



# **OPAQUE – Operationelle Abfluss- und Hochwasservorhersage in Quellgebieten**

**Axel Bronstert<sup>1</sup> & Erwin Zehe<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universität Potsdam, Institut für Geoökologie,  
Lehrstuhl für Hydrologie und Klimatologie

<sup>2</sup>Technische Universität München, Institut für Wasser und Umwelt,  
Fachgebiet Hydrologie und Flussgebietsmanagement

# Motivation des Projektes

- Hochwasser in Quellgebieten bergen aufgrund der sehr **kurzen Vorwarnzeiten** ein enormes Schadenspotential
- Das Management solcher Hochwasserereignisse erfordert daher **genaue Vorhersagen des Niederschlags und der Abflüsse** und darauf abgestimmte **Talsperrensteuerungen**
- Verlässliche operationelle Vorhersagen des Niederschlag-Abflussgeschehens sind dort aufgrund der **hohen raumzeitlichen Variabilität des Niederschlags und der Nichtlinearität der Gebietsreaktion** extrem schwierig

# zeitl. Ablauf des Projektes

***Projektbeginn:  
offiziell Juli 2006  
tatsächlich aber z.T. ca. Jahreswende 2006/07***

***Projektende:  
ursprünglich geplant: 30. Juni 2009  
neu beantragt: maximal bis März 2010***



# Projektpartner



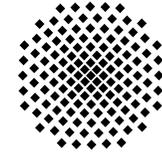
Workshop zum RIMAX-Verbundprojekt  
Operat. Vorhersage in Quellgebieten - OPAQUE



Universität Potsdam



Universität Stuttgart



Geoforschungszentrum  
Potsdam



Deutsche Agentur für  
Luft und Raumfahrt



Bay. Landesamt für Umwelt,  
WWA Kempten



Dr.-Ing. K. Ludwig  
Beratender Ingenieur



Landesanstalt für Umwelt,  
Messungen und  
Naturschutz Ba-Wü, HW-  
Vorhersage-Zentrale



Sächsisches Landesamt für  
Umwelt und Geologie,  
Landeshochwasserzentrum &  
Landestalsperrenverwaltung  
Sachsen





## *Verbesserte Vorhersage von Hochwasserabflüssen in Quellgebieten*





## ***Verbesserte Vorhersage von Hochwasserabflüssen in Quellgebieten***

### ***Wasserwirtschaftliche Problemstellung:***

- ***Hochwasservorhersage in gebirgigen Quellgebieten ist ungenau und sehr kurzfristig aufgrund schlechter Niederschlags-informationen und schnellen Abflussprozessen (→ hohe Schäden, geringe operationelle Schutzmöglichkeiten)***

### ***Innovative Methoden:***

- ***Verbesserte Nutzung von Radar- und Bodeninformationen***
- ***„Vorwarnung“ vor Starkniederschlägen durch Ensemble-DS***
- ***Integration aktueller Gebietsdaten in die Abfluss-Vorhersage***
- ***HW-Management auf Basis dieser Informationen und potentieller Schäden***

## **Arbeitspaket 1**

### **1.1 Vorwarnung vor kritischen Wetterlagen**

- Identifikation kritischer Wetterlagen
- Langfristvorhersagen von lokalen Niederschlägen  
mittels klimatologischem Downscaling

### **1.2 Ermittlung des Gebietszustands**

- Ermittlung der Gebietsbodenfeuchte  
verteiltes Bodenmessnetz + Fernerkundung + Modell
- Ermittlung des Schneeszustands (Ausdehnung,  
Zustand Mächtigkeit)  
verteiltes Bodenmessnetz + Fernerkundung + Modell

## ***Arbeitspaket 2***

### **Operationelle Bestimmung des Gebietsniederschlags**

- Flächenverteilte Schätzung des Niederschlags auf Basis von Niederschlagsradar und Bodenstationen
- Kurzfristvorhersage des Niederschlags auf Basis von Niederschlagsradar, Bodenstationen und Windfeld

## **Arbeitspaket 3**

### **Operationelle Vorhersage des Abflusses**

- Verbesserte Beschreibung der Abflussbildungsprozesse in operationellen Vorhersagemodellen
- Assimilation der Schnee- & Bodenfeuchtezustände
- Neukalibrierung der Vorhersagemodelle für den Betrieb mit hochaufgelöstem Niederschlagsinput
- Langfristvorhersage des Abflussgeschehens auf Basis der langfristig vorhergesagten Niederschläge

## **Arbeitspaket 4**

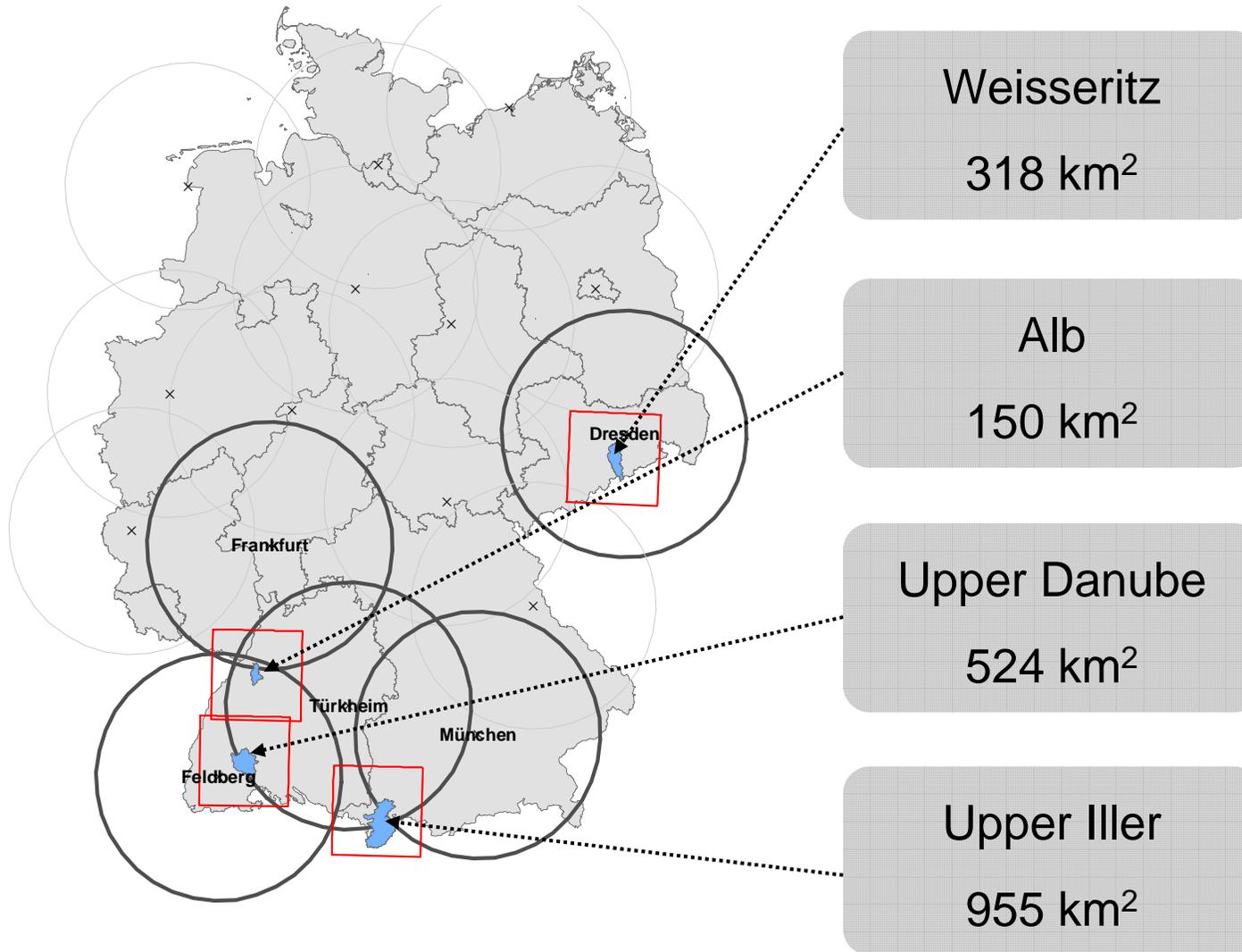
### **Optimierung der Talsperrensteuerung**

- Ermittlung synthetischer Niederschlagsreihen für das Training der Talsperrensteuerung
- Quantifizierung möglicher Schäden für unterschiedl. Trainingsszenarien auf Basis langfristiger Abflussvorhersagen und synthetischer Niederschläge

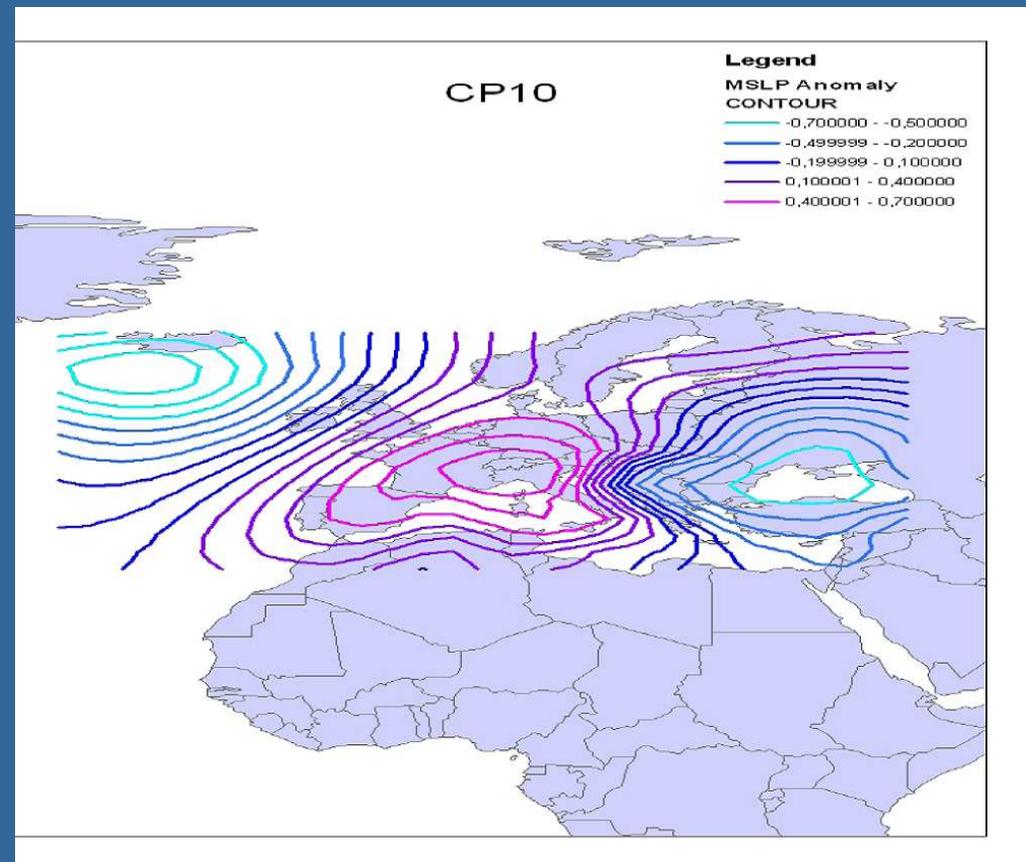
# Pilotgebiete

Einzugs-gebiet	Größe [km <sup>2</sup> ] (Pegel)	Talsperren/ HWRHB
Obere Donau	524 (Pegel Donaueschingen)	1 (4.7 Mio m <sup>3</sup> )
Alb	150 (Pegel Ettlingen)	(RHB in Planung)
Obere Iller	250 (Pegel Oberstdorf)	
Rote Weißeritz	155 (Pegel Bärenfels, Schmiedeberg, Dippoldiswalde, Hainsberg 1)	1 (8,8 Mio m <sup>3</sup> )
Wilde Weißeritz	163 (Pegel Rehefeld, Ammelsdorf, Lehnmühle, Bärwalde. Klingenberg Unterpegel, Hainsberg 3)	2 (38,3 Mio m <sup>3</sup> )

# Pilotgebiete



## Großräumige atmosphärische Bedingungen => regionale /lokale Niederschlagsereignisse: „Vorwarnung vor Starkniederschlägen“ (AP 1.1)



## 51 Stationsvorhersagen für N & T

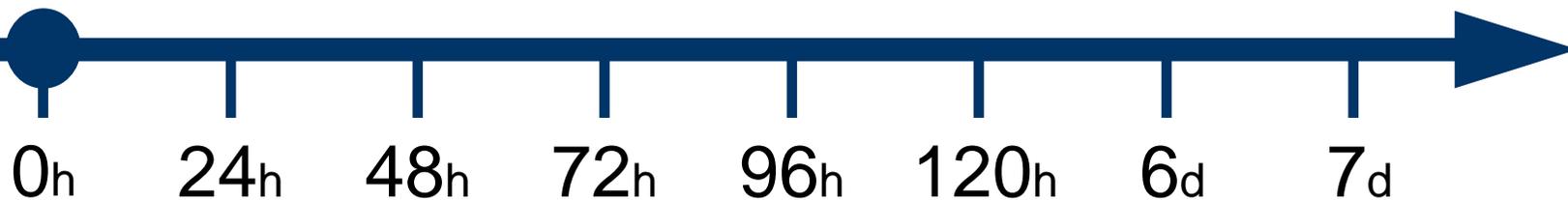


ECMWF Ensemble 10d

GME

COSMO-EU

COSMO-DE

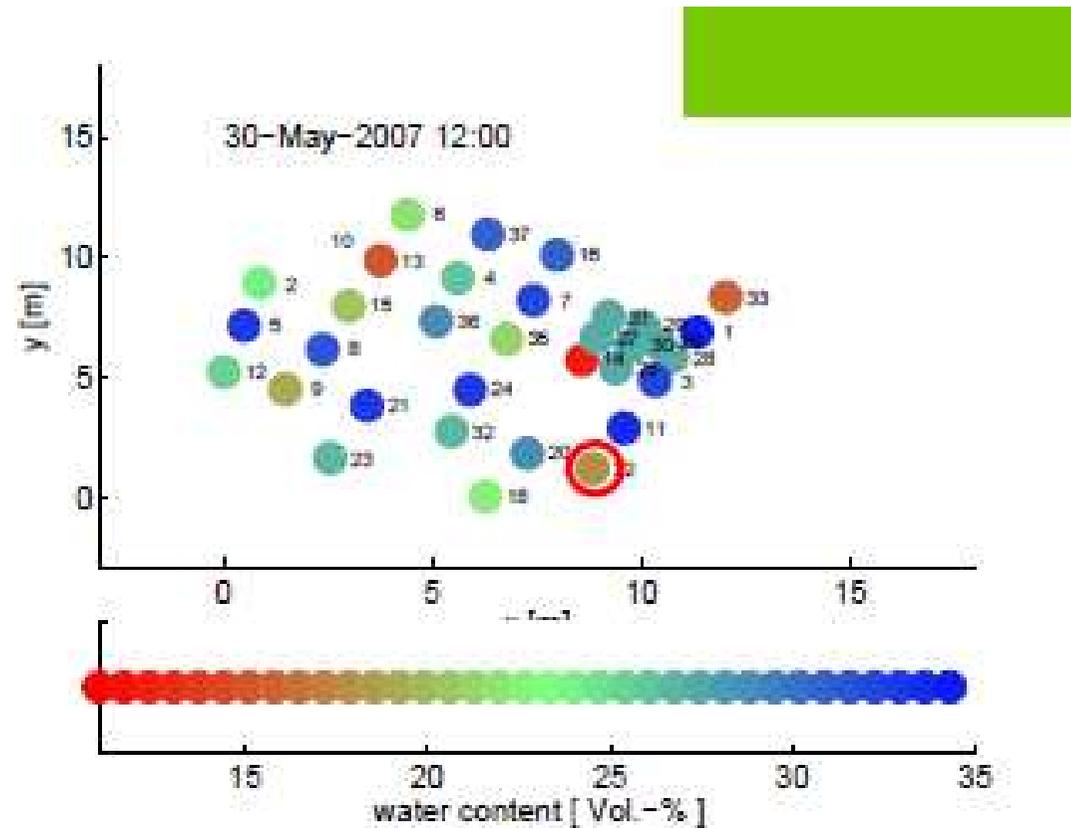


## *Bodenfeuchte: STDR-Anlage Rehefeld (Weißeritz)*



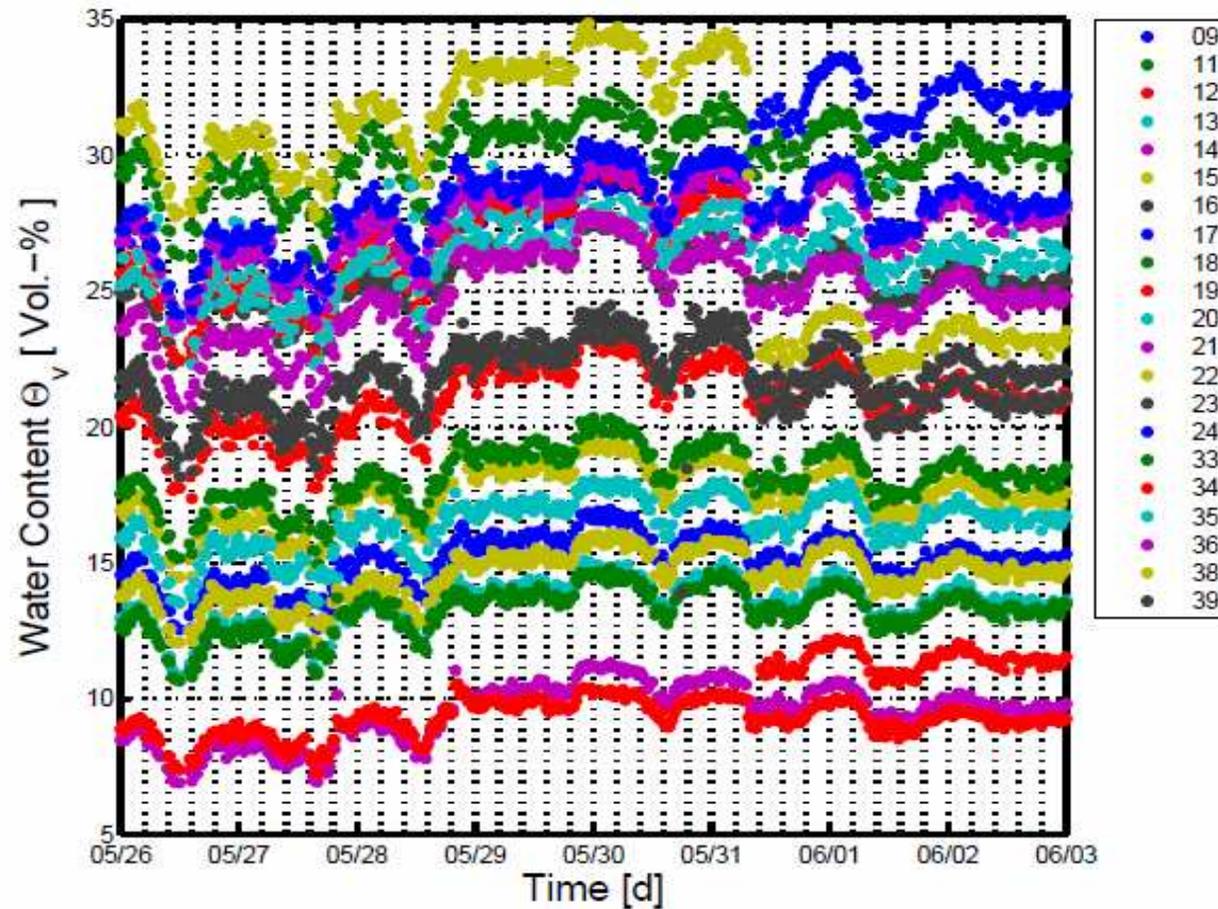
*Gräff, Bauer, Morgner (UP)*

## Bodenfeuchte: STDR-Anlage Rehefeld (Weißeritz)



Gräff, (UP)

## Bodenfeuchte: STDR-Anlage Rehefeld (Weißeritz)

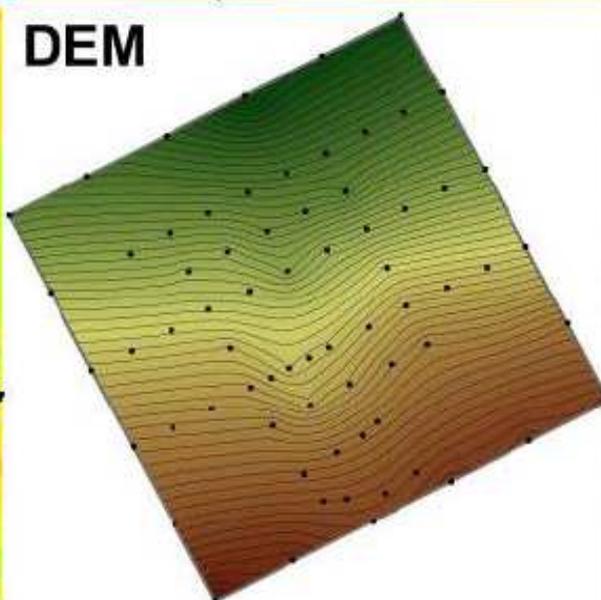
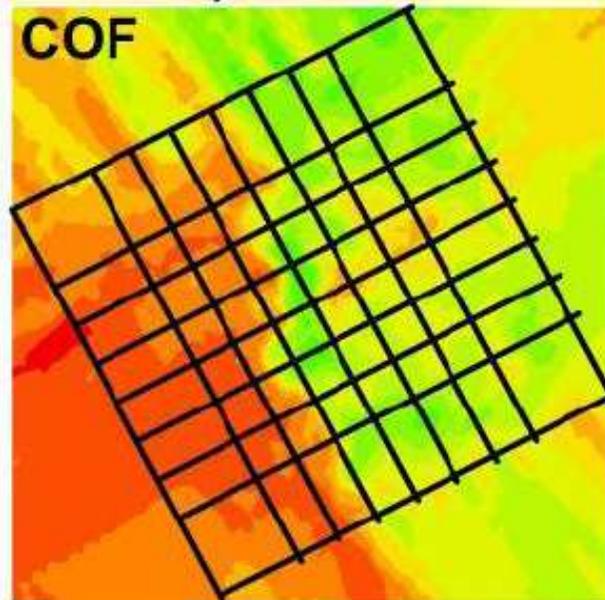
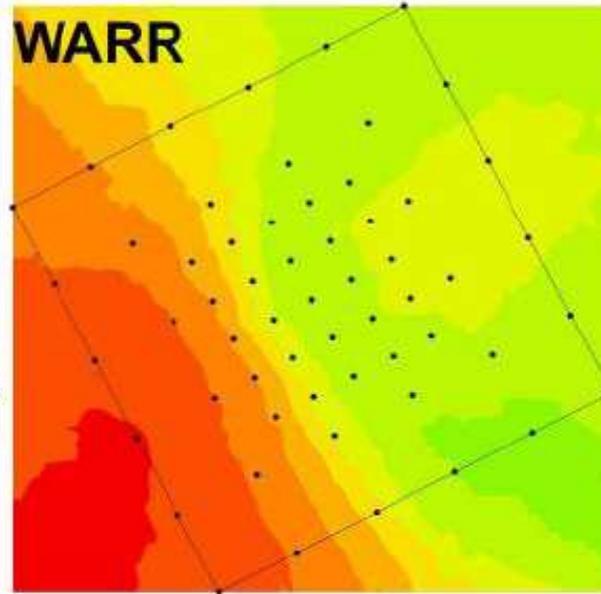
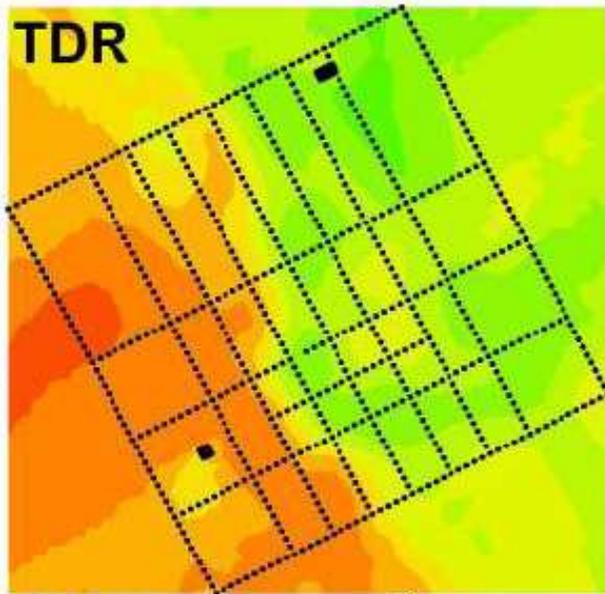


Gräff, (UP)

## *Beispiel: Bodenradarmessungen (Weißeritz)*



**Creutzfeldt, Thoss (GFZ)**



**WSD COF**

**Theta [%]**



**WSD WARR**

**Soil Moisture [%]**



**WSD TDR**

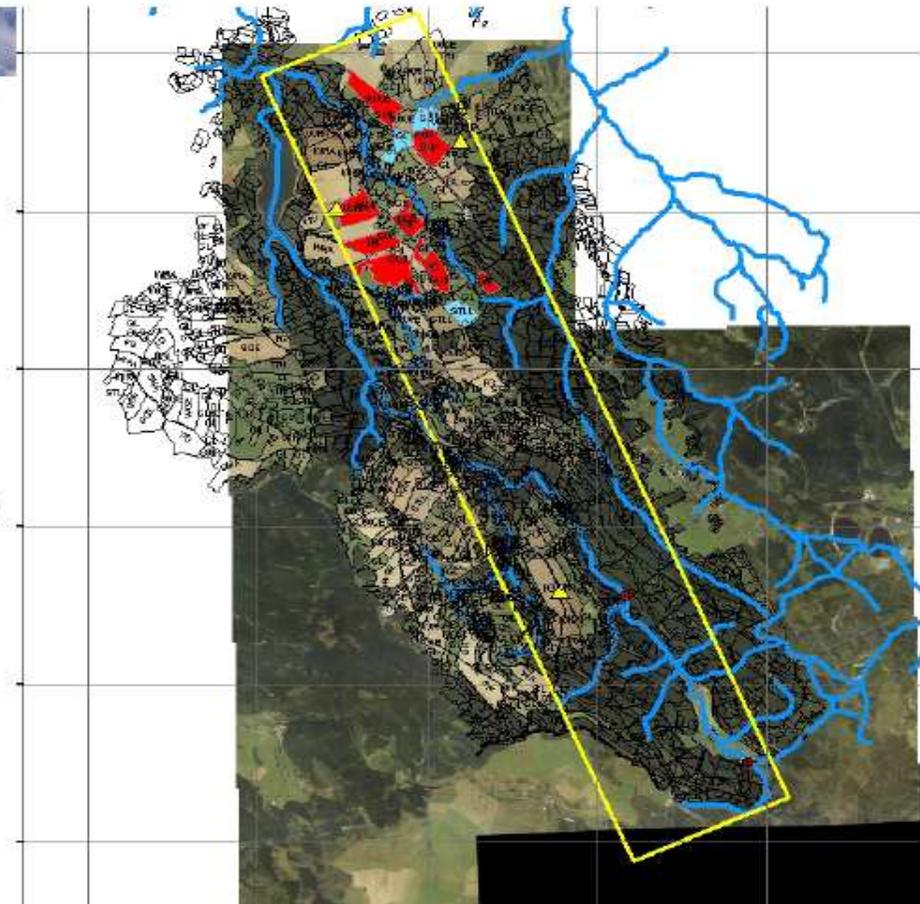
**Soil Moisture [%]**



## Erkundung der BF mittels flugbasierter Radar-Messung

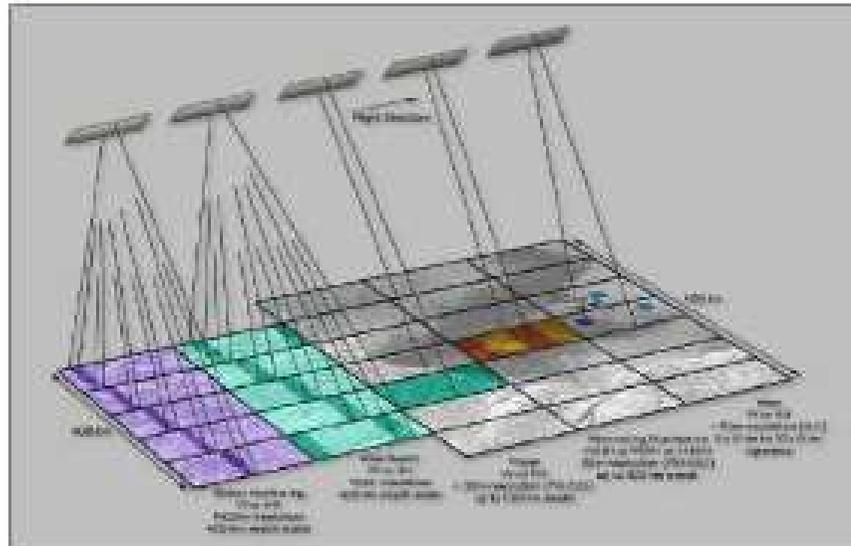
### E-SAR flight strip over Weisseritz

- Flight location: Weißeritz
- Length of flight strip: 16.3 km
- Width of flight strip: 3.0 km
- E-SAR modes:
  - X-band (2x single pass InSAR)
  - C-band (3x dual pol InSAR)
  - L-band (4x quad pol dual baseline)
  - P-band (4x quad pol dual baseline)
- Number of flight strips: 20



## ENVISAT ASAR

### Erfassung der Bodenfeuchte mit Satellitenradardaten



Agency	European Space Agency
Frequency	C-band
Polarization	HH or VV or HH/HV or VV/VH
Ground Resolution	15 to 1000 m
Acquisition Modes	Stripmap (Image), AP, ScanSAR (Wide Swath, Globe)
Swath	100 to 405 km
Repeat cycle	35 days
Launch	2001
Further Information	<a href="http://www.esa.int">http://www.esa.int</a>

Itzerött (GFZ)

## *Bodenfeuchte: Schneemessung (Weißeritz)*



*Reusser, Gräff, Bauer (UP)*

HW-Vorhersage in kleinen Gebirgseinzugsgebieten

Niederschlags-  
Vorwarnung

Niederschlags-  
schätzung

VZP

Abfluss-  
Simulation

Abfluss-  
Vorhersage



HW-Vorhersage in **kleinen** Gebirgseinzugsgebieten

Niederschlags-  
Vorwarnung

Niederschlags-  
schätzung

VZP



Prozess-orientiertes NA-Modell

HW-Vorhersage in kleinen Gebirgseinzugsgebieten

Niederschlags-  
Vorwarnung

Niederschlags-  
schätzung

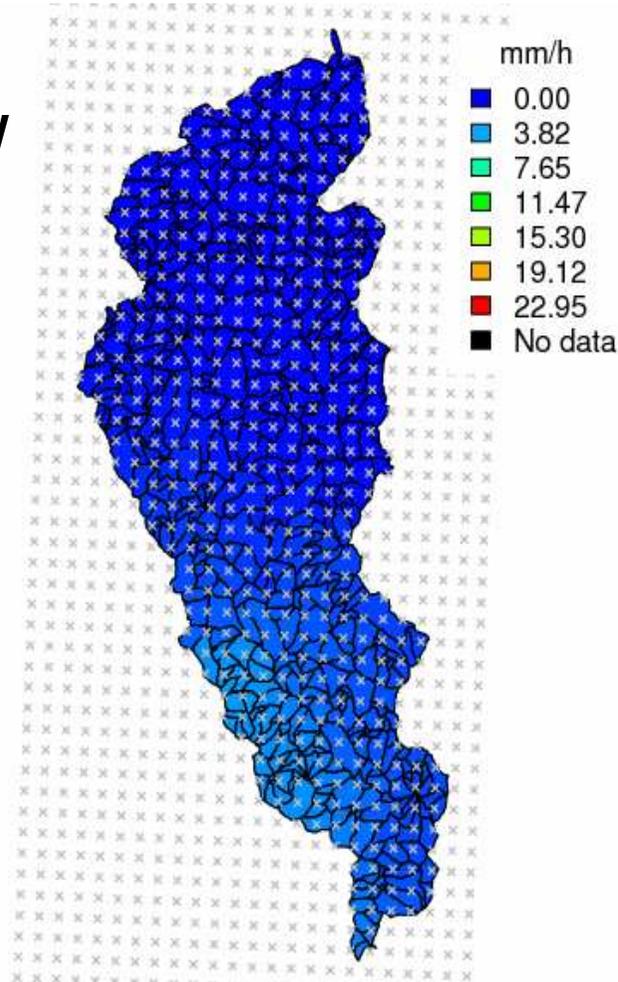
VZP

Prozess-orientiertes NA-Modell

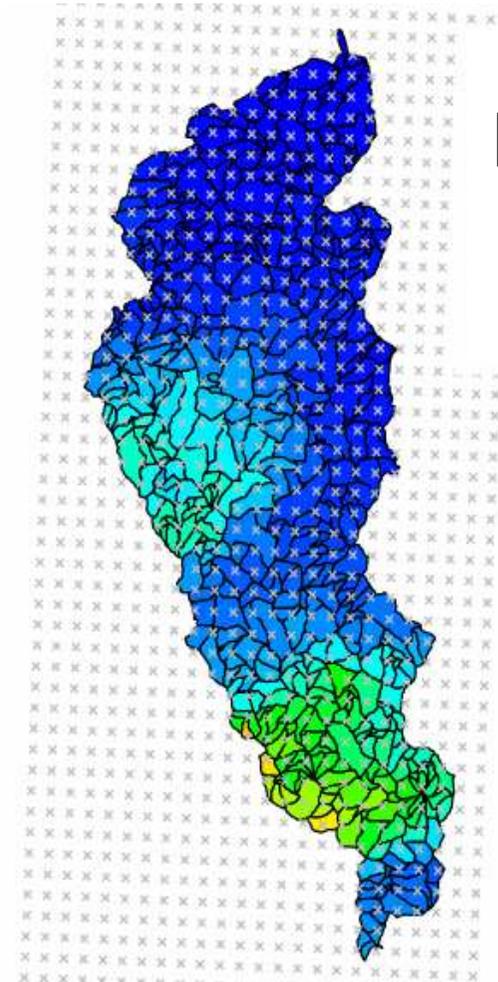
# Räumlich verteilte Bestimmung von Starkniederschlägen (AP2.1)

Weißeritz, 2006-06-16 14-15<sup>00</sup>UTC

IDW



Merging



# Relevante hydrologische Prozesse bzgl. Abflussbildung bei Starkregen (AP 3.1, 3.3)

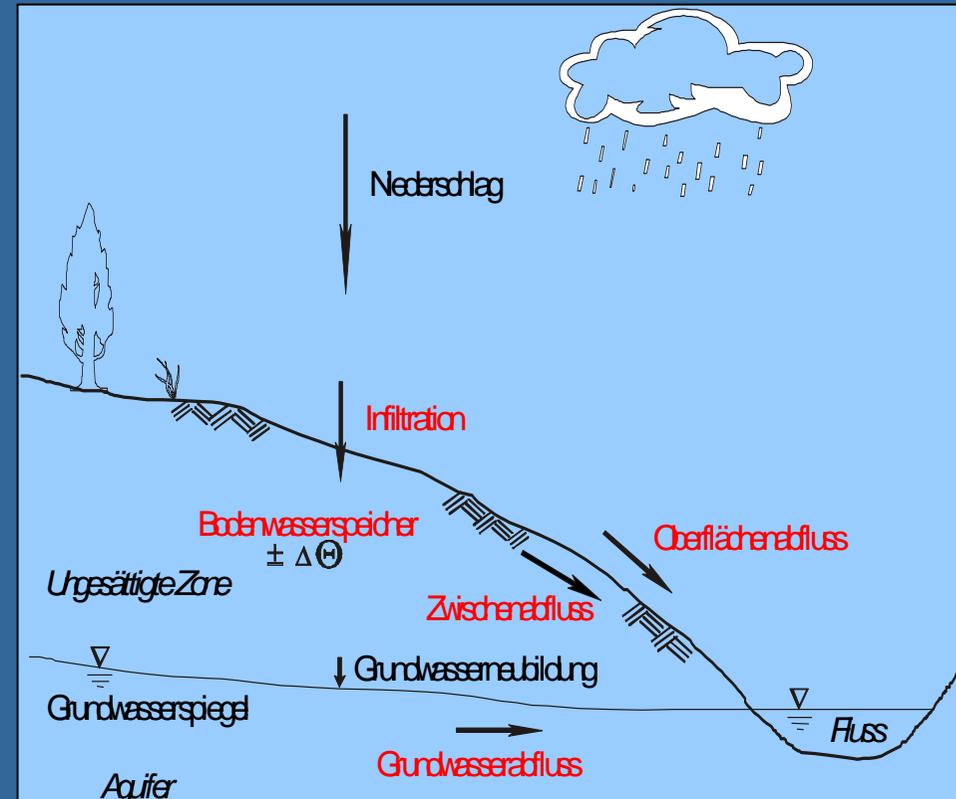
☞ **Infiltrationsüberschuss** ("Hortonian runoff")  
(lokal - regional; stündlich - täglich)

☞ **Sättigungsüberschuss**  
(regional; täglich - wöchentlich)

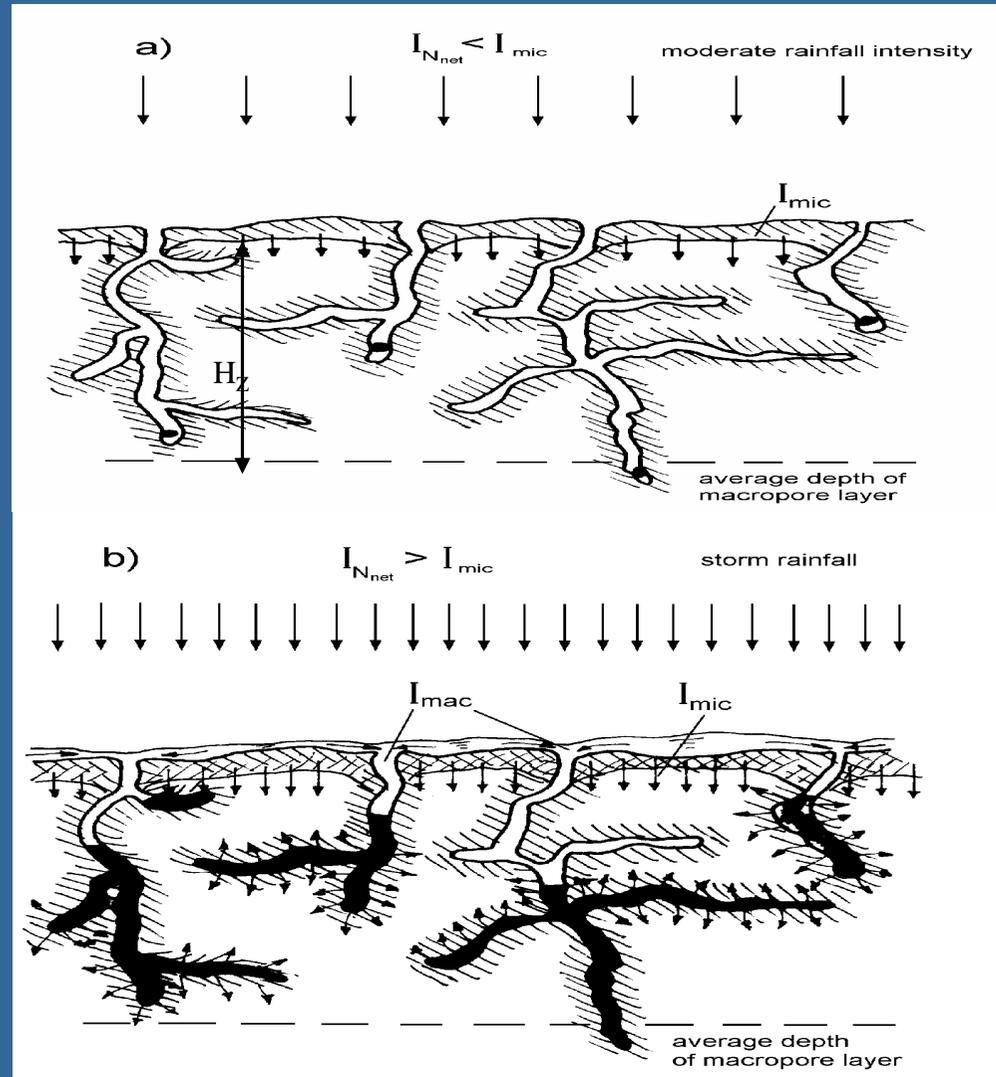
☞ **Zwischenabfluss und schnelle Grundwasserreaktion**  
(regional; täglich - wöchentlich)

☞ **Wasserrückhalt im Gebiet**  
(regional; stündlich - wöchentlich)

☞ **Schneesmelze**  
(regional; täglich - wöchentlich)

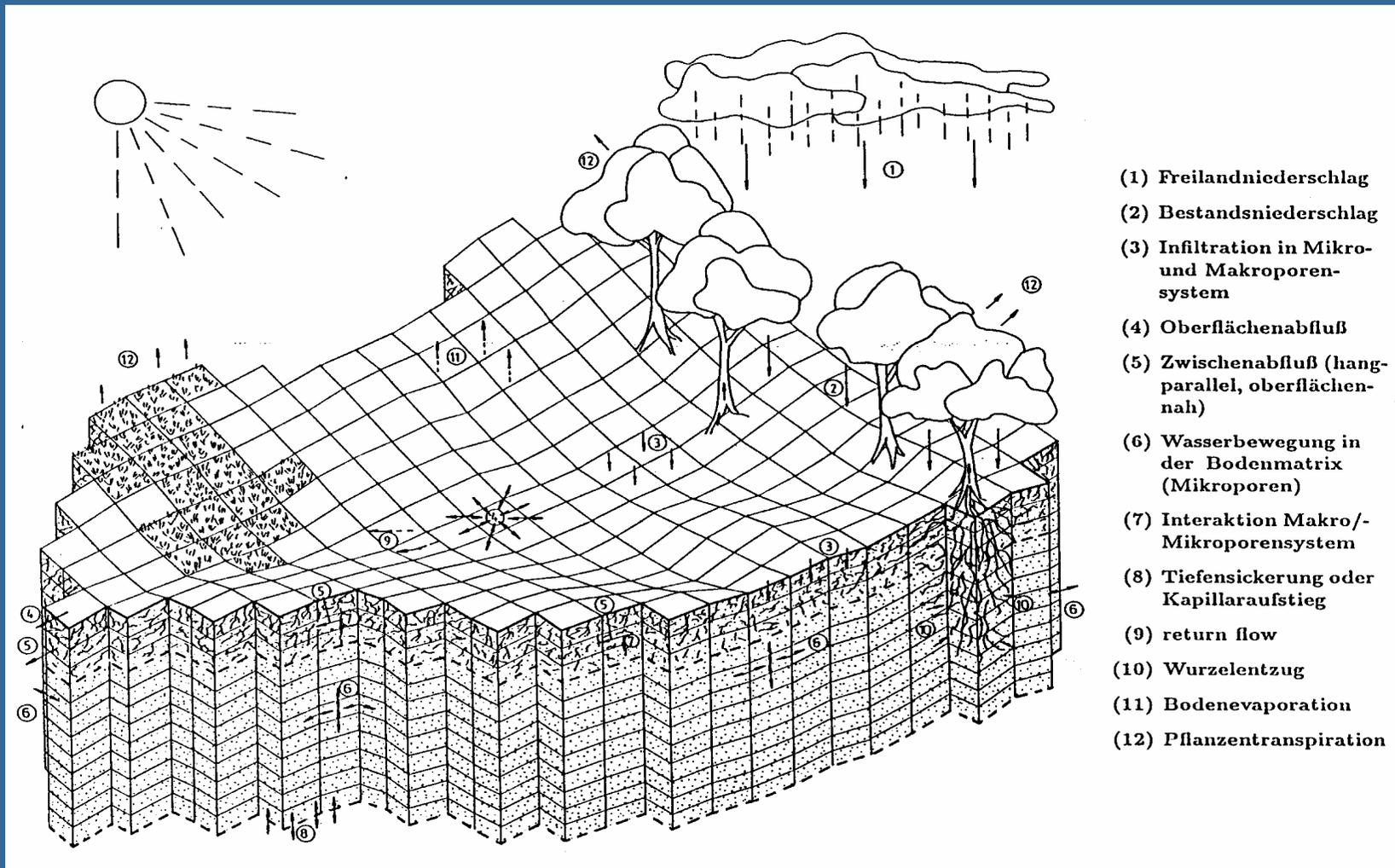


## Detail: Infiltration in ein doppel-porösen Boden



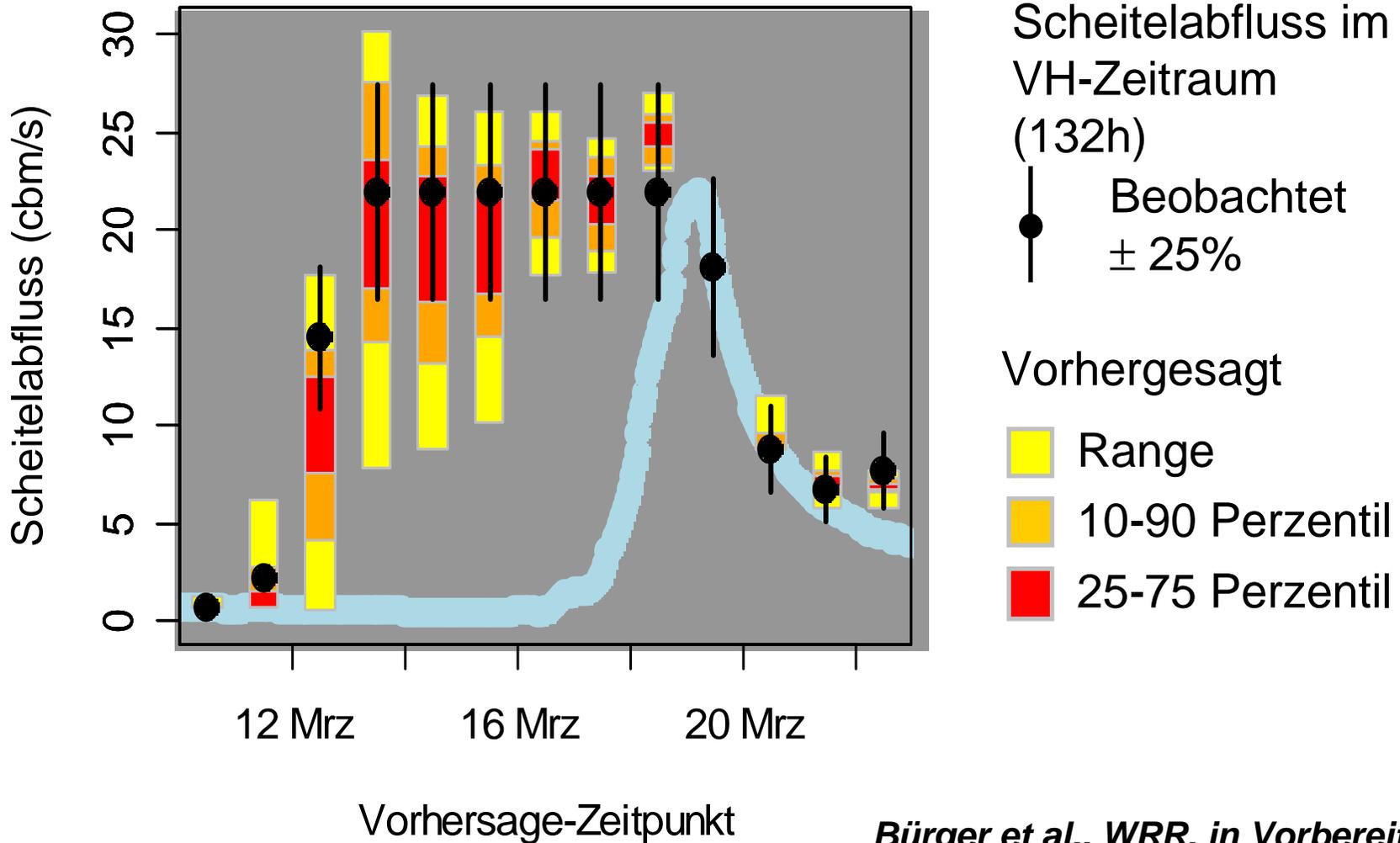
(Bronstert, 1999, HP )

# Prozess-orientierte hydrologische Modellierung (AP 3.1)

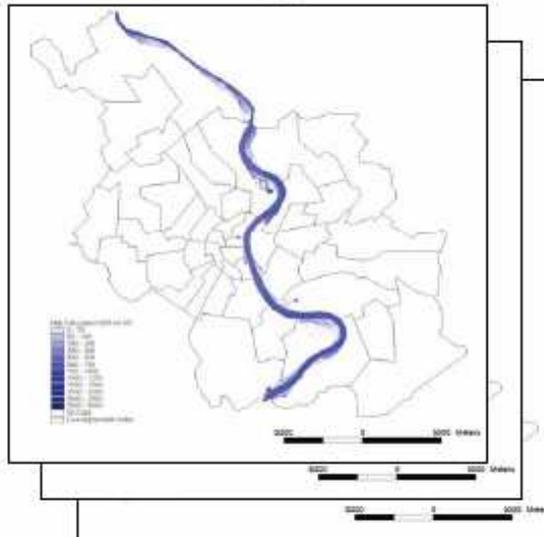


**Schema Hillflow-3D** (Bronstert & Plate 1997, *Journal of Hydrology*)

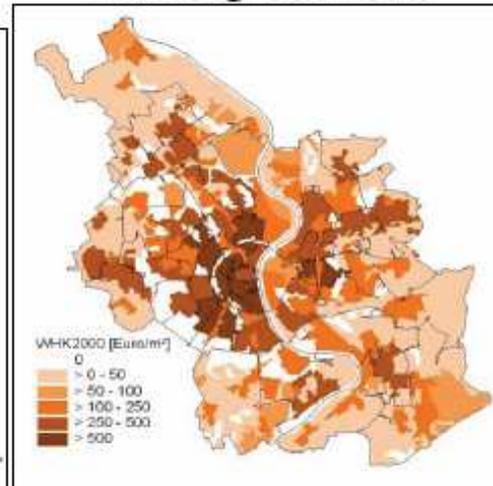
## Beispiel: Frühjahrshochwasser 2005: Pegel Ammeldorf, Weißeritz



## 1. Überflutungsszenarien

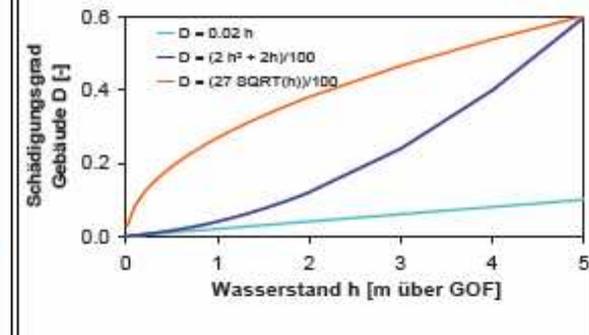


## 2. Landnutzung und Vermögenswerte



## 3. Relatives Schadensmodell

### Beispiel: Schädigung von Wohngebäuden



↓  
Geschätzter Schaden

**9:00** Begrüßung, *M. Barth, Präsidentin der LUBW, Karlsruhe*

**9:10** Einführung, *A. Bronstert, Potsdam & E. Zehe, München*

## Schwerpunkt 1: Vorhersage des Niederschlages

**9:30** Einführungsreferat - Niederschlagsradar zur Hochwasservorhersage, *M. Borga, Padua*

**- Kaffeepause: 10:15 – 10.45 Uhr -**

**10:45** Lang – und mittelfristige Niederschlagswarnung, *A. Bárdossy, Stuttgart & G. Bürger, Potsdam*

**11:25** Radarbasierte Niederschlagsschätzung und -vorhersage, *M. Heistermann, Potsdam*

**-Mittagspause: 12:05 – 13.05 Uhr -**

## Schwerpunkt 2: Vorhersage des Abflusses

**13:00** Einführungsreferat - Operationelle Hochwasservorhersage im Gebirge - Praxisbericht, *M. Bremicker, Karlsruhe & U. Ehret, München*

**13:40** Abflussvorhersage auf Basis von Starkniederschlagswarnung (mit Unsicherheit), *D. Reusser, Potsdam*

**14:20** Nutzen von Radarinformationen und Mittelfrist- Niederschlagsvorhersagen für die Abflussvorhersage, *D. Kneis, Dresden*

**15:00** Abschätzung des Hochwasserrisikos: Vom Abfluss zur Schadenprognose, *H. Kreibich, GFZ*

**15:40** Abschlussdiskussion, *A. Bronstert, Potsdam*

**- Ende: 16:00 Uhr -**

# OPAQUE – Operationelle Abfluss- und Hochwasservorhersage in Quellgebieten



*Willkommen!*