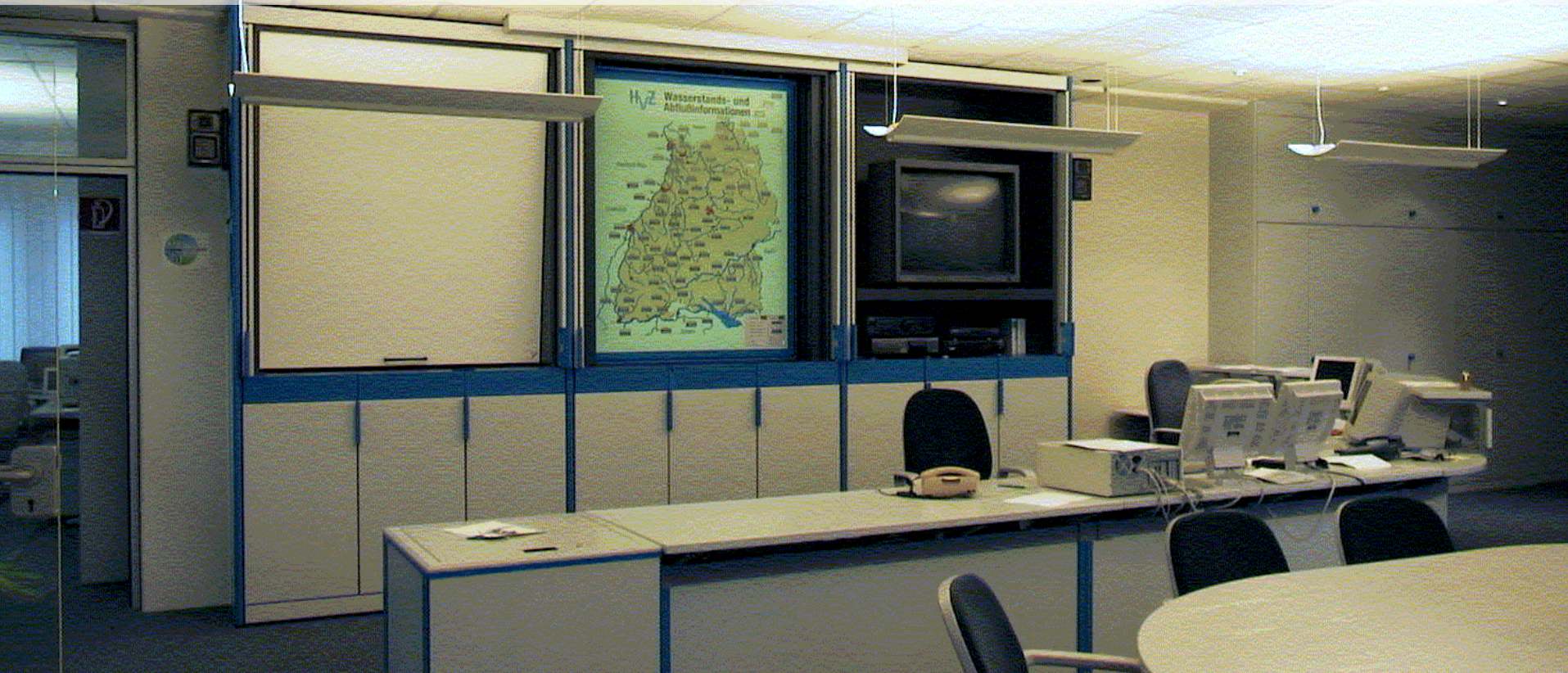


# Operationeller WHM-Betrieb in der LUBW sowie Modellneuerungen



**Dr. Manfred Bremicker**

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg  
76185 Karlsruhe, Griesbachstr. 1

- **Operationeller Modellbetrieb in BW**
- **LARSIM-Neuerungen:**
  - Meteorologisches Interpolationsverfahren
  - Berücksichtigung hydrogeologischer Information

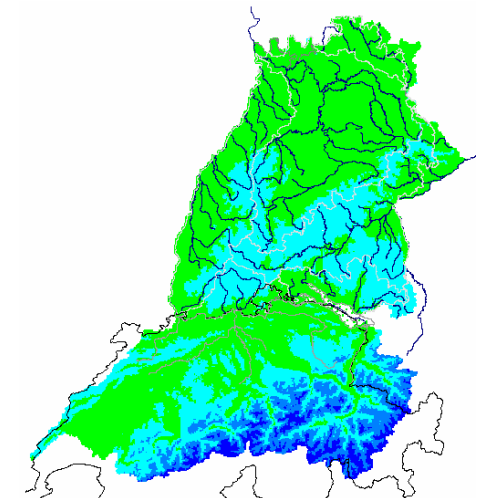
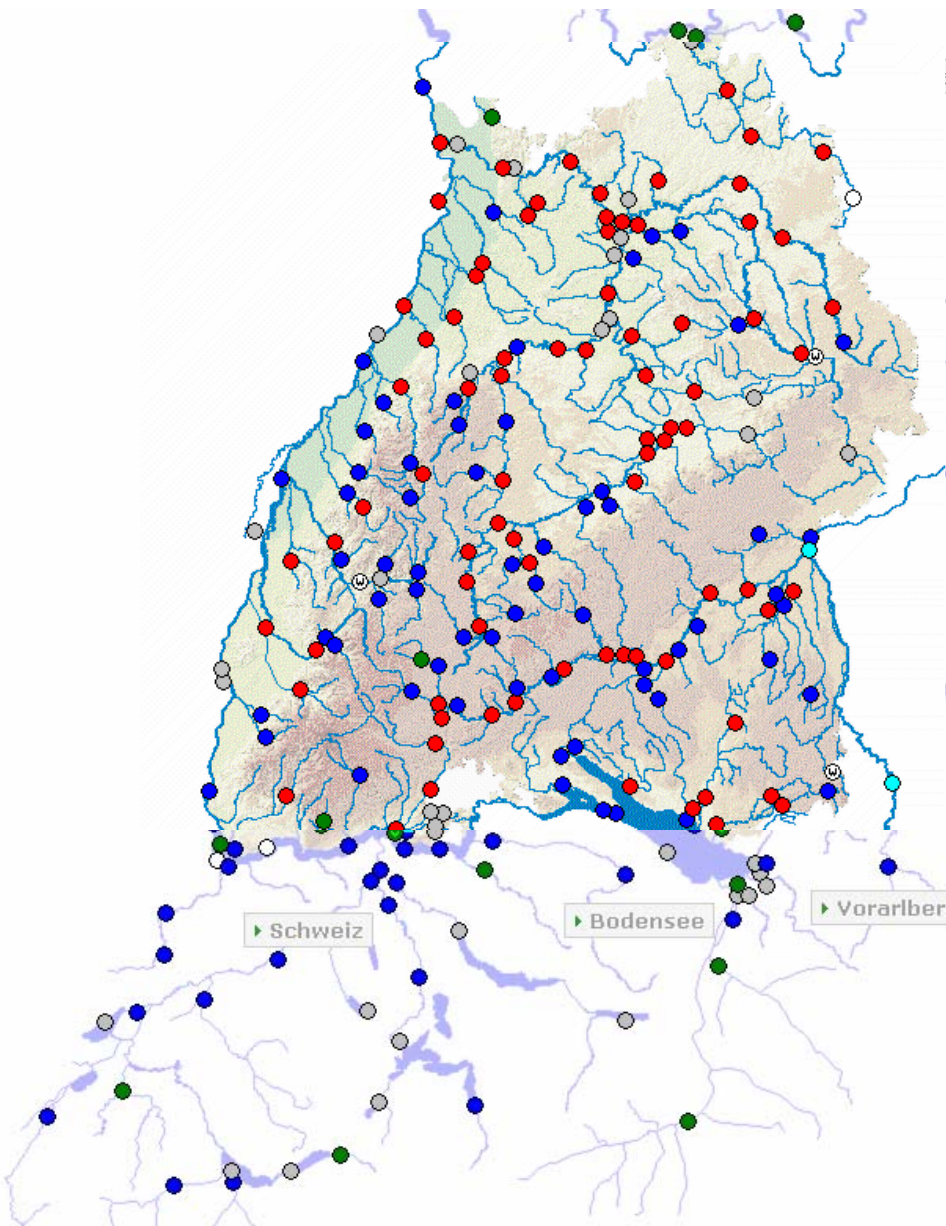


# Übersicht der op. WHM-Modelle, derzeitige Nutzung

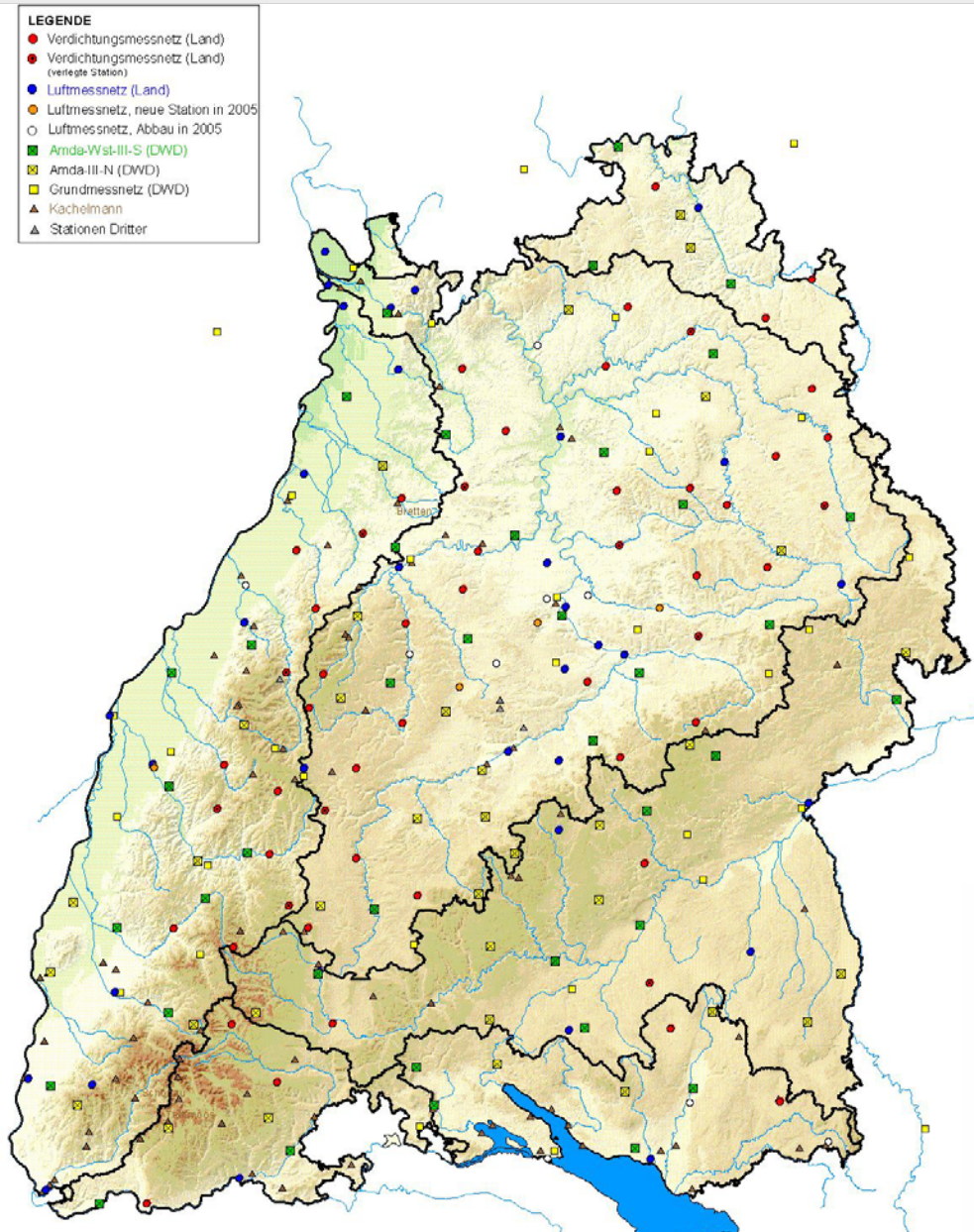
**gesamte Landesfläche plus HR über Wasserhaushaltsmodelle abgedeckt**

## **Täglicher Routinebetrieb:**

- ✓ Vorhersage für rund 90 Pegel (mit EZG ab 150 qkm)
- ✓ Simulation und Vorhersage der Schneedecke
- ✓ Vorhersage der Wassertemperaturen im Neckar



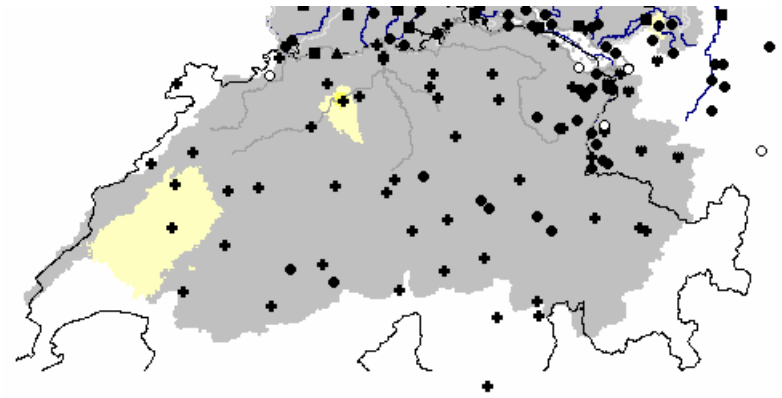
# Wasserhaushaltsmodelle: Dateninput



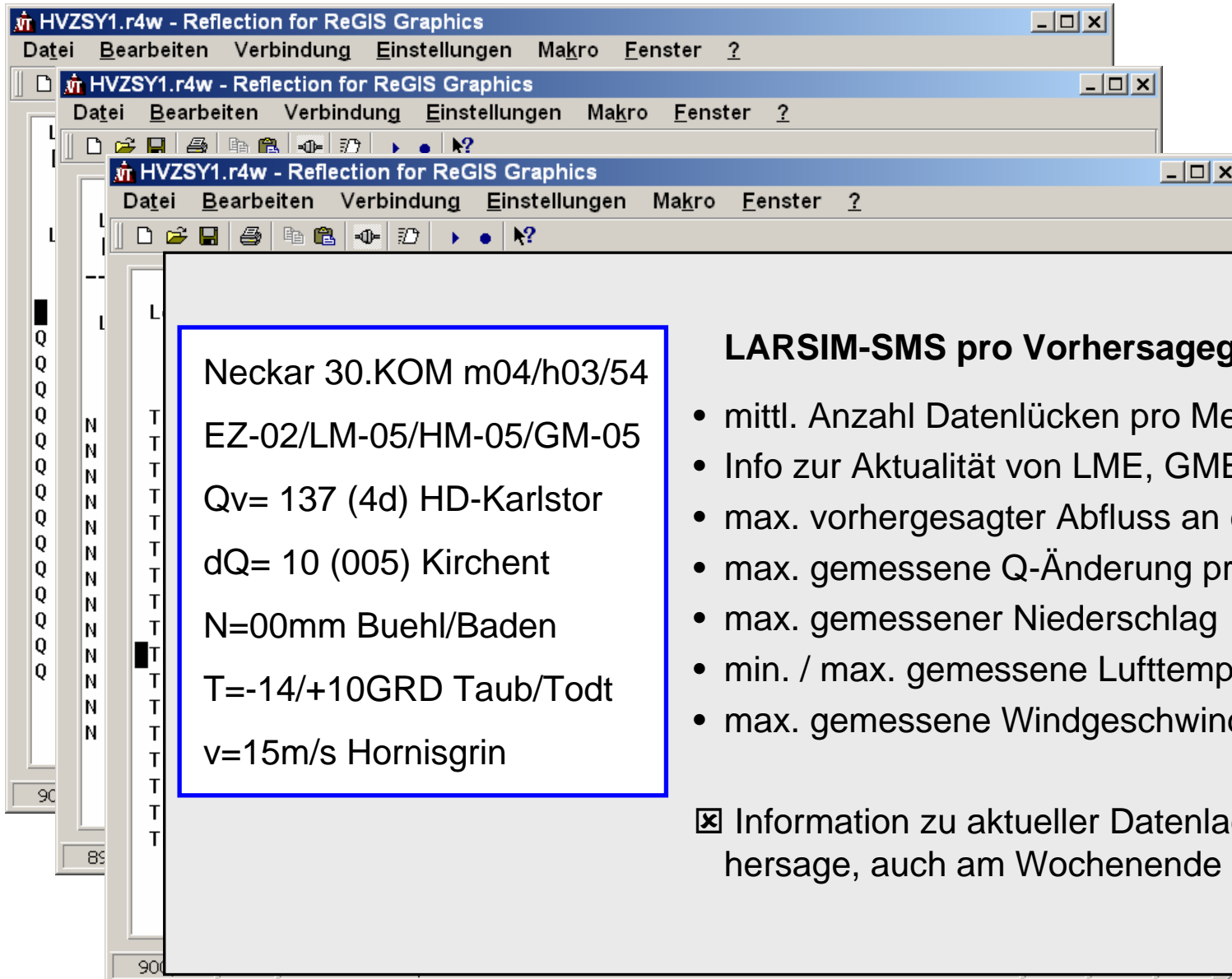
## Anbindung an Online-Messnetze (DWD, Land, Meteomedia, MeteoSwiss, AVLIR):

Niederschlag (~ 320 Stationen)  
Lufttemperatur (~ 210)  
Windgeschwindigkeit (~130)  
Globalstrahlung (~90)  
Luftfeuchte (~170)  
Luftdruck (~60)

**Daten von insgesamt ca. 1.000  
Wettersensoren**



# Log-Dateien zur Datenlage

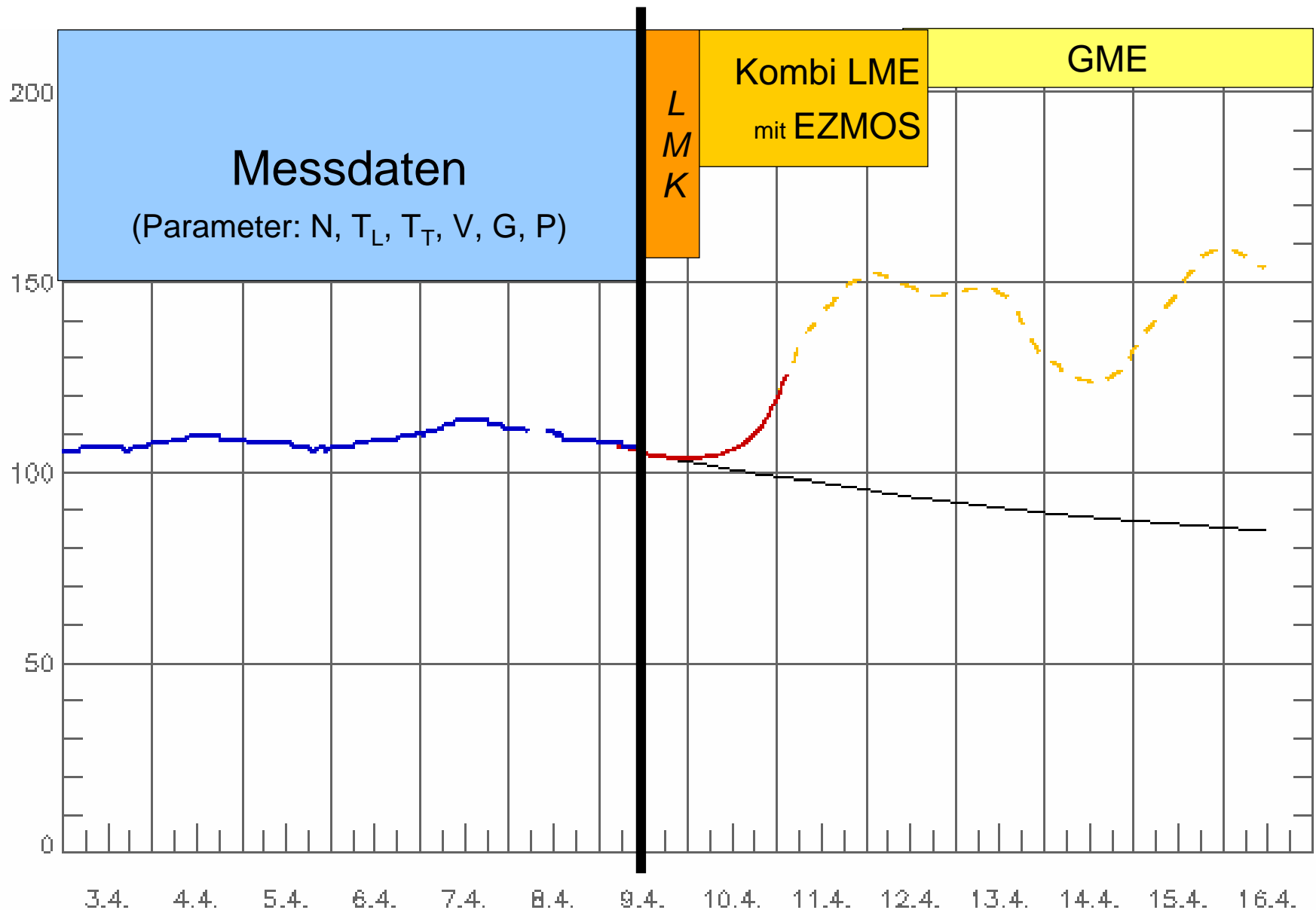


## LARSIM-SMS pro Vorhersagegebiet:

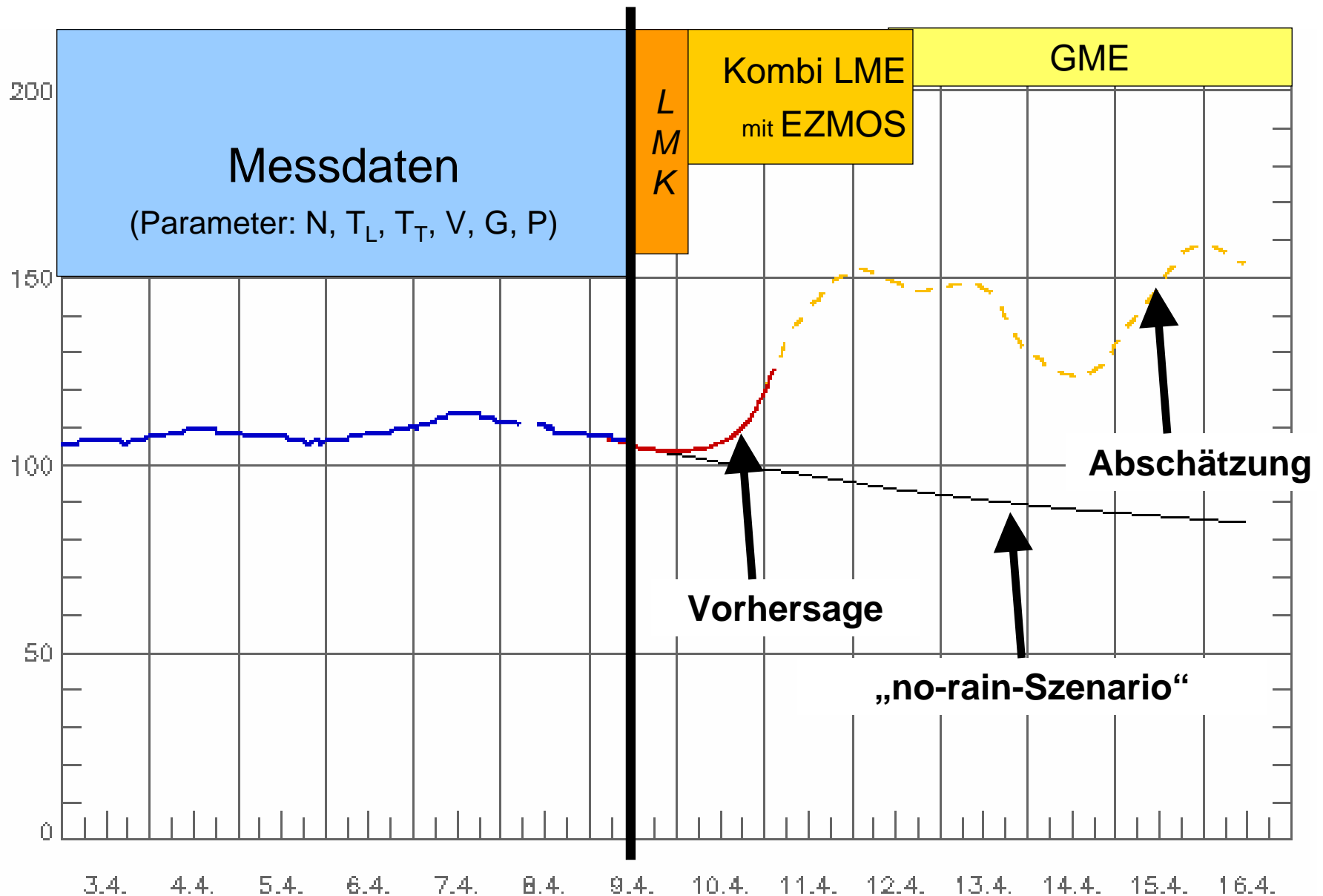
- mittl. Anzahl Datenlücken pro MeteoStat / Pegel
- Info zur Aktualität von LME, GME, EZMOS
- max. vorhergesagter Abfluss an einem Pegel
- max. gemessene Q-Änderung pro Stunde
- max. gemessener Niederschlag
- min. / max. gemessene Lufttemperatur
- max. gemessene Windgeschwindigkeit

☒ Information zu aktueller Datenlage u. Abflussvorhersage, auch am Wochenende und unterwegs

# Einbeziehung meteorologischer Daten

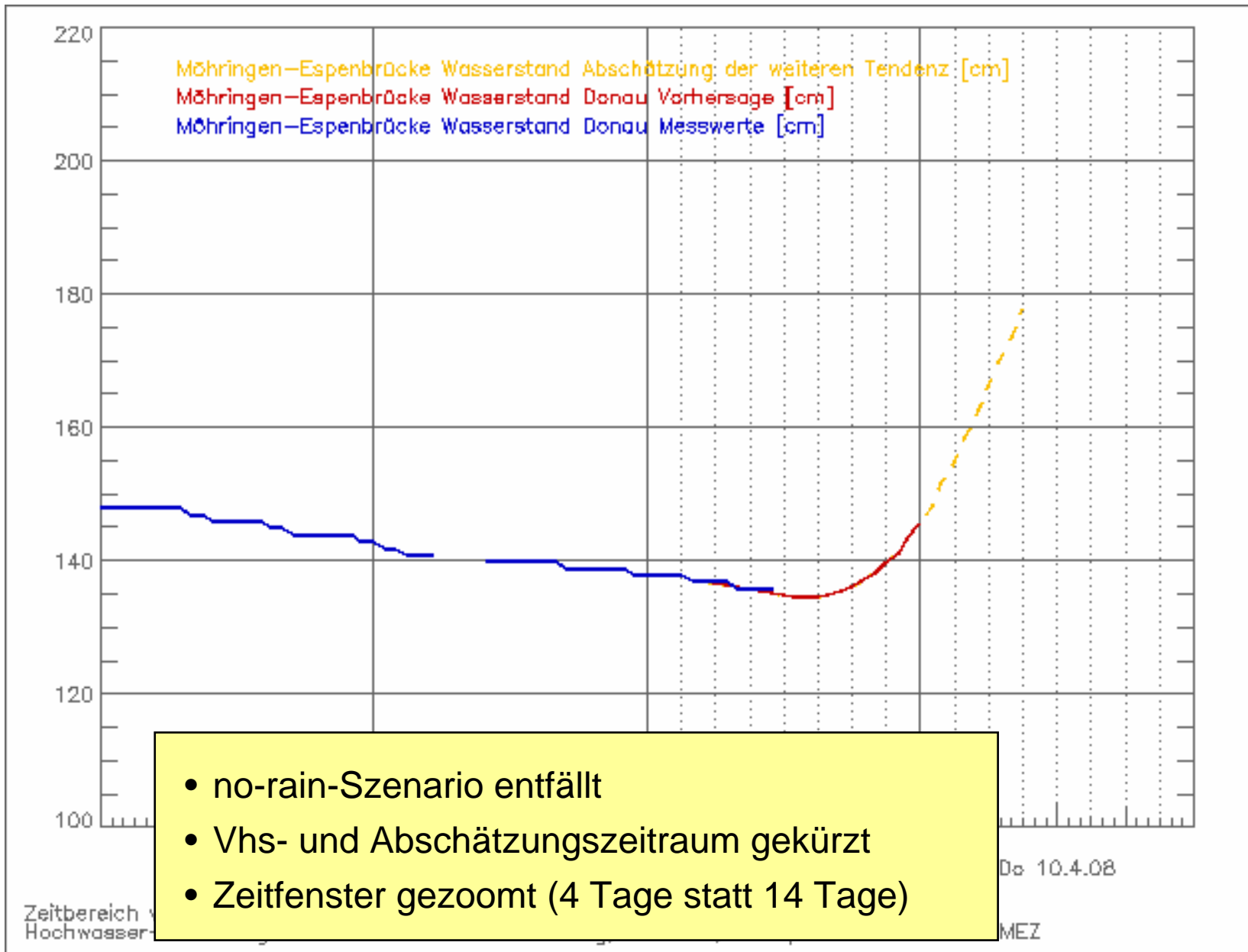


# Einbeziehung meteorologischer Daten / HW-Frühwarnung





# Automatisierte Änderung der Visualisierung bei HW



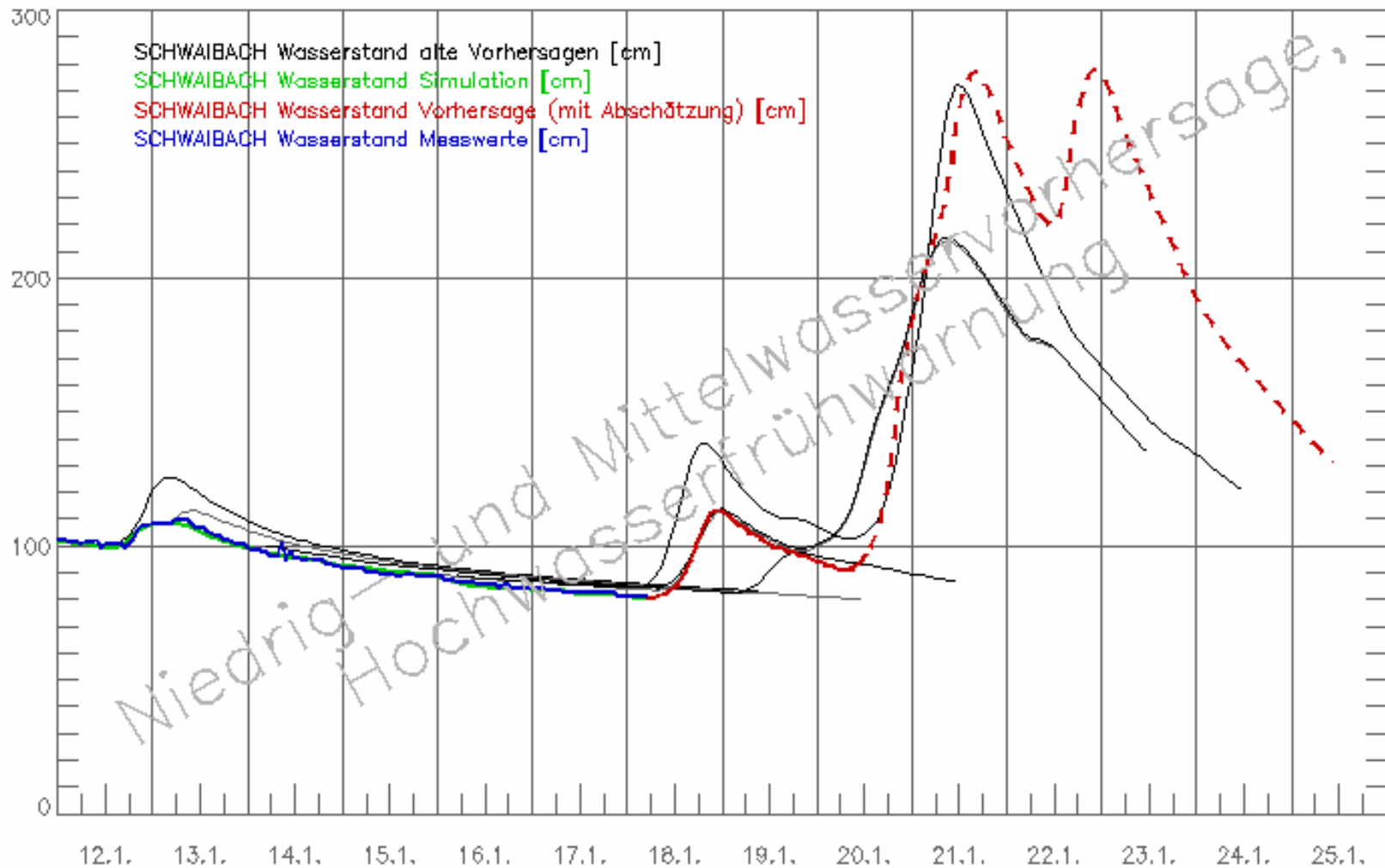


# Zusammenfassung operationeller Merkmale:

## **automatisierte, situationsbezogene Festlegung der:**

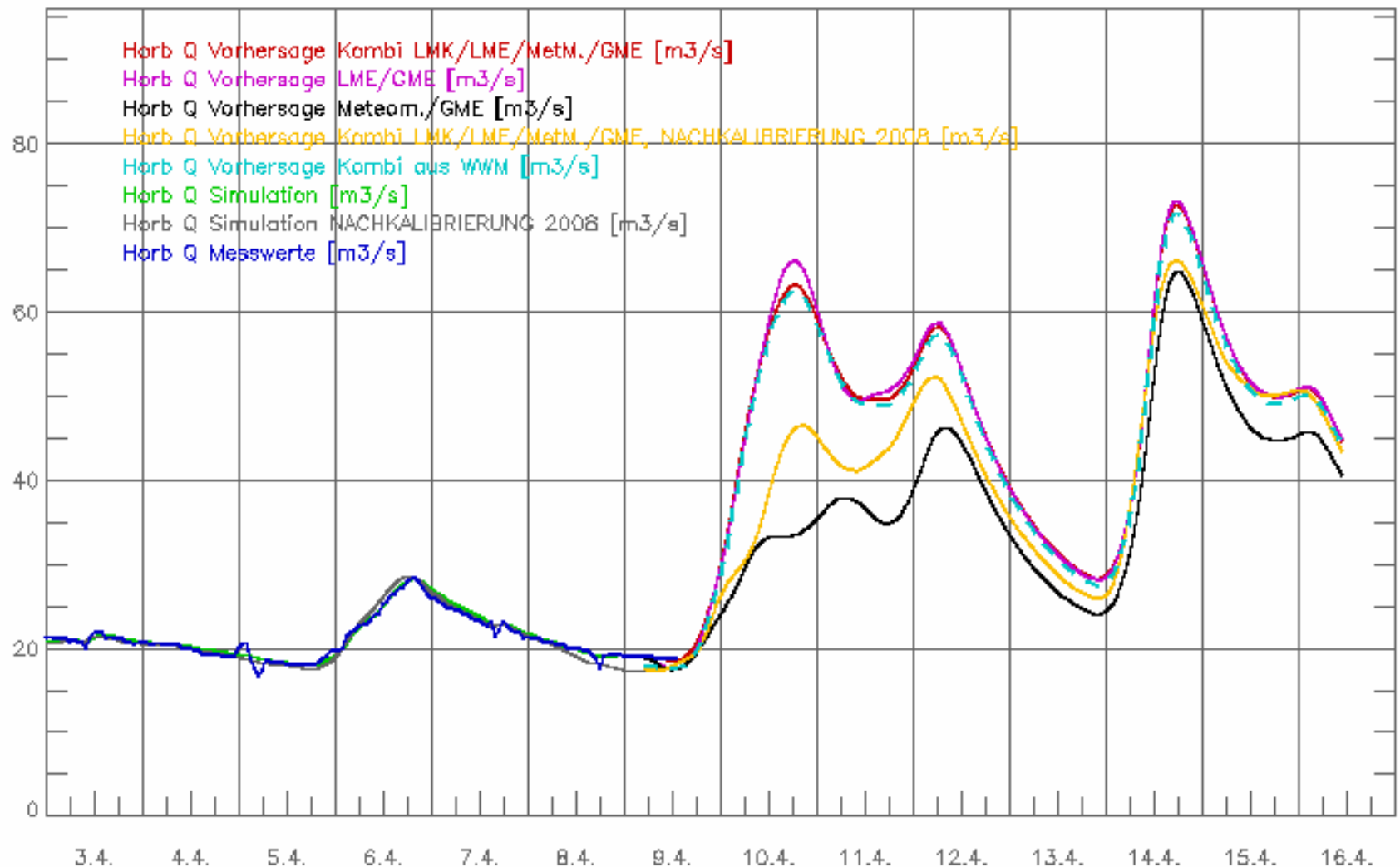
- einzubeziehenden Pegel (Unterscheidung NQ- / HW-Pegel)
- nachzuführenden Modellparameter (GW-Speicher, Interflow-Speicher, ... )
- Länge des Vorhersagezeitraums (bei HW: 2 bis 24 Stunden je nach Pegel)
- Länge des Abschätzungszeitraums (bei NW / MW: 7 Tage )

# Visualisierungen im HVZnet



Überlagerung der Vorhersagen für sieben Vortage ☒ ist der VH-Trend stabil?

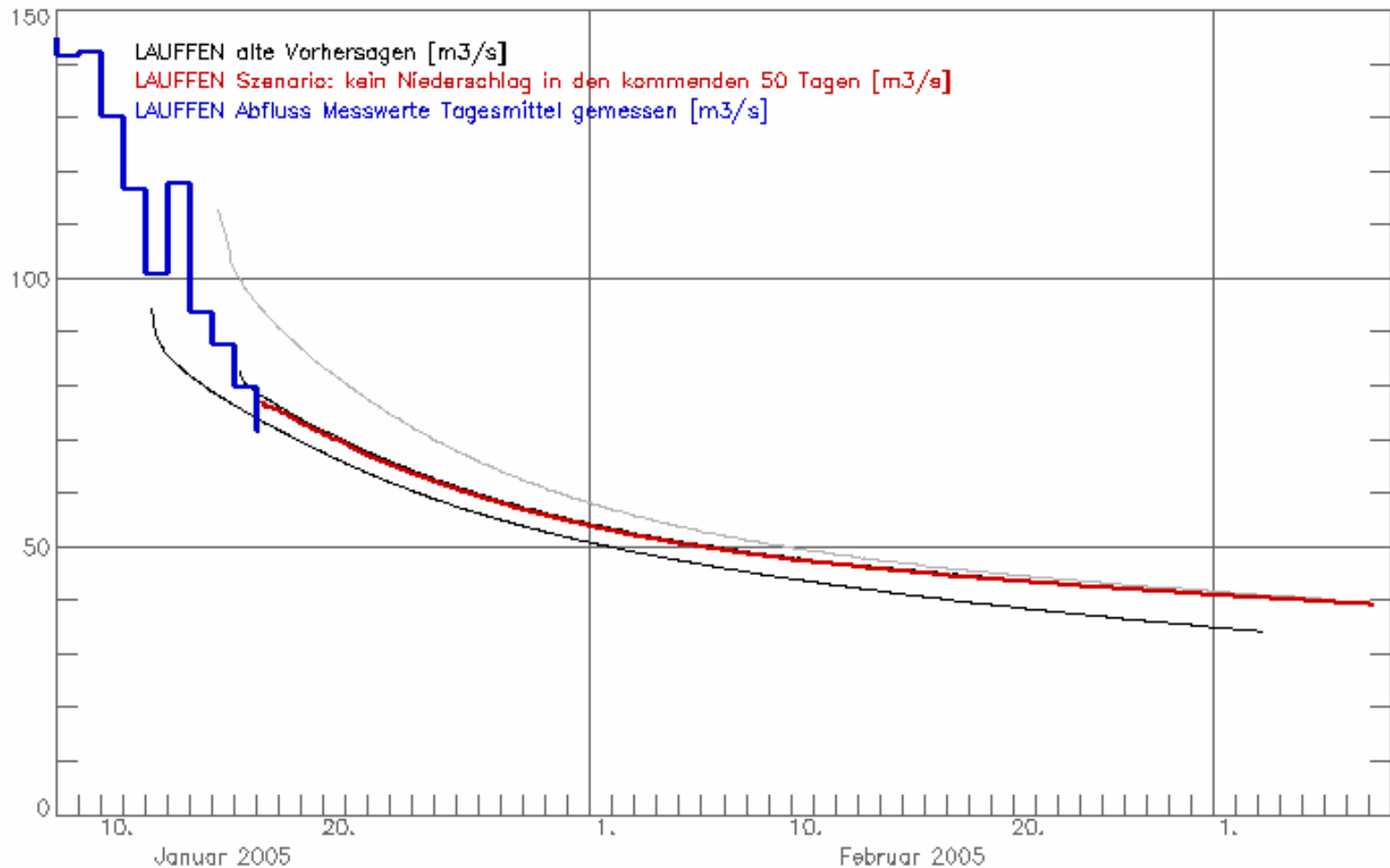
# Visualisierungen im HVZnet



Zeitbereich vom 3.4.2008 bis 16.4.2008 R O H D A T E N (MEZ) ohne Gewähr  
Hochwasser-Vorhersage-Zentrale Baden-Württemberg, Mittwoch, 09. April 2008 15:07:09 MEZ

Hochwasser-Vorhersage-Zentrale Baden-Württemberg, Mittwoch, 09. April 2008 15:07:09 MEZ

# Visualisierungen im HVZnet

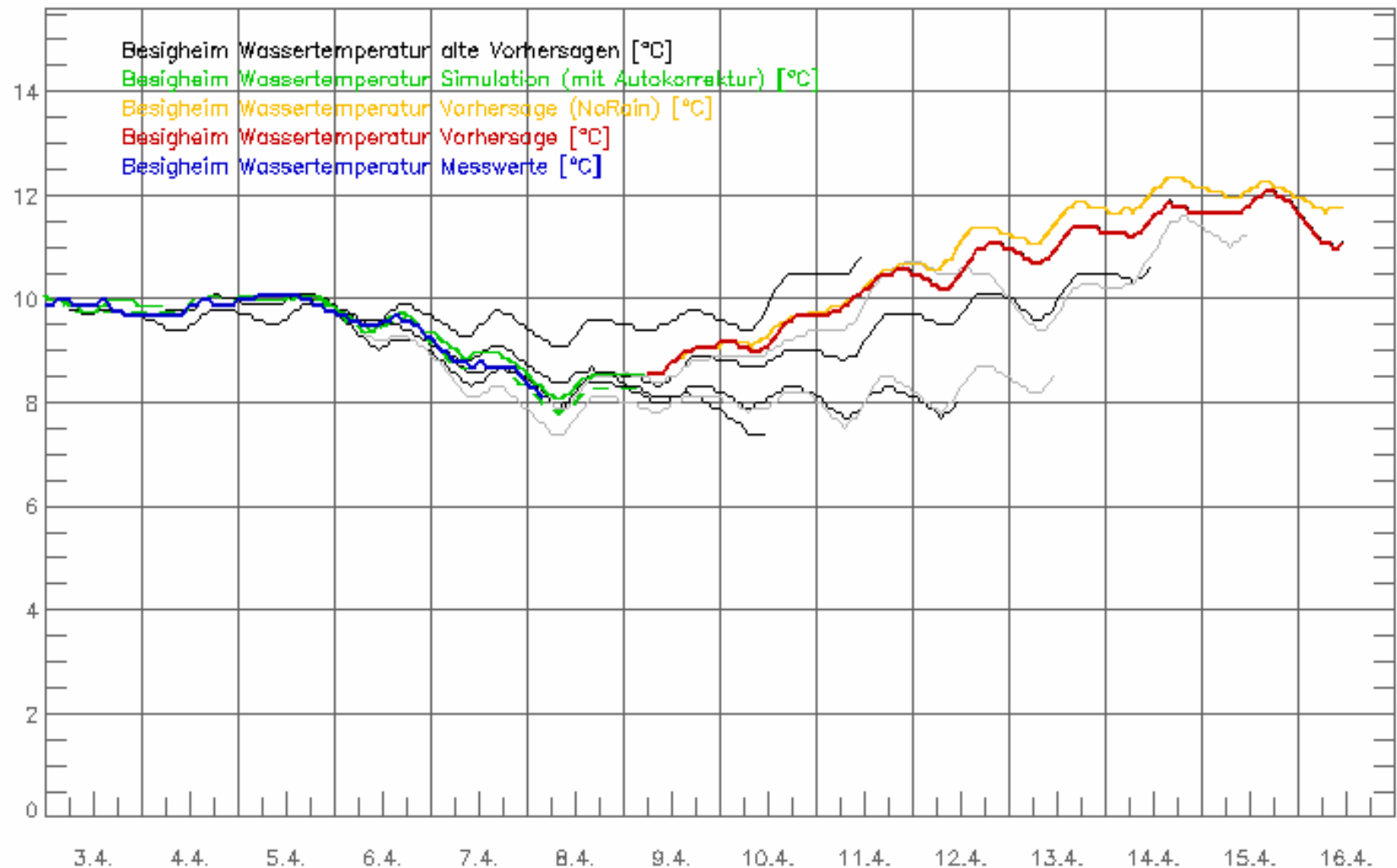


Zeitbereich vom 08.01.2005 bis 08.03.2005 Wasser- und Wärmehaushaltsmodell LARSIM  
Messnetz-Zentrale Wasser LfU Karlsruhe, Dienstag, 18. Januar 2005 10:17:51 MEZ

**worst-case-Vorhersage** für 50 Tage ☒ könnten sich extreme NQ einstellen ?



# Visualisierungen im HVZnet



Zeitbereich vom 3.4.2008 bis 16.4.2008 R O H D A T E N (MEZ) ohne Gewähr  
Hochwasser-Vorhersage-Zentrale Baden-Württemberg, Mittwoch, 09. April 2008 12:12:04 MEZ

# Visualisierungen im HVZnet

**LARSIM-Interpolation meteorolog. Messwerte** ☒ Lagebeurteilung, Plausibilitätskontrolle



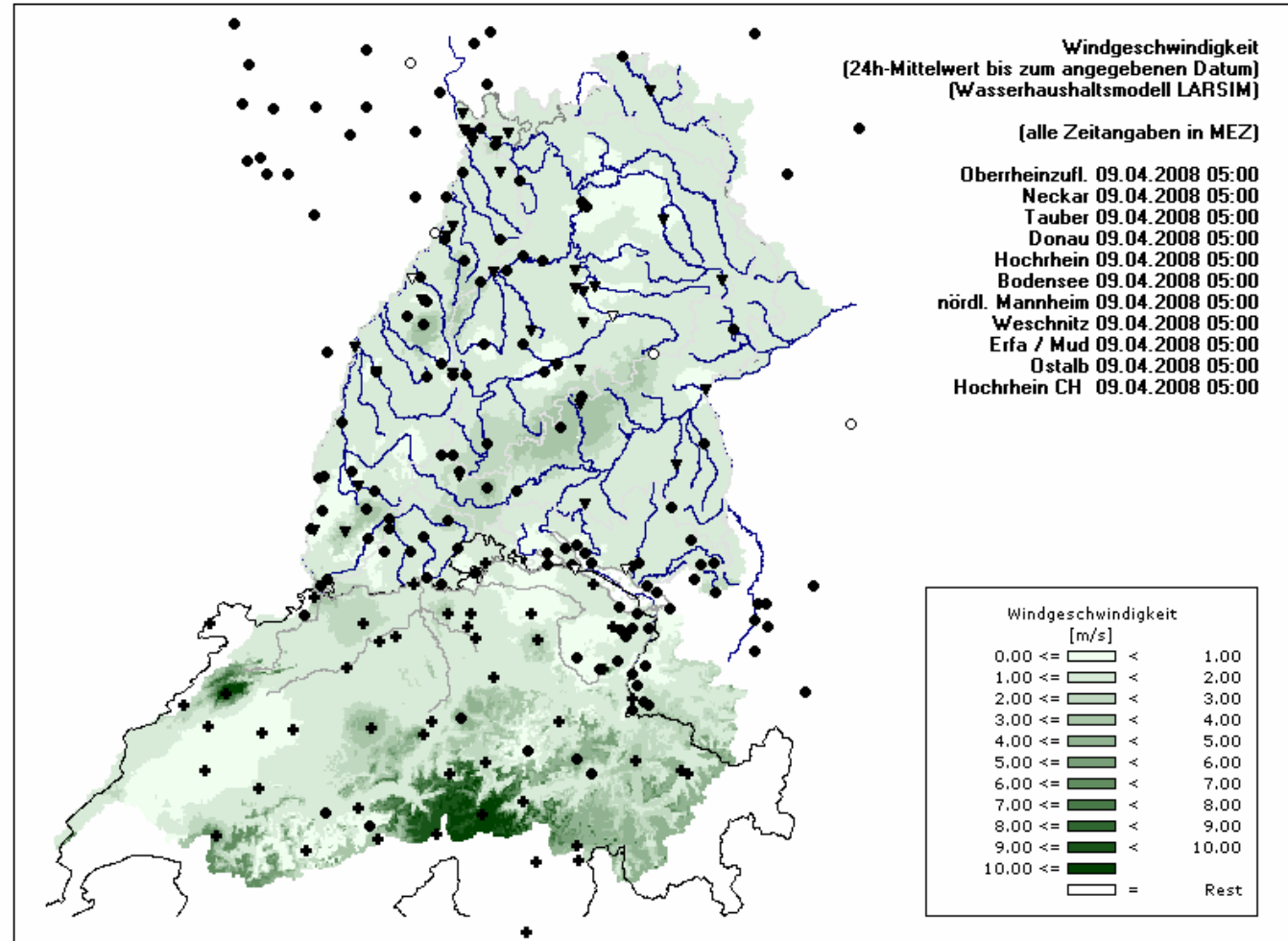
## Flächendarstellung

- ☐ LMK-Vorhersagen
- ☐ LME-Vorhersagen
- ☐ GME-Vorhersagen
- ☐ EZMOS-Vorhersagen
- ☐ LARSIM-Vorhersagen
- ☐ WARNSIM-Frühwarnung
- ☐ LARSIM-Simulationen
- ☐ **Meteo-Messungen**
  - Niederschlagssumme (NSI)
  - Lufttemperatur (TSIM)
  - Windgeschwindigkeit (WIS)
  - Globalstrahlung (GSIM)
  - relative Luftfeuchte (FSIM)
  - Luftdruck (PSIM)
- ☐ SNOW3-Schneedaten
- ☐ Inferno

## Windgeschwindigkeit

☑ ▽ LUBW (Luft.) ☑ • Meteomedia ☑ + MeteoSwiss

(□=Ausfall bzw. Messwert zu alt, ■=Messwert ist aktuell, Messwert-Info=Mauszeiger über Station)



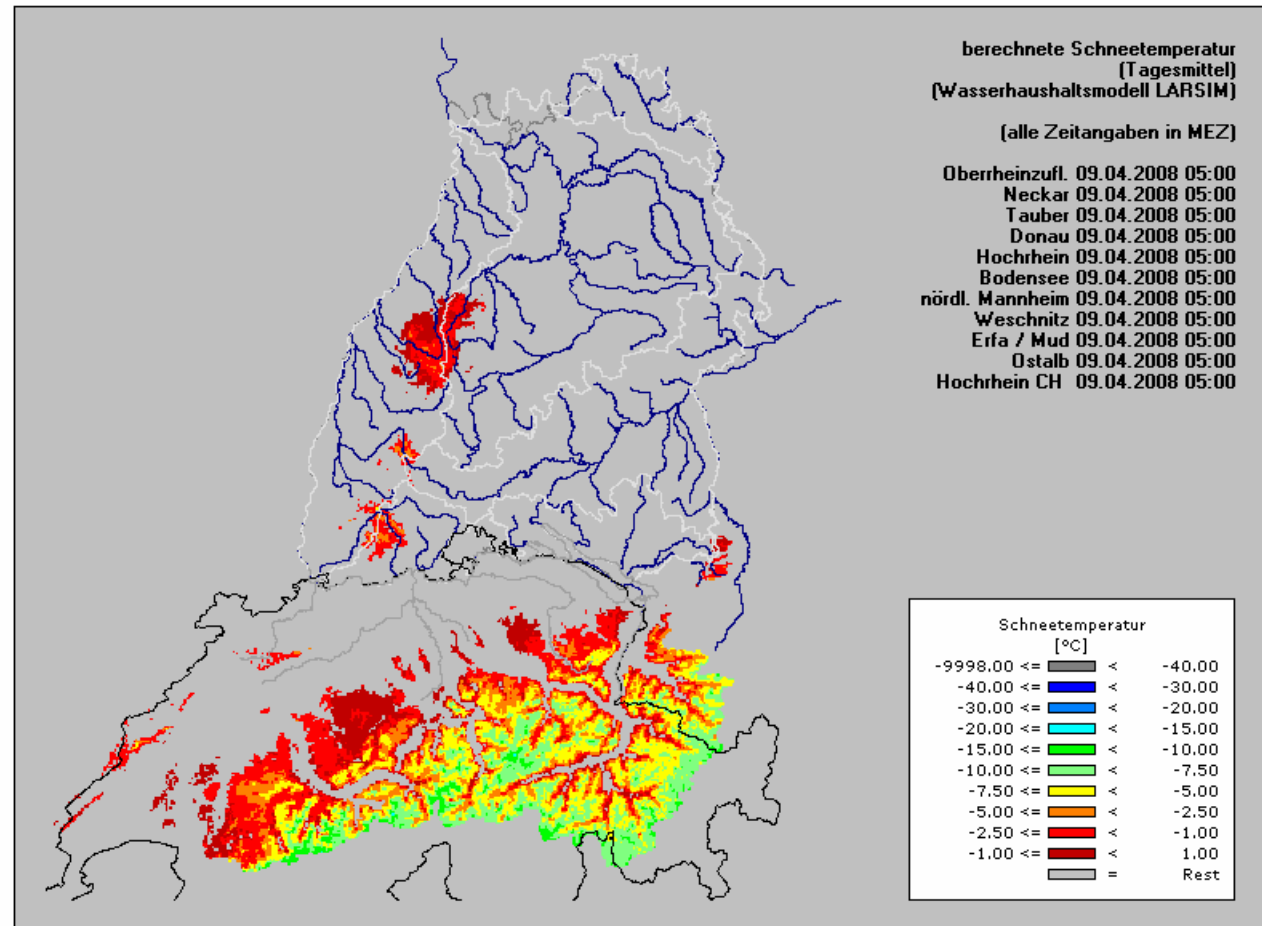
# Visualisierungen im HVZnet

**LARSIM-Simulationen** ☒ Lagebeurteilung, Plausibilitätskontrolle



## Flächendarstellung

- ☐ LMK-Vorhersagen
- ☐ LME-Vorhersagen
- ☐ GME-Vorhersagen
- ☐ EZMOS-Vorhersagen
- ☐ LARSIM-Vorhersagen
- ☐ WARNSIM-Frühwarnung
- ☐ **LARSIM-Simulationen**
  - ber. Schneehöhe (SHSIM)
  - Schneetemperatur (STSIM)
  - ber. Wasseräquivalent (SV)
  - Wasserdargebot (WDSIM)
  - Basisabflussspende (QBISI)
  - Interflowsspende (QISIM)
  - aktuelle Verdunstung (EVS)
  - relative Bodenfeuchte (BP)
  - Grundwasserneubildung (F)
- ☐ Meteo-Messungen
- ☐ SNOW3-Schneedaten
- ☐ Inferno



**hier: berechnete Temperatur der Schneedecke**

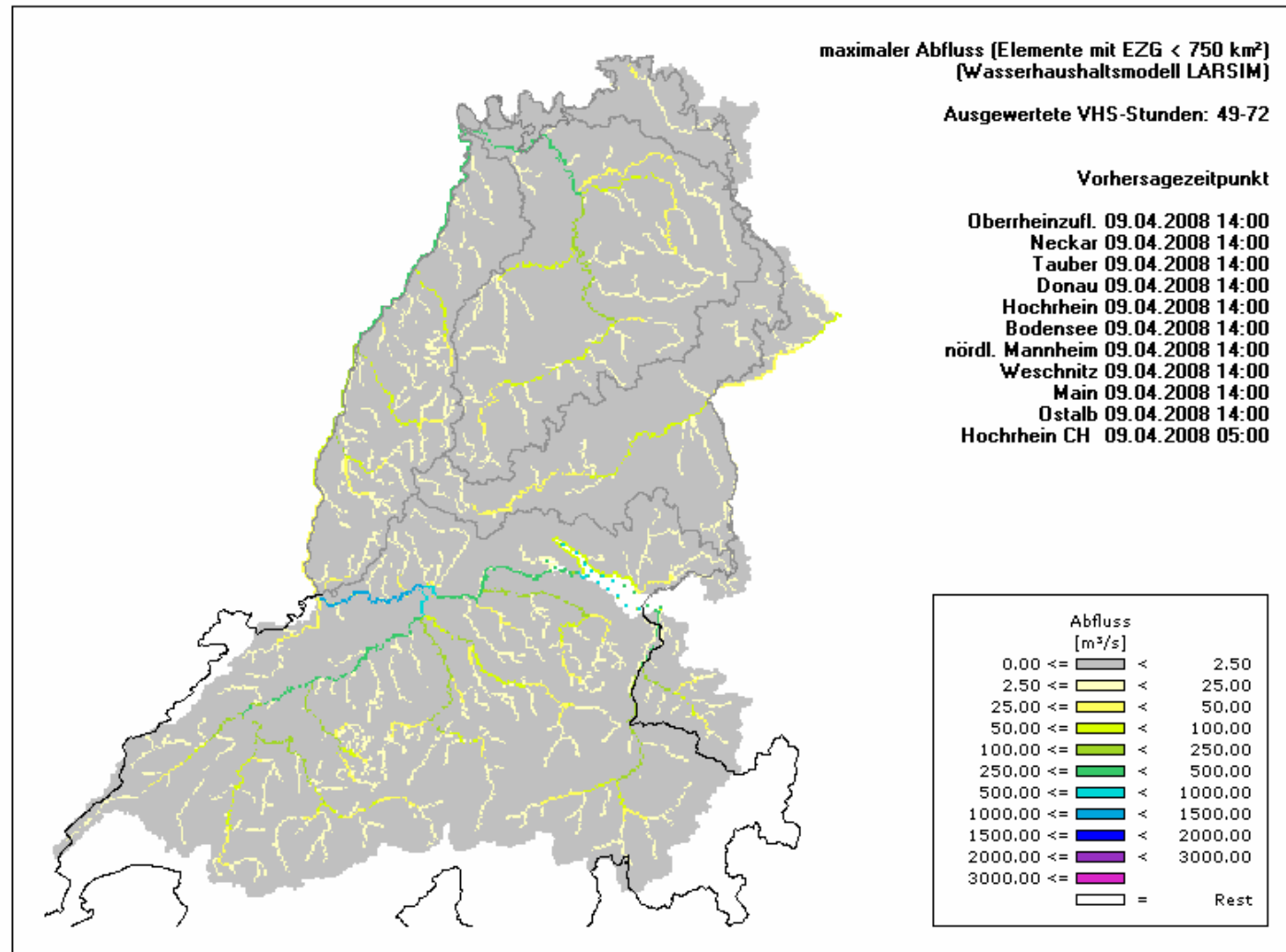
# Visualisierungen im HVZnet

**LARSIM-Vorhersagen** (hier: Q max. pro Rasterzelle für den 3. VH-Tag)



## Flächendarstellung

- ☐ LMK-Vorhersagen
- ☐ LME-Vorhersagen
- ☐ GME-Vorhersagen
- ☐ EZMOS-Vorhersagen
- ☐ **LARSIM-Vorhersagen**
  - T-Tag: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - W-DVH 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - HQ-TIM 1. 2.
  - HQ-LAR 1. 2.
  - Q-LAR: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - SH-Tag 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - SW-Tag 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
- ☐ WARNSIM-Frühwarnung
- ☐ LARSIM-Simulationen
- ☐ Meteo-Messungen
- ☐ SNOW3-Schneedaten
- ☐ Inferno





# Visualisierungen im HVZnet

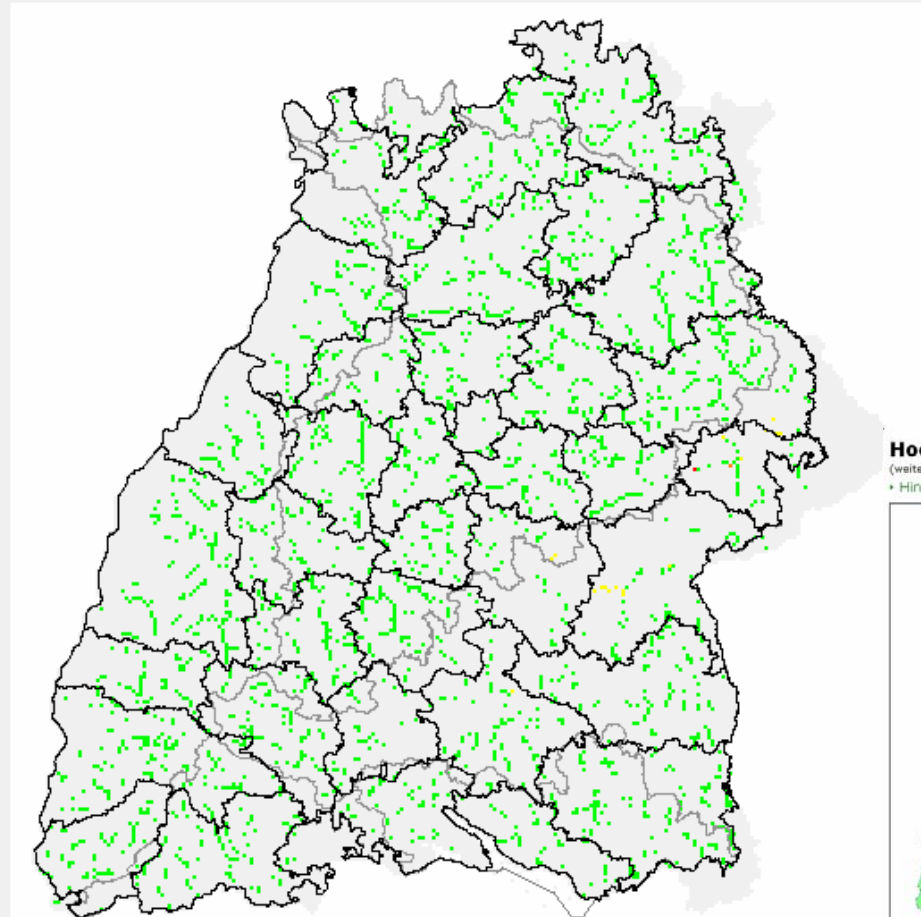
**LARSIM-Vorhersagen** (hier:  $HQ_T$  max. pro TIMIS- Knoten für den 1. VH-Tag)

**HVZ**

## Flächendarstellung

- ☐ LMK-Vorhersagen
- ☐ LME-Vorhersagen
- ☐ GME-Vorhersagen
- ☐ EZMOS-Vorhersagen
- ☐ LARSIM-Vorhersagen
  - T-Tag: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - W-DVH 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - HQ-TIM1. 2.
  - HQ-LAR1. 2.
  - Q-LAR: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - SH-Tag 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - SW-Tag 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
- ☐ WARNSIM-Frühwarnung
- ☐ LARSIM-Simulationen
- ☐ Meteo-Messungen
- ☐ SNOW3-Schneedaten
- ☐ Inferno

Jährlichkeit des maximal vorhergesagten Abflusses (Elemente mit EZG < 750 km<sup>2</sup>)

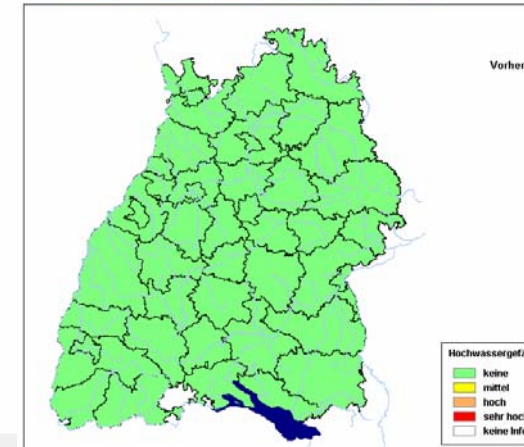


Ausgewertete VHS-Stunden: 25-48

Vorhersagezeitpunkt

Oberheinzfl. 09.04.2008 14:00  
Neckar 09.04.2008 14:00  
Tauber 09.04.2008 14:00  
Donau 09.04.2008 14:00  
Hochrhein 09.04.2008 14:00  
Bodensee 09.04.2008 14:00  
nördl. Mannheim 09.04.2008 14:00  
Weschnitz 09.04.2008 14:00  
Main 09.04.2008 14:00  
Ostalb 09.04.2008 14:00

**Hochwasserfrühwarnung für Einzugsgebiete < 750 km<sup>2</sup>**  
(weitere Informationen durch Klick auf den entsprechenden Land- oder Stadtkreis)  
• Hinweise zur regionsbezogenen Hochwasserfrühwarnung (PDF)



# Visualisierungen im HVZnet

## LARSIM-Vorhersagen (Vorhersage der Schneehöhe)



### Flächendarstellung

- ☐ LMK-Vorhersagen
- ☐ LME-Vorhersagen
- ☐ GME-Vorhersagen
- ☐ EZMOS-Vorhersagen
- ☐ LARSIM-Vorhersagen
  - T-Tag: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - W-DVH 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - HQ-TIM 1. 2.
  - HQ-LAR 1. 2.
  - Q-LAR: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - SH-Tag 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - SW-Tag 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
- ☐ WARNSIM-Frühwarnung
- ☐ LARSIM-Simulationen
- ☐ Meteo-Messungen
- ☐ SNOW3-Schneedaten
- ☐ Inferno

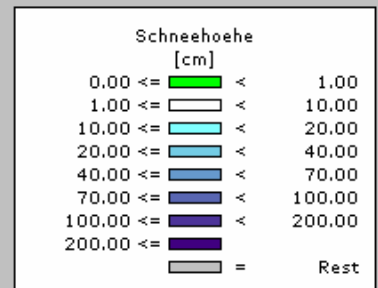
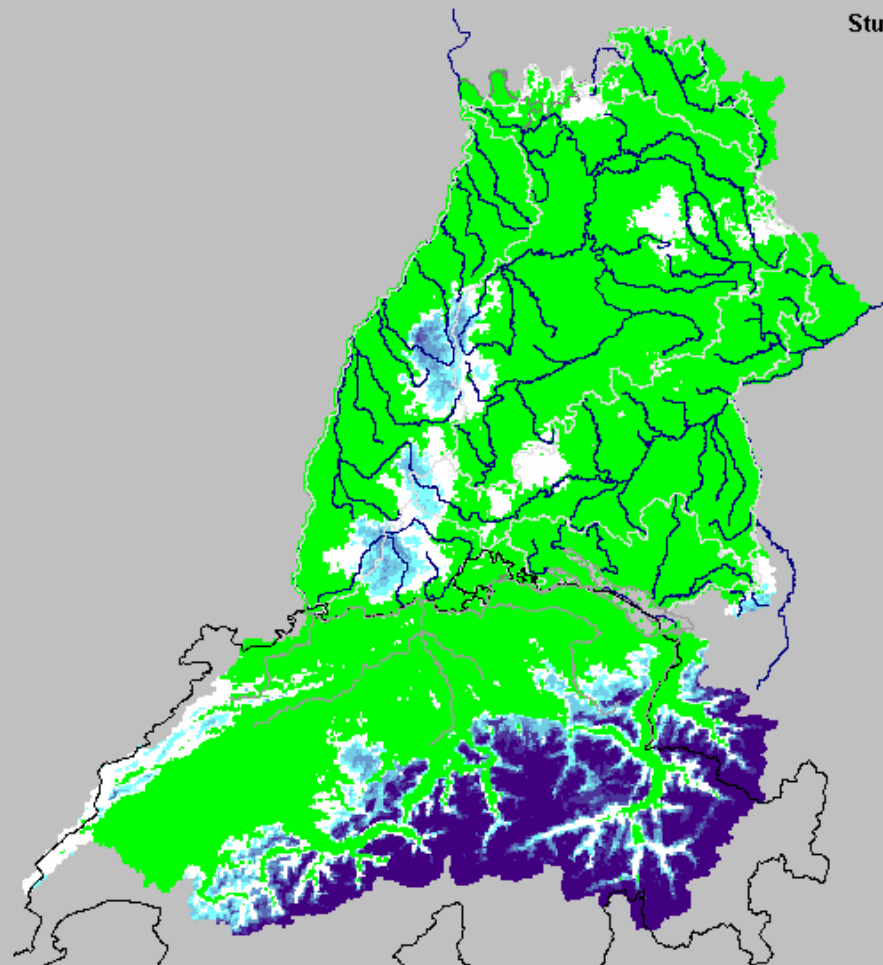
Vorhersage der Schneehöhe  
(Wasserhaushaltsmodell LARSIM auf Basis der COSMO-DE-, COSMO-EU-, EZMOS- und GME-Vorhersagen)

Stundenmittel zum angegebenen Zeitpunkt

vom 27.03.2008 22:00

für den :

Oberrheinzufl. 28.03.2008 21:00  
Neckar 28.03.2008 21:00  
Tauber 28.03.2008 21:00  
Donau 28.03.2008 21:00  
Hochrhein 28.03.2008 21:00  
Bodensee 28.03.2008 21:00  
nördl. Mannheim 28.03.2008 21:00  
Weschnitz 28.03.2008 21:00  
Erf / Mud 28.03.2008 21:00  
Ostalb 28.03.2008 21:00  
Hochrhein CH 28.03.2008 21:00



# Visualisierungen im HVZnet

## LARSIM-Vorhersagen (Vorhersage des Wasserdargebotes)



### Flächendarstellung

- ☐ LMK-Vorhersagen
- ☐ LME-Vorhersagen
- ☐ GME-Vorhersagen
- ☐ EZMOS-Vorhersagen
- ☐ LARSIM-Vorhersagen
  - T-Tag: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - W-DVH 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - HQ-TIM 1. 2.
  - HQ-LAR 1. 2.
  - Q-LAR: 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - SH-Tag 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
  - SW-Tag 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
- ☐ WARNSIM-Frühwarnung
- ☐ LARSIM-Simulationen
- ☐ Meteo-Messungen
- ☐ SNOW3-Schneedaten
- ☐ Inferno

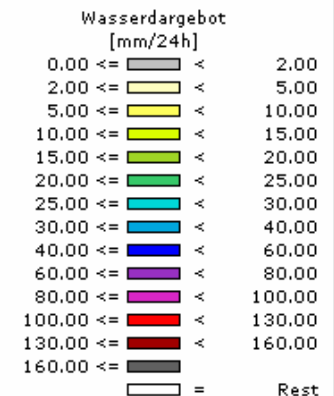
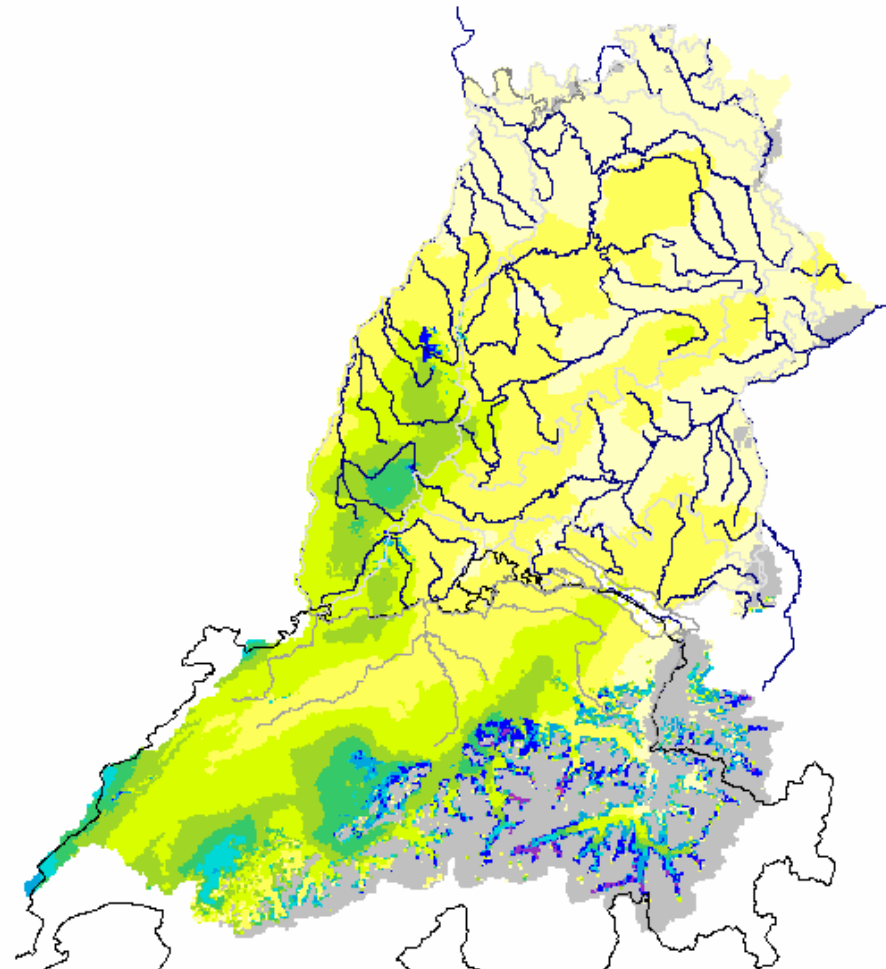
Vorhersage des Wasserdargebots aus Regen und ggf. Schneeschmelze  
(Wasserhaushaltsmodell LARSIM auf Basis der COSMO-DE-, COSMO-EU-, EZMOS- und GME-Vorhersagen)

(Summe von 0 bis 23 Uhr MEZ)

vom 09.04.2008 08:00

für den :

Oberrheinzufl. 11.04.2008  
Neckar 11.04.2008  
Tauber 11.04.2008  
Donau 11.04.2008  
Hochrhein 11.04.2008  
Bodensee 11.04.2008  
nördl. Mannheim 11.04.2008  
Weschnitz 11.04.2008  
Erfa / Mud 11.04.2008  
Ostalb 11.04.2008  
Hochrhein CH 11.04.2008



- **Teil 2, ausgewählte LARSIM-Neuerungen:**

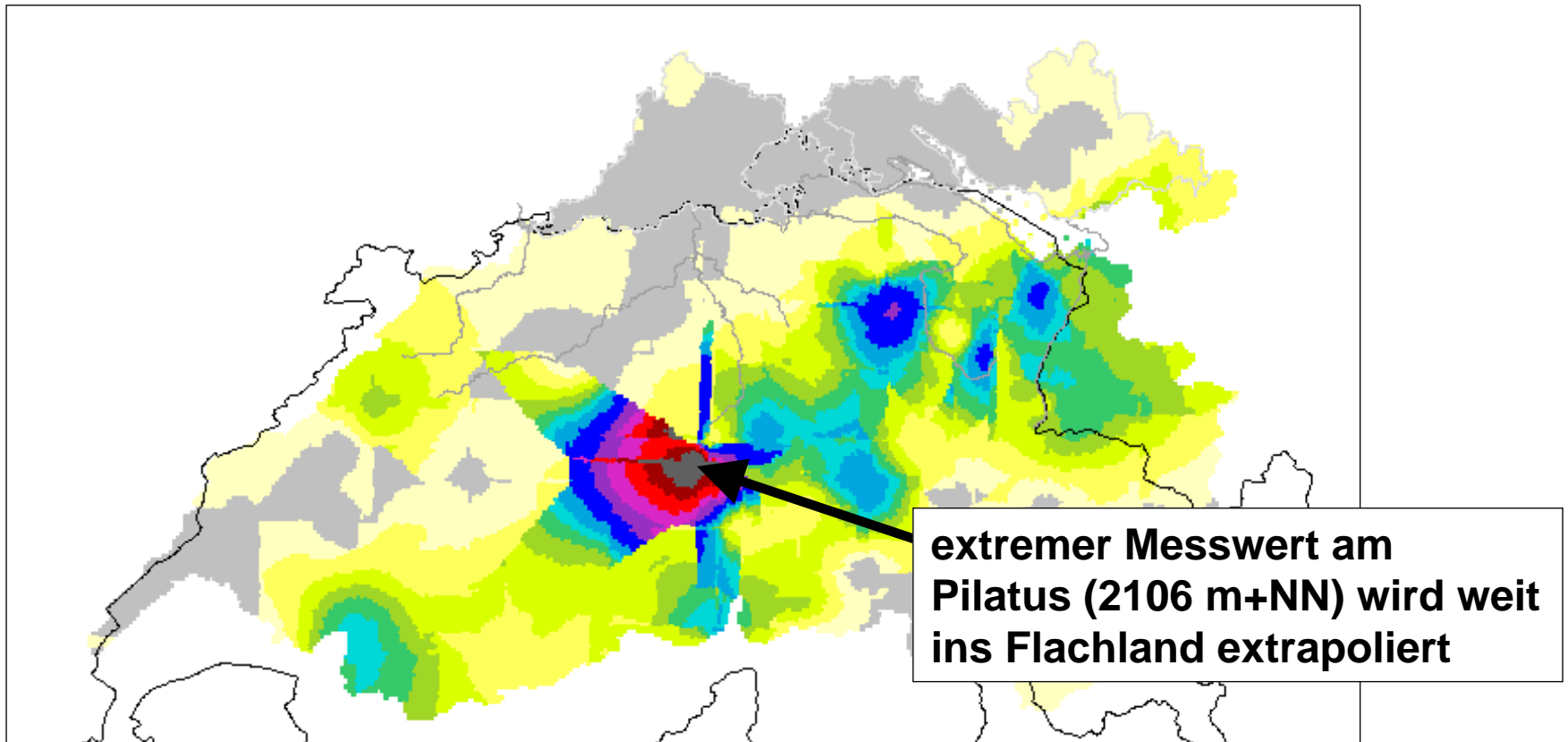
- LARSIM\*64 bit
- Meteorologisches Interpolationsverfahren
- Berücksichtigung hydrogeologischer Information



# Interpolationsverfahren für meteorologische Eingangsdaten

## Problem:

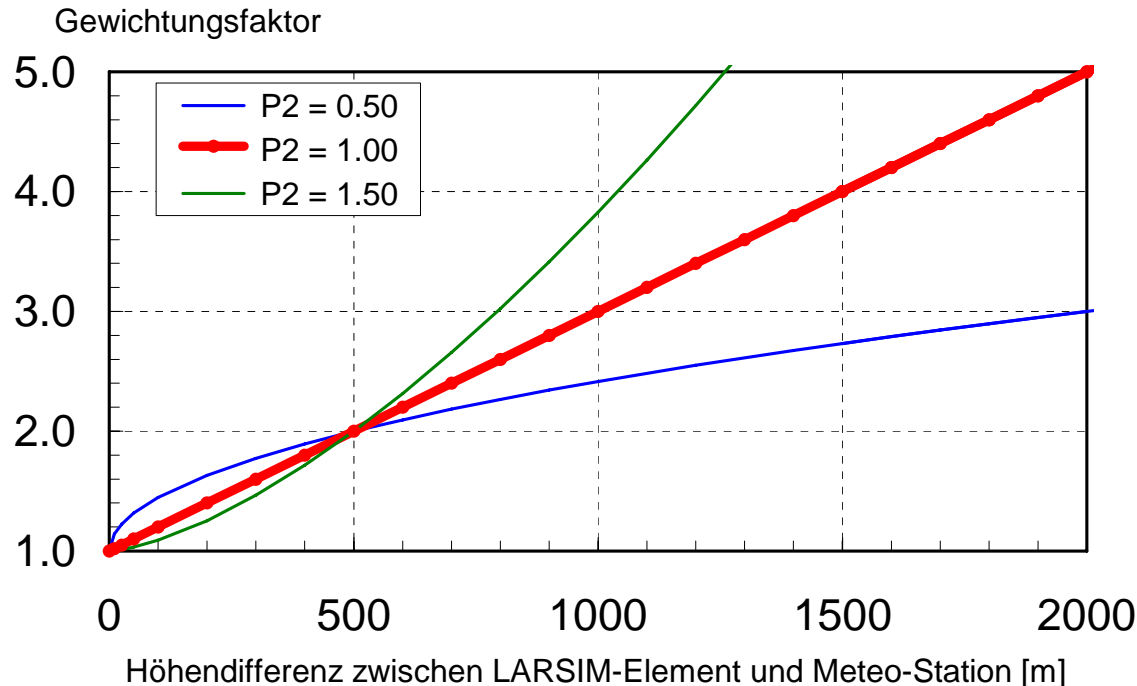
- bei orographiebedingt großen Niederschlagsgradienten und relativ „dünnen“ Messnetzen führt das Rasterpunktverfahren z.T. zu unrealistischen Interpolationen



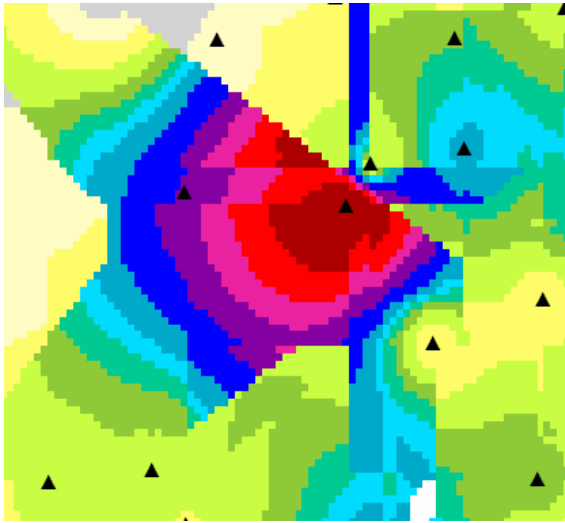
# Interpolationsverfahren für meteorologische Eingangsdaten

## Lösung:

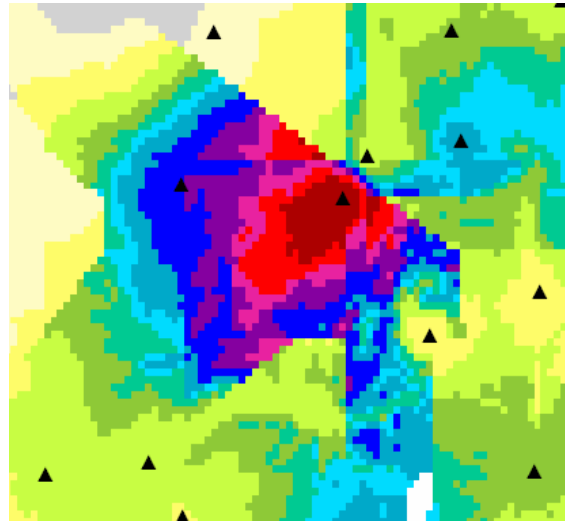
- Weiterentwicklung des Inverse-Distanz-Verfahren:
- Zur Berechnung der Stationsgewichtung im IDW wird anstelle der horizontalen Entfernung eine höhengewichtete Entfernung verwendet:
- $L_{\text{horizontal}} * (1 + \text{ABS}(\text{delta Höhe} / \text{Parameter 1}) )^{**} \text{Parameter 2}$



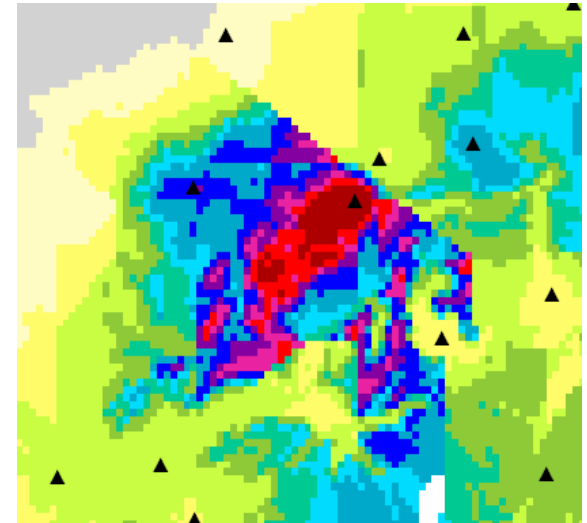
# Interpolationsverfahren für meteorologische Eingangsdaten



bisheriges Interpol.verfahren



neues Verfahren,  $P1=1000$ ,  $P2=0,5$



neues Verfahren,  $P1=500$ ,  $P2=1,0$

## Wirkung:

- Interpolationsverfahren berücksichtigt den Reliefunterschied zwischen dem LARSIM-Element und den umliegenden Messstationen
- hier: extreme Niederschläge im Hochgebirge werden nicht mehr so weit in die Ebene extrapoliert
- Vorteile v.a. bei der Interpolation von Niederschlag, Globalstrahlung (Inversionslagen!) und Windgeschwindigkeit

# Interpolationsverfahren für meteorologische Eingangsdaten

## Wirkung 500 / 1 - Parametrisierung:

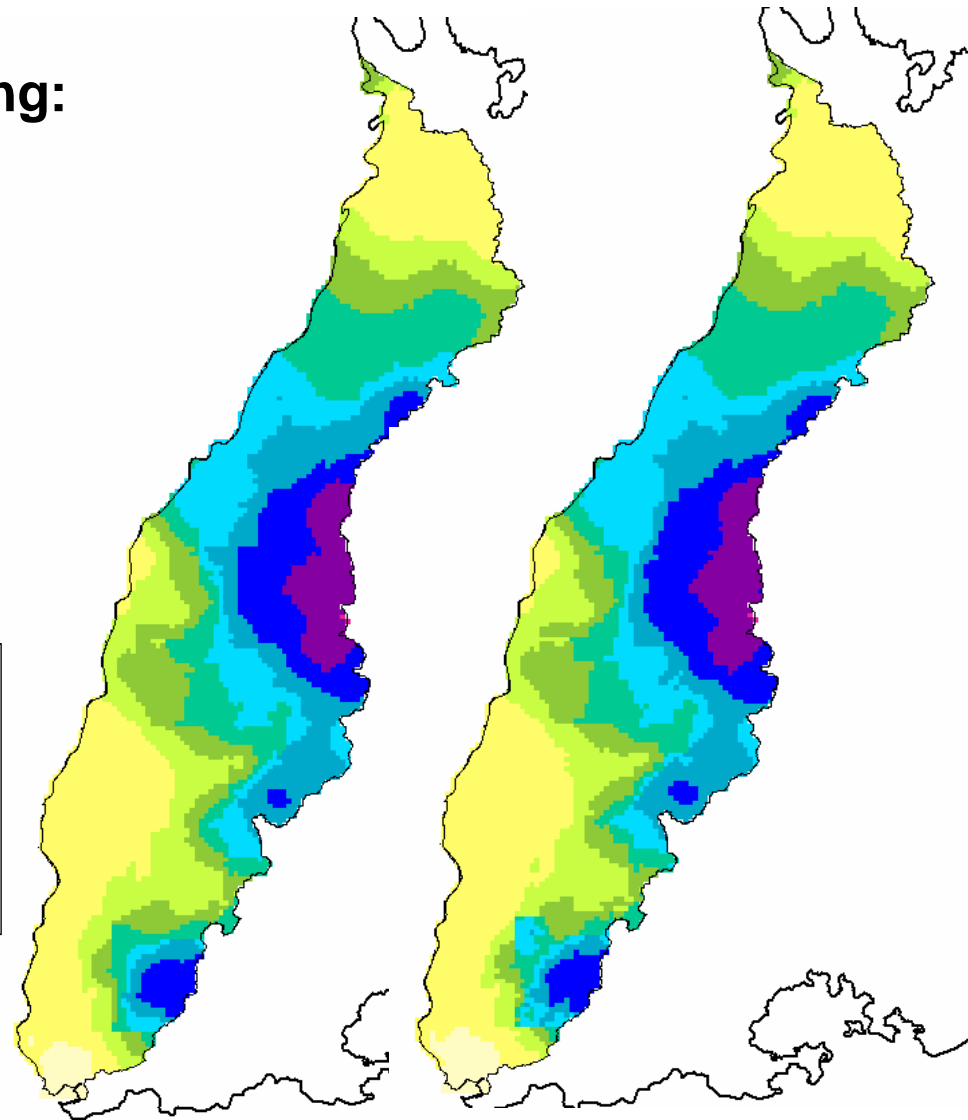
- N: bei dichten Messnetzen und Mittelgebirge nur geringfügig
- V: generelle Verbesserung
- G, T: Verbesserung, v.a. bei Inversionslagen

### Option:

HOEHENGEWICHTUNG\_RASTERPUNKT

### Einzelparameter:

HOEHENGEW RAST      500.   1.0

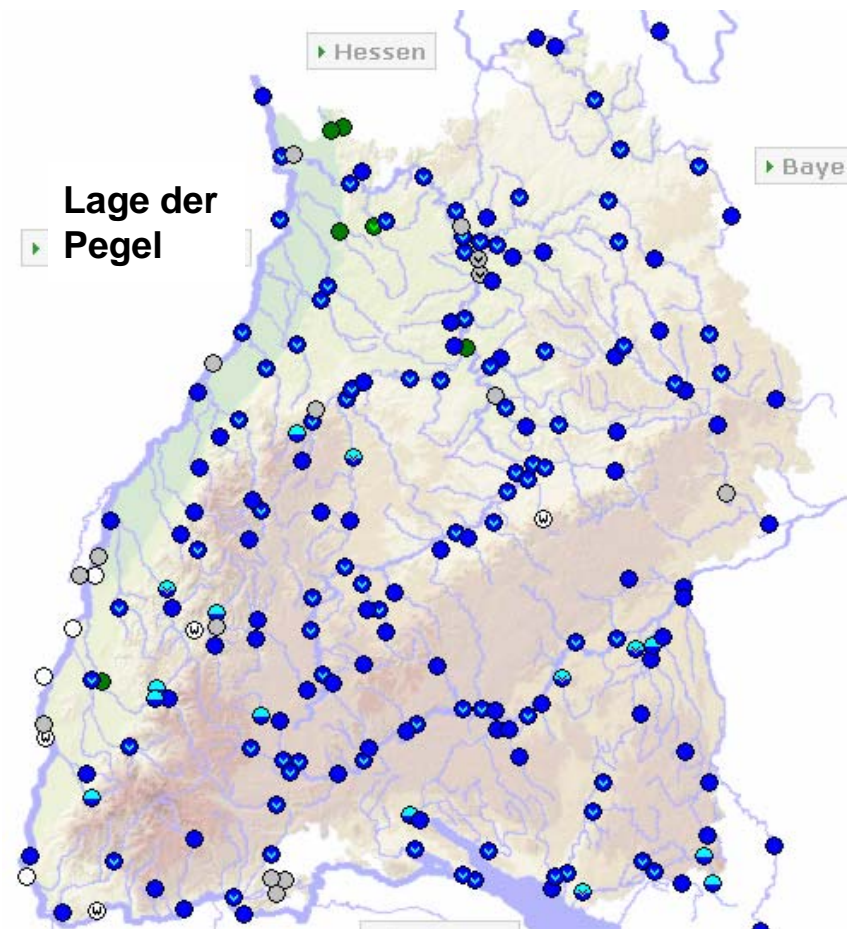


bisherige Interpolation

neues Verfahren, P1 = 500, P2 = 1,0

# räumliche Abbildung hydrogeologischer Strukturen

bisher nur indirekt über Kalibrierung,  
räumliche Auflösung gemäß Pegel-Einzugsgebiete





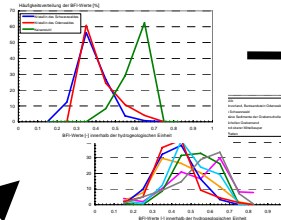
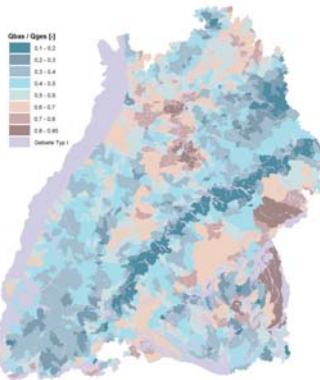
# räumliche Abbildung hydrogeologischer Strukturen

## Einarbeitung eines hydrogeologischen Hintergrundfeldes in das Wasserhaushaltsmodell:

**hydrogeologische  
Teilräume**  
(15 Klassen)



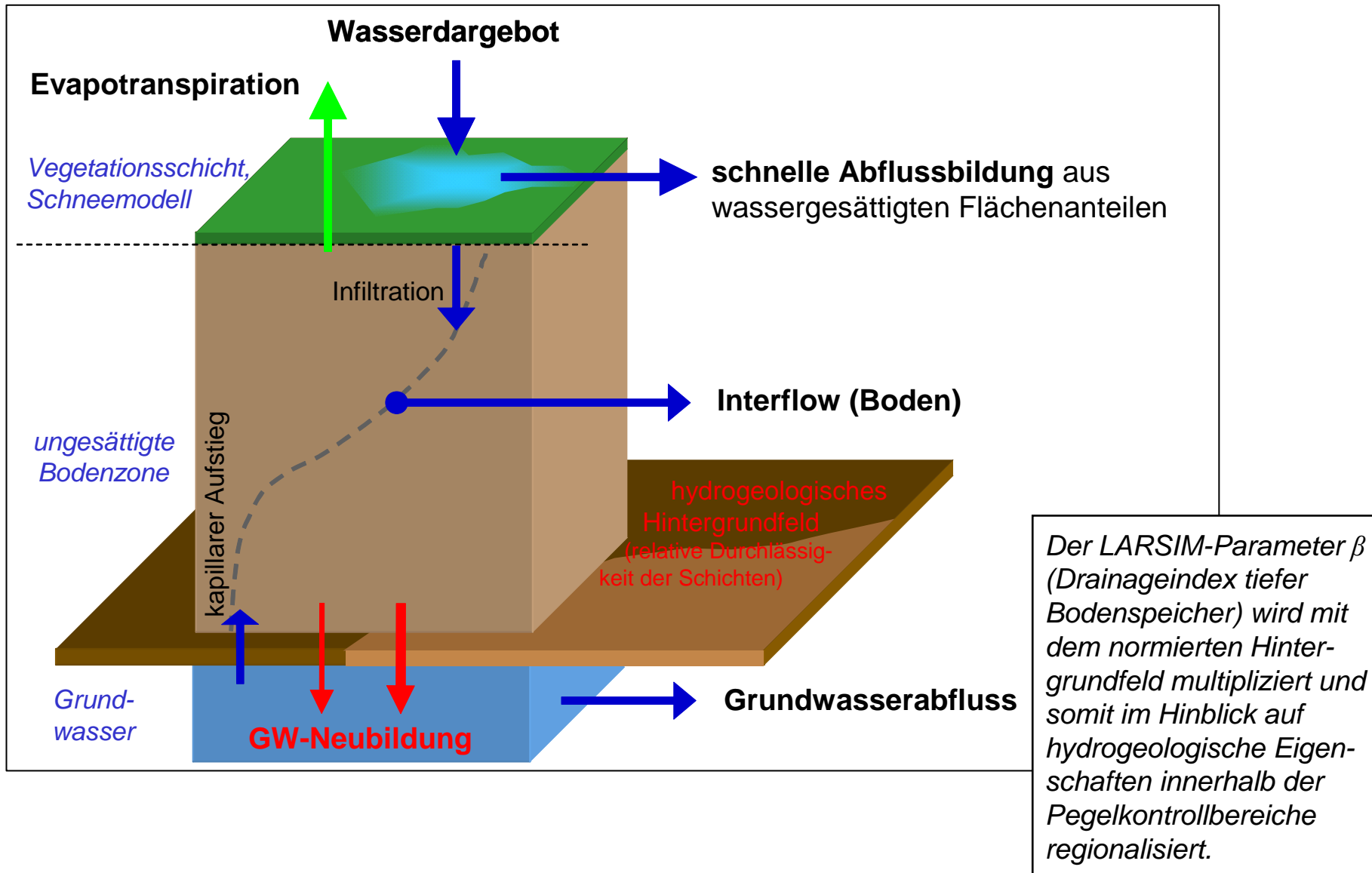
**BFI-Werte**  
Anteil Basis-  
abfluss / Qges.



**vertikaler Durchlässigkeits-Beiwert VDB**



# Umsetzung im LARSIM-Bodenmodul



# räumliche Abbildung hydrogeologischer Strukturen

## Wirkung:

- v.a. Auswirkung auf die kleinräumige Verteilung von Grundwasserneubildung und Bodenfeuchte
- geringere Schwankungsbandsbreite bei Kalibrierung der beta-Werte ?
- Wirkung auf Abflüsse am Pegel i.d.R. eher zu vernachlässigen
- Option: PERKOLATION MIT VDB-WERTEN

**Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit**