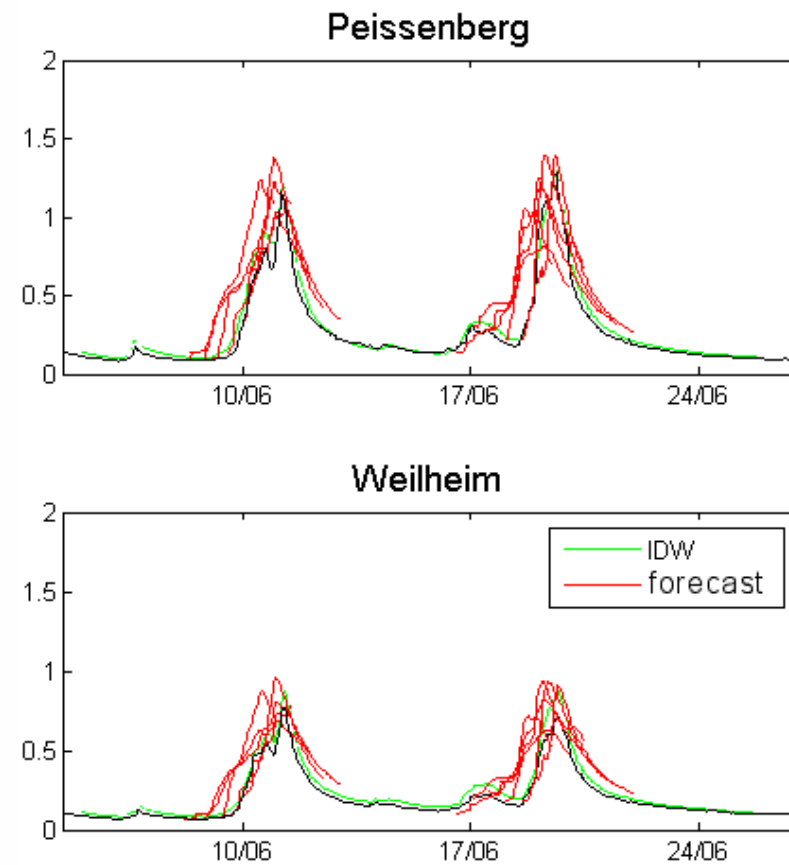
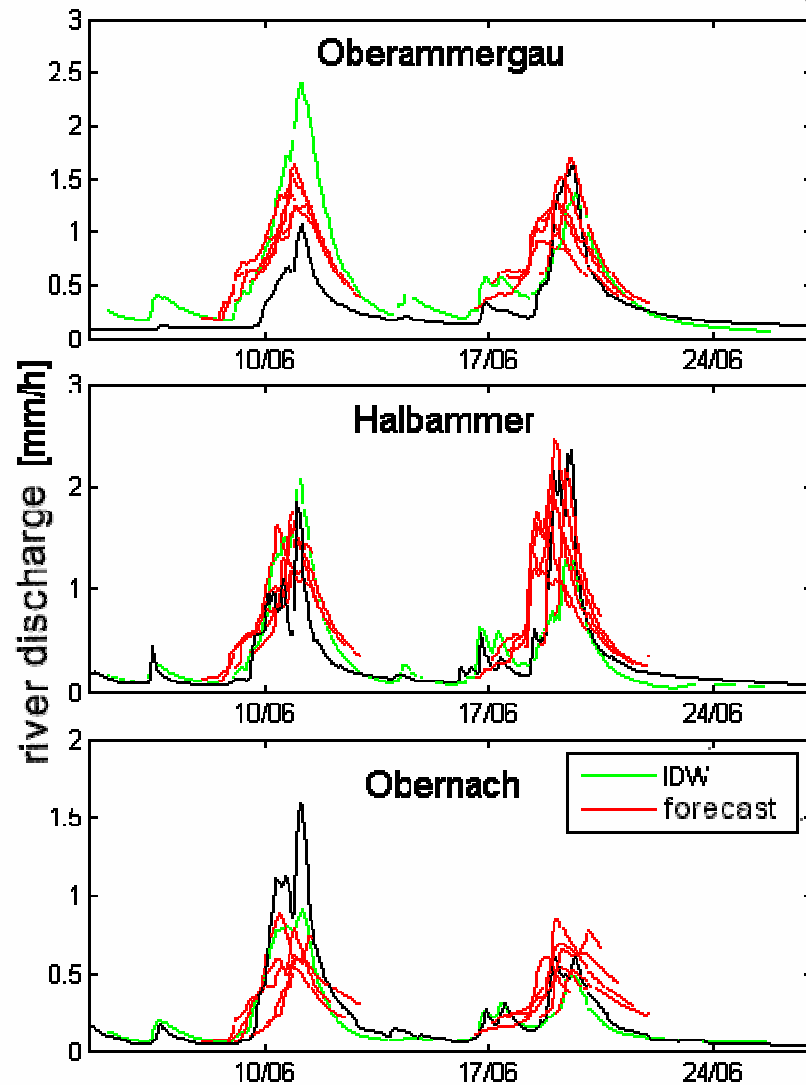


Weilheim

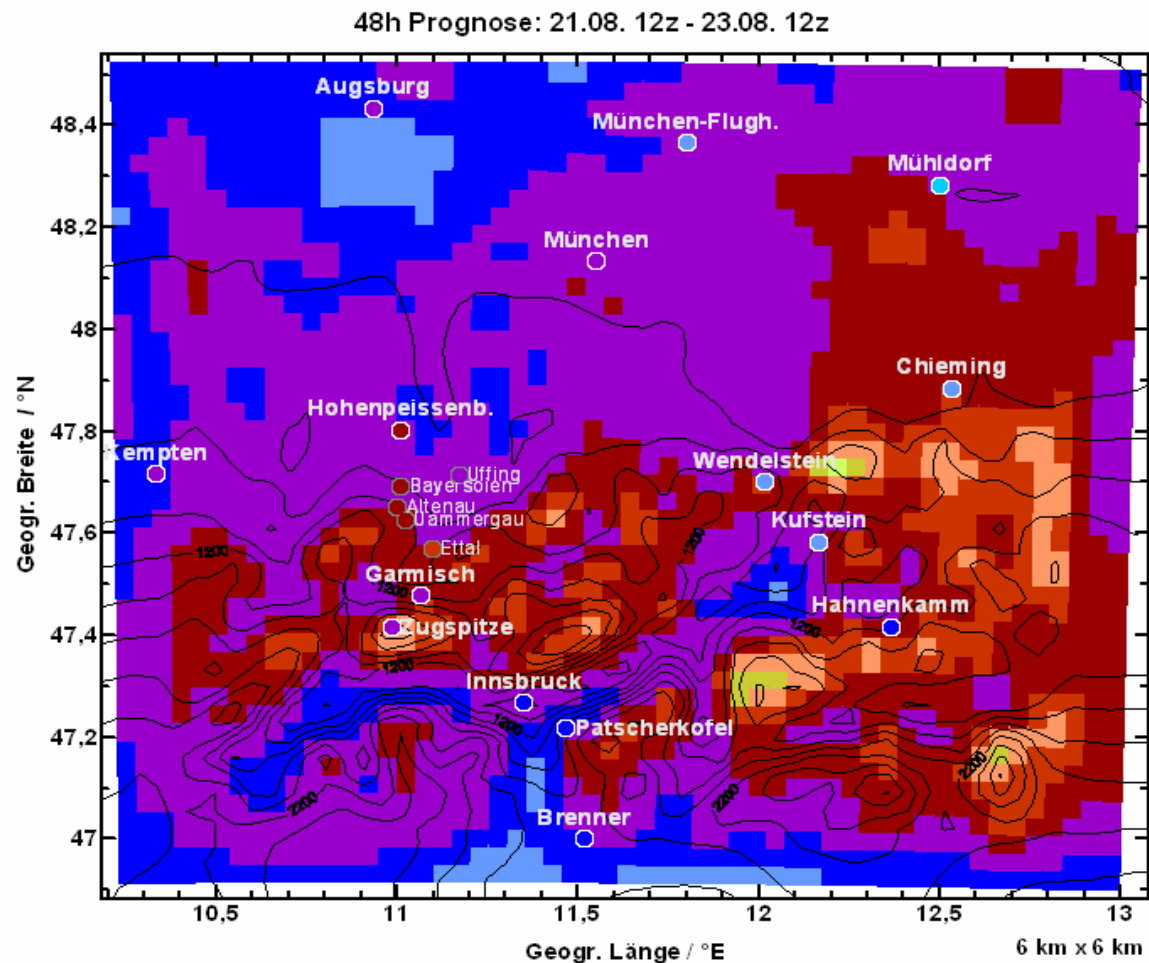


Peissenberg

## Ex Post Results: Performance of Coupled Model System for **Selected 2001 Events**



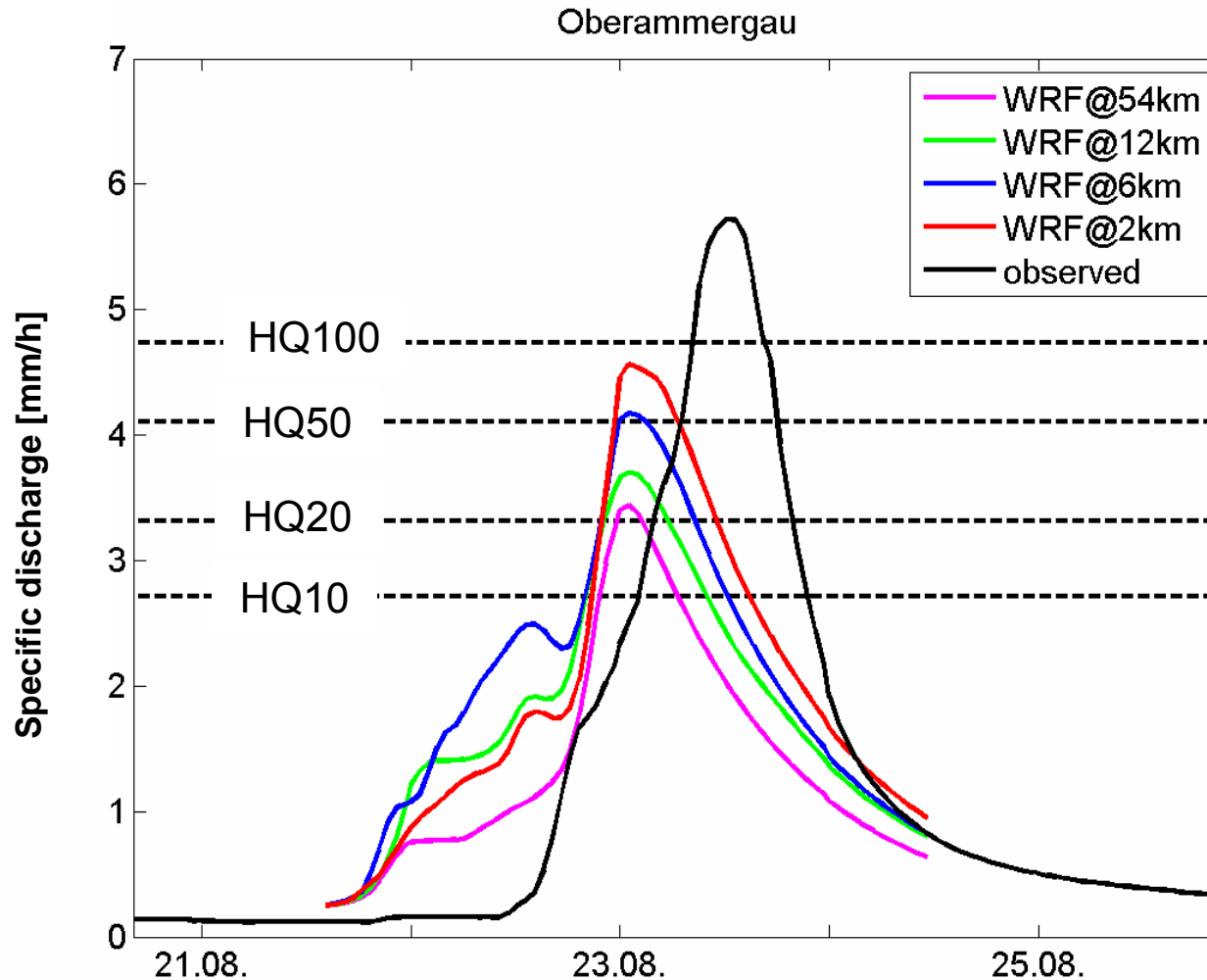
## Ex Post Results: Performance of Coupled Model System for **August 2005 Flooding**



WRF@6km -Forecast and Comparison to Rain Gages, [mm/48h]

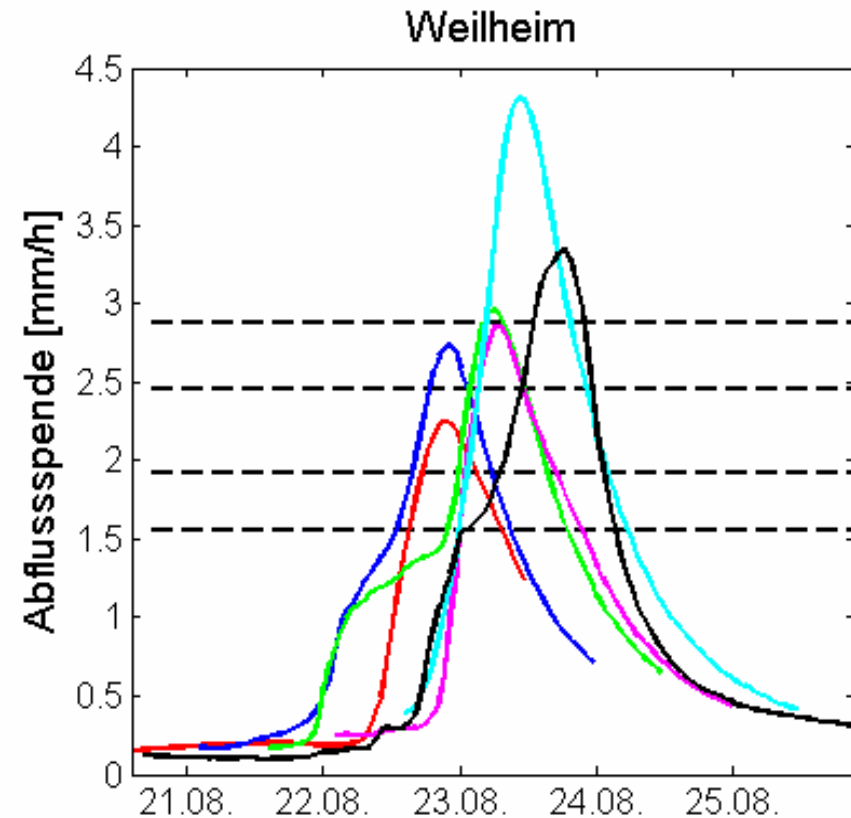
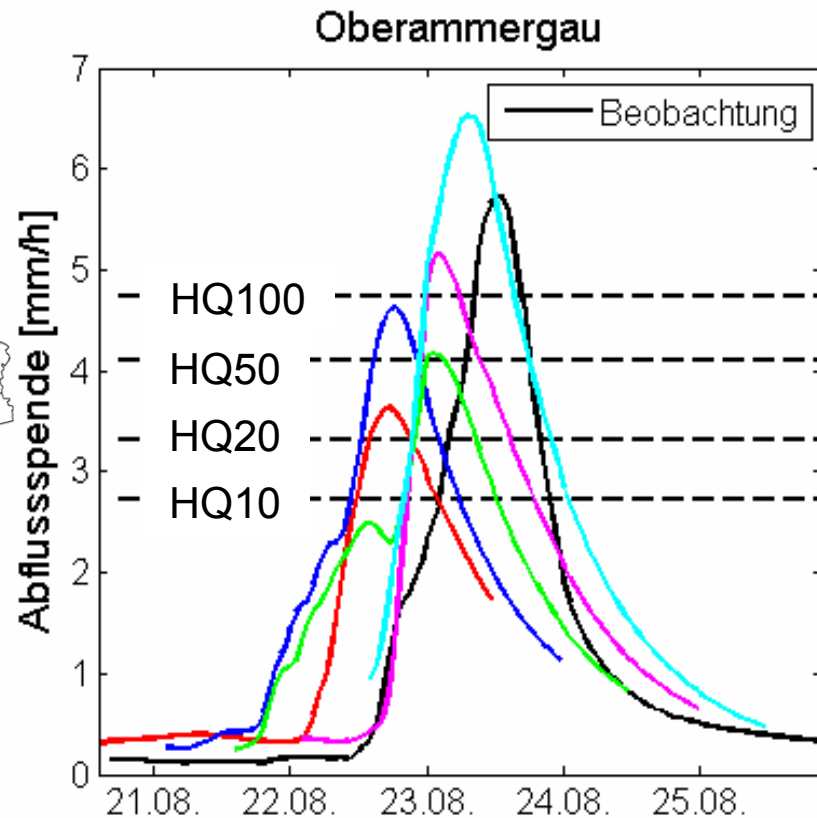


## Ex Post Results: Performance of Coupled Model System for **August 2005 Flooding**



**6 km resolution sufficient**

## Ex Post Results: Performance of Coupled Model System for **August 2005 Flooding**



**48h – Early warning is feasible!**

## Summary and Conclusions

- Early flood warning for Alpine catchments requires coupled meteo-hydro. model system
- Operational near real time hydrological modelling driven by station observations provides initial conditions for forecasts
- Early warning tool: not able to predict exact timing and height of flood peak!
- 48h early warning time feasible (this study)
- 6km meteo-model resolution seems sufficient (this study)
- Coupled model system is exported for forecasting Jangtse River (China) and Volta (West Africa)

The image shows a close-up, top-down view of a car's front grille. The grille is a complex, multi-layered structure with a central emblem that appears to be a stylized 'M' or a similar logo. The entire scene is bathed in a deep blue light, creating a monochromatic effect. The text 'Thank you for your attention' is centered over the grille in a bright red, sans-serif font.

**Thank you  
for your attention**

# Hochwasserfrühwarnung: Operationelles Modellsystem

