

# Berechnung von Unsicherheitsbändern durch Kombination von Ensemble-Technik und ProFound-Analyse

DANIEL VARGA

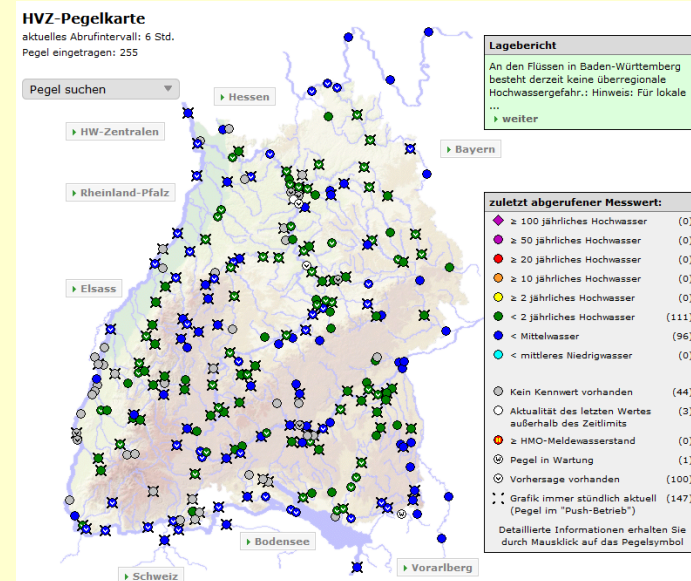
REFERAT 43 - HYDROLOGIE, HOCHWASSERVORHERSAGE



Baden-Württemberg

# Operationeller Betrieb an der HVZ BW

- Vorhersagen an 100 Pegeln
  - Davon W-Vorhersagen 92
  - Nur Q-Vorhersagen 8
  - Zusätzlich zu W auch Q-Vorhersagen: 79
- 179 veröffentlichte Plots mit Unsicherheitsbändern
- 184 unveröffentlichte interne Plots
- Insgesamt 363 Plots (bzw. 726 Ganglinien)
- 673 weitere interne Plots mit Unsicherheitsbändern (mit gleichen Inputdaten)
- Im Routinebetrieb alle 6 Stunden, im Hochwasserbetrieb jede Stunde!



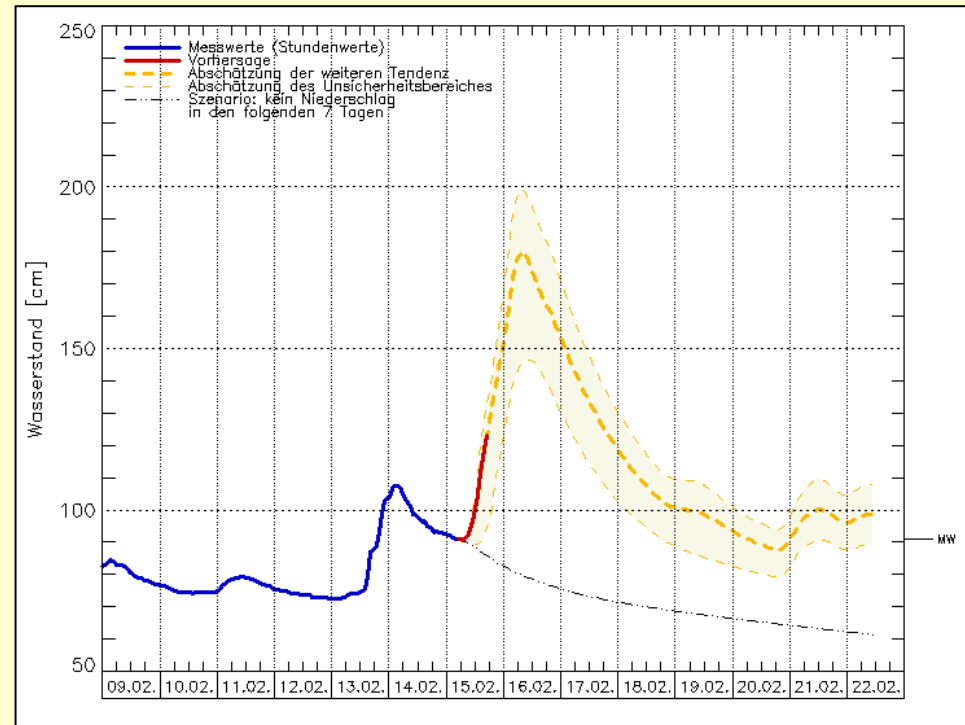
# Berechnung von Unsicherheitsbändern

- Automatisiert
- Effizient (schnell / zeitnah)
- Wissensbasiert (empirisch / statistisch)
- Pragmatisch (vereinfacht)

seit Anfang März 2014

Im Intranet und Internet:

<http://www.hvz.baden-wuerttemberg.de/>



**Siehe auch:** ERMITTLUNG UND VISUALISIERUNG VON VORHERSAGEUNSICHERHEIT BEI DER HVZ BW, Daniel Varga, Hydron GmbH

*LARSIM-Anwenderworkshop Karlsruhe 2014*

# Berechnung von Unsicherheitsbändern

## Hydrologische Unsicherheit

- Unter Verwendung von meteorol. Messwerten weichen Modellergebnisse für  $W$  und  $Q$  von tatsächlich gemessenem Werten ab.

## Meteorologische Unsicherheit

- Die Vorhersage von meteorol. Werten ist mit Unsicherheit behaftet, die sich in die Vorhersage von  $W$  und  $Q$  überträgt

## Tatsächliche Modell- oder Vorhersageunsicherheit

- Die Summe aller Einflüsse, die sich auf die Prognose des  $W$ - bzw.  $Q$ -Verlaufes auswirken

# Berechnung von Unsicherheitsbändern

## Hydrologische Unsicherheit

- Analyse von „Fehlern“ in der Vergangenheit
- Empirische Werte
- Vorhersage-Tests
- ProFound-Analyse

## Meteorologische Unsicherheit

- Ensemble-Verfahren
- Parameter-Variation

## Tatsächliche Modell- oder Vorhersageunsicherheit

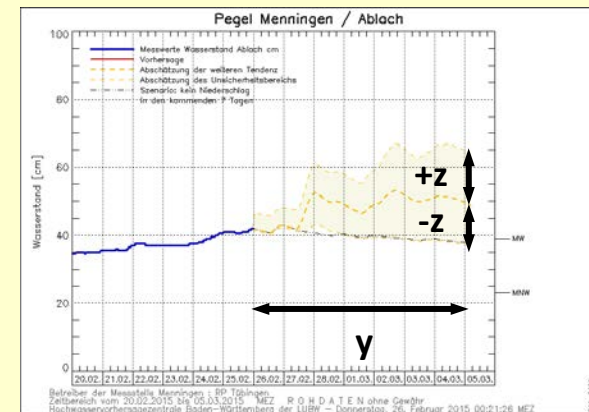
- Kombination von hydrol. und meteorol. Unsicherheit
- Korrekturverfahren für Automatisierung

# Hydrologische Unsicherheit

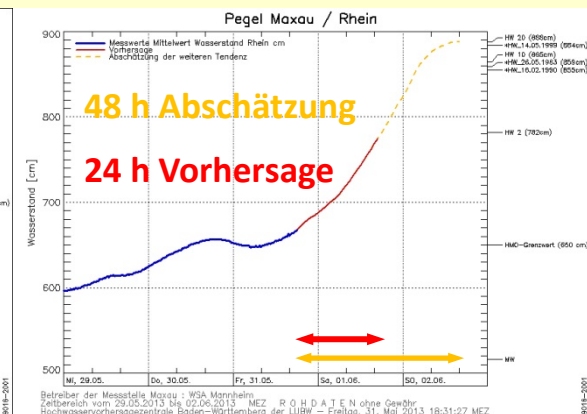
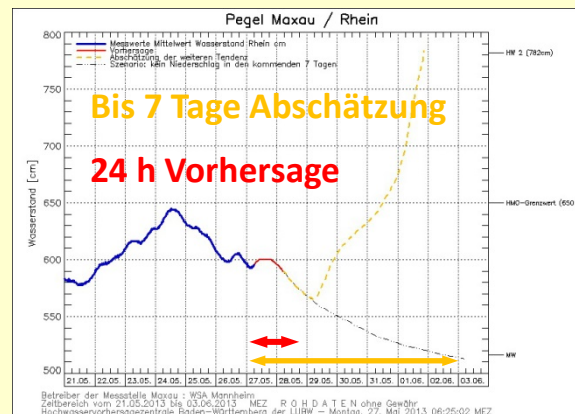
## Empirisch

- Erfahrungen aus Vergangenheit können als empirische Unsicherheit ausgedrückt werden

- Bsp. 1: am Pegel  $x$  ist erfahrungsgemäß nach  $y$  Stunden eine Abweichung von  $\pm z$  cm zu erwarten ( $\rightarrow$  Bandbreite)



- Bsp. 2: Eine Aussage zur Vorhersagequalität nach  $x$  Stunden ist zu unsicher für eine Veröffentlichung ( $\rightarrow$  Kürzung)



# Hydrologische Unsicherheit

## statistisch – ProFoUnD

PROgram to asses the FOrecast UNcertainty of Discharge

- Quantitative Auswertung von Q- und W-Vorhersagen
- Zur quantitativen Beschreibung von Unsicherheiten
- Gütemaße (kontinuierliche und kategorische),  
Percentiltabellen ...
- Vorhersagetests mit historischen Daten für  
Bestimmung der Unsicherheit
- Automatisierte kontinuierliche Fortschreibung im  
operationellem Betrieb

# Hydrologische Unsicherheit statistisch – ProFoUnD

- Mit Hilfe von ProFoUnD können Unsicherheitsbereiche bestimmt werden
- ProFoUnD „lernt“ im Laufe der Zeit

**Siehe auch:** ABFLUSSVORHERSAGEUNSICHERHEITEN  
IM OPERATIONELLEN BETRIEB - Analysen mit ProFoUnD,  
Margret Johst, LUWG Rheinland-Pfalz,  
Dirk Aigner, Hydron GmbH

*LARSIM-Anwenderworkshop Karlsruhe 2014*




# Hydrologische Unsicherheit

## statistisch – ProFoUnD

- Berücksichtigung von meteorologischen Vorhersagen bei Vorhersage-Tests „verschleiert“ die Fehler des hydrologischen Modells
- Fehler aus meteorologischen Modellen werden implizit auf das hydrologische Modell übertragen
- Tatsächliche Quelle des Fehlers ist nicht bestimmbar
- Bsp:
  - wenn bei einem Abfluss  $Q > x \text{ m}^3/\text{s}$  in der Vergangenheit eine schlechte meteorologische Vorhersage vorlag, heißt das nicht, dass bei dem gleichen Abfluss in der Zukunft der Fehler ähnlich groß sein wird.
  - Qualität von meteorologischen Vorhersagen kann sich ändern
  - Produkte können ersetzt werden (GME → ICON)
  - Operationell ändern sich die Randbedingungen, die für Vorhersagetests genutzt wurden

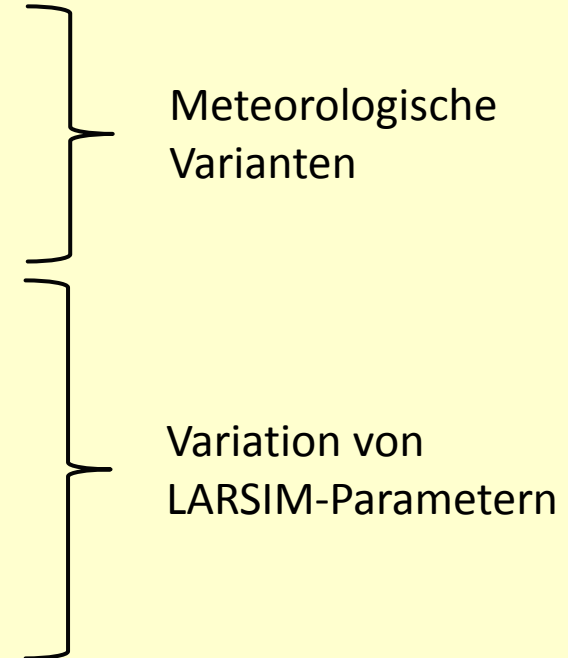
# Meteorologische Unsicherheit Ensemble


- COSMO-LEPS
- COSMO-SREPS
- SRNWP-PEPS
- COSMO-DE Ensemble  **Geplant bei HVZ BW**
- INM-SREPS
- ...

# Meteorologische Unsicherheit Ensemble

„Kleines HVZ-BW-Ensemble“

- COSMO-DE
- COSMO-EU
- EZMOS (Meteogroup)
- NVHplus (+20% Niederschlag)
- NVHminus (-20% Niederschlag)
- Tgrplus (+1.0°C)
- Tgrminus (-1.0°C)



 **Temperatur immer aus EZMOS, da Probleme bei COSMO-Modell unter Schneeeinfluss oder Inversionswetterlagen → Schneeschmelzprozesse!**

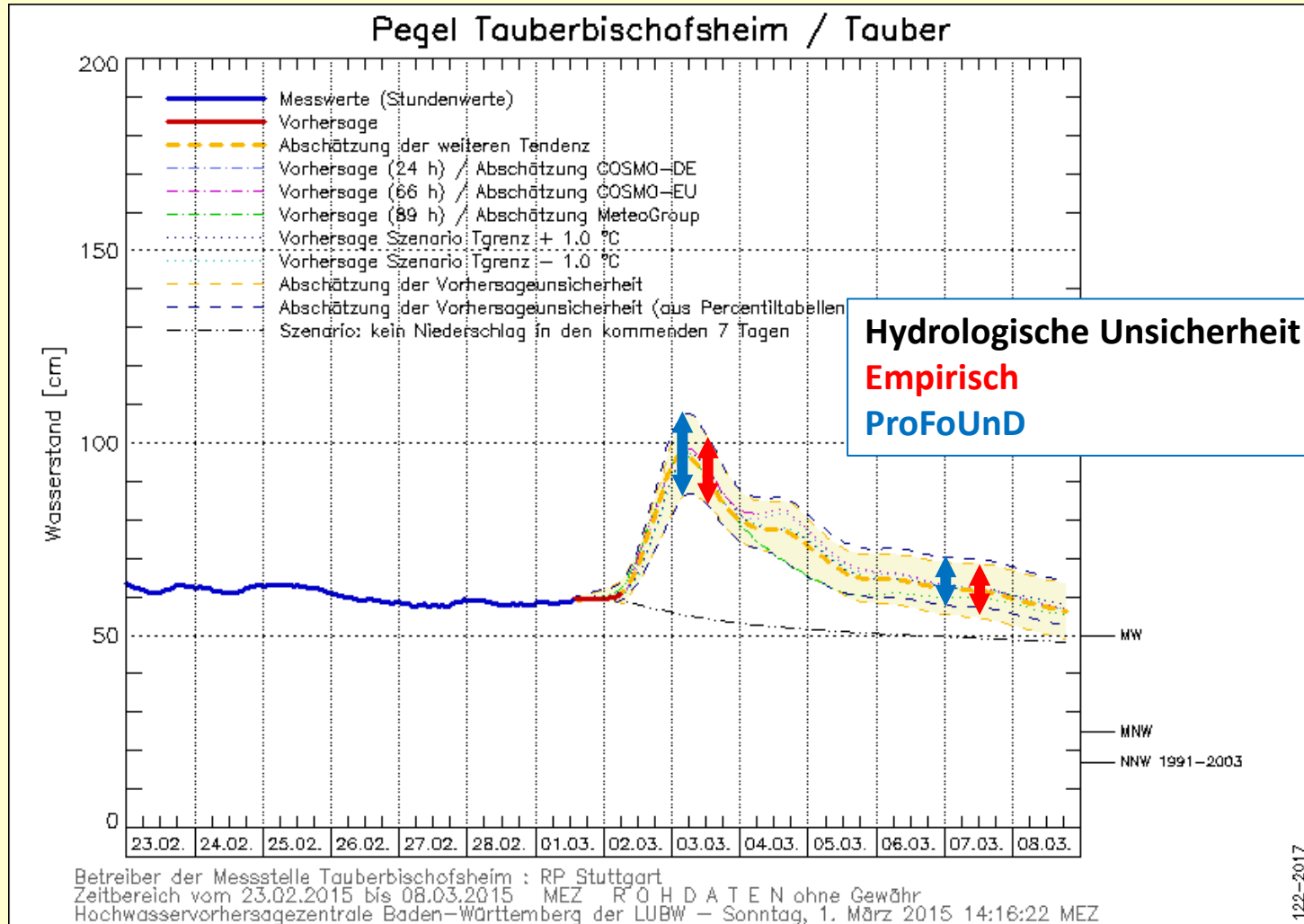
- (AROME)
- (ARPEGE)

# Automatisierte Berechnung von Unsicherheitsbändern: vh-u-band

- Programm zur Kombination von Unsicherheiten aus verschiedenen Quellen
- Inputdaten im SYN-Format (HVZ BW)
- Weiterentwicklung für LARSIM-Listenformat (LILA)
- Nutzt:
  - meteorologisches Ensemble
  - Empirische Angaben (Erfahrungswerte)
  - Quantitative Analysen aus ProFoUnD
  - Korrekturfaktoren und Formparameter (Glättung, Interpolation, Begrenzung)

# Beispiele aus der Praxis

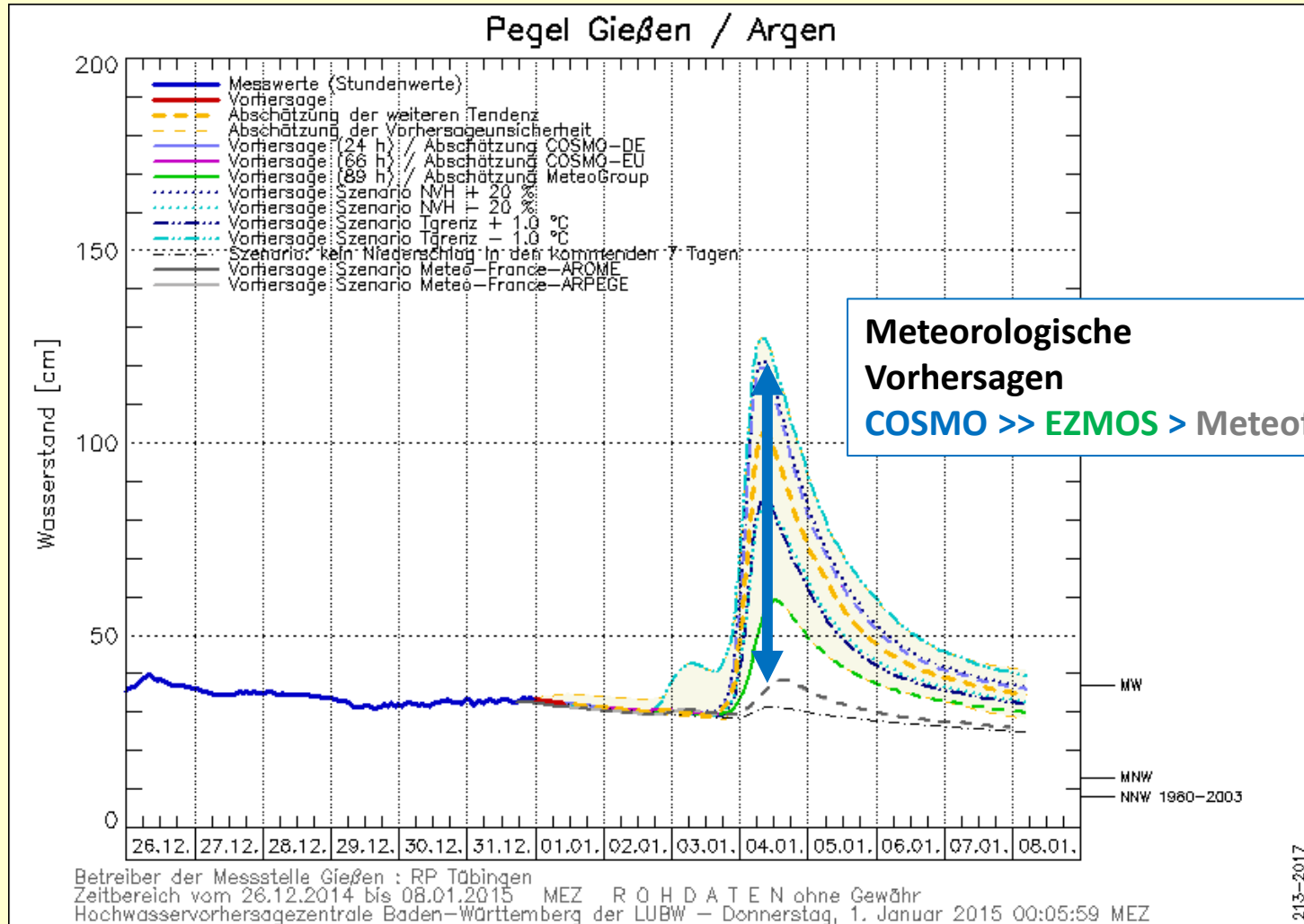
## Hydrologische Unsicherheit



**Unsicherheitsbereich maßgeblich durch hydrologische Modellunsicherheit beeinflusst**

# Beispiele aus der Praxis

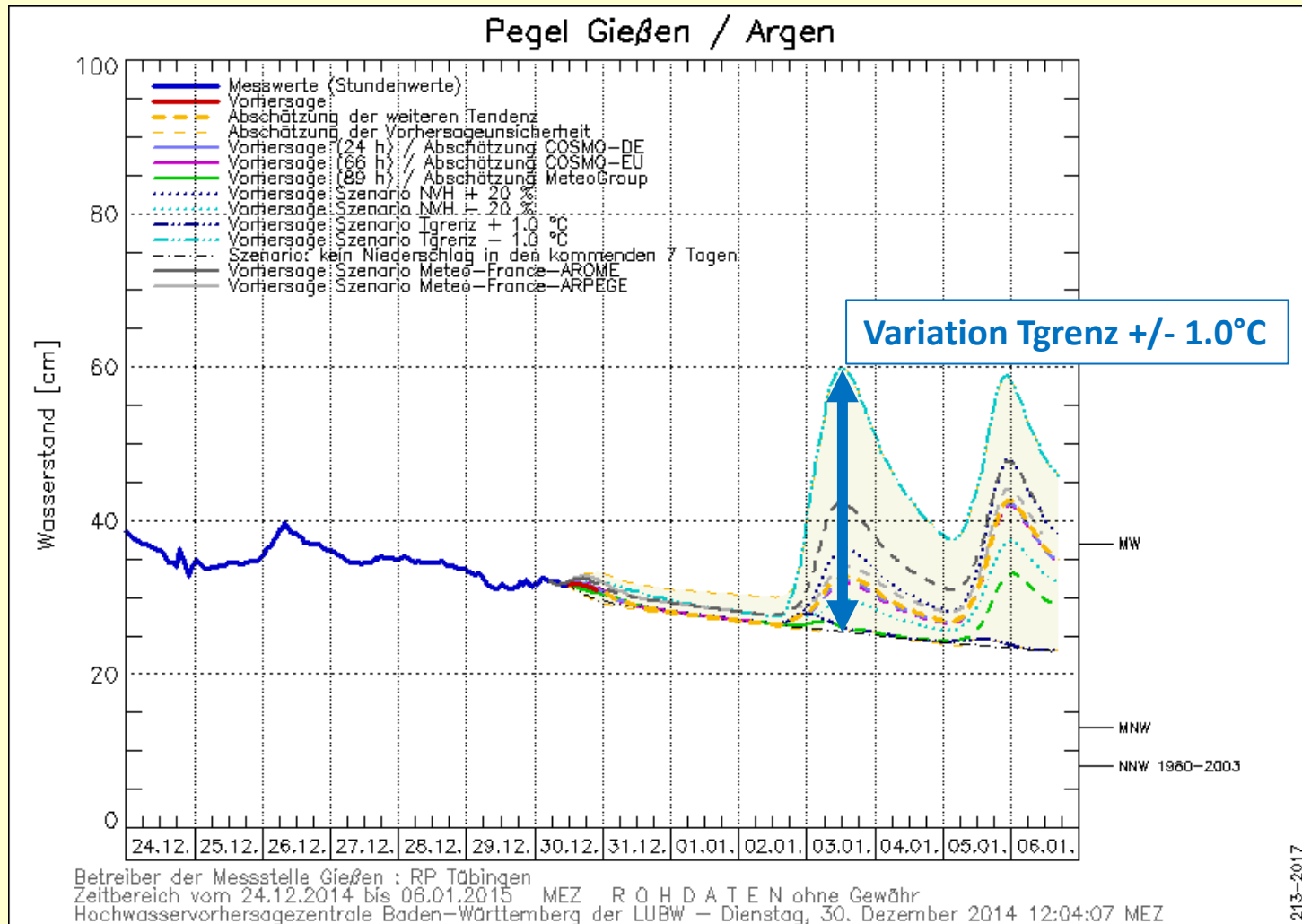
## Meteorologische Unsicherheit



**Unsicherheitsbereich maßgeblich durch meteorologische Vorhersagemodelle beeinflusst**

# Beispiele aus der Praxis

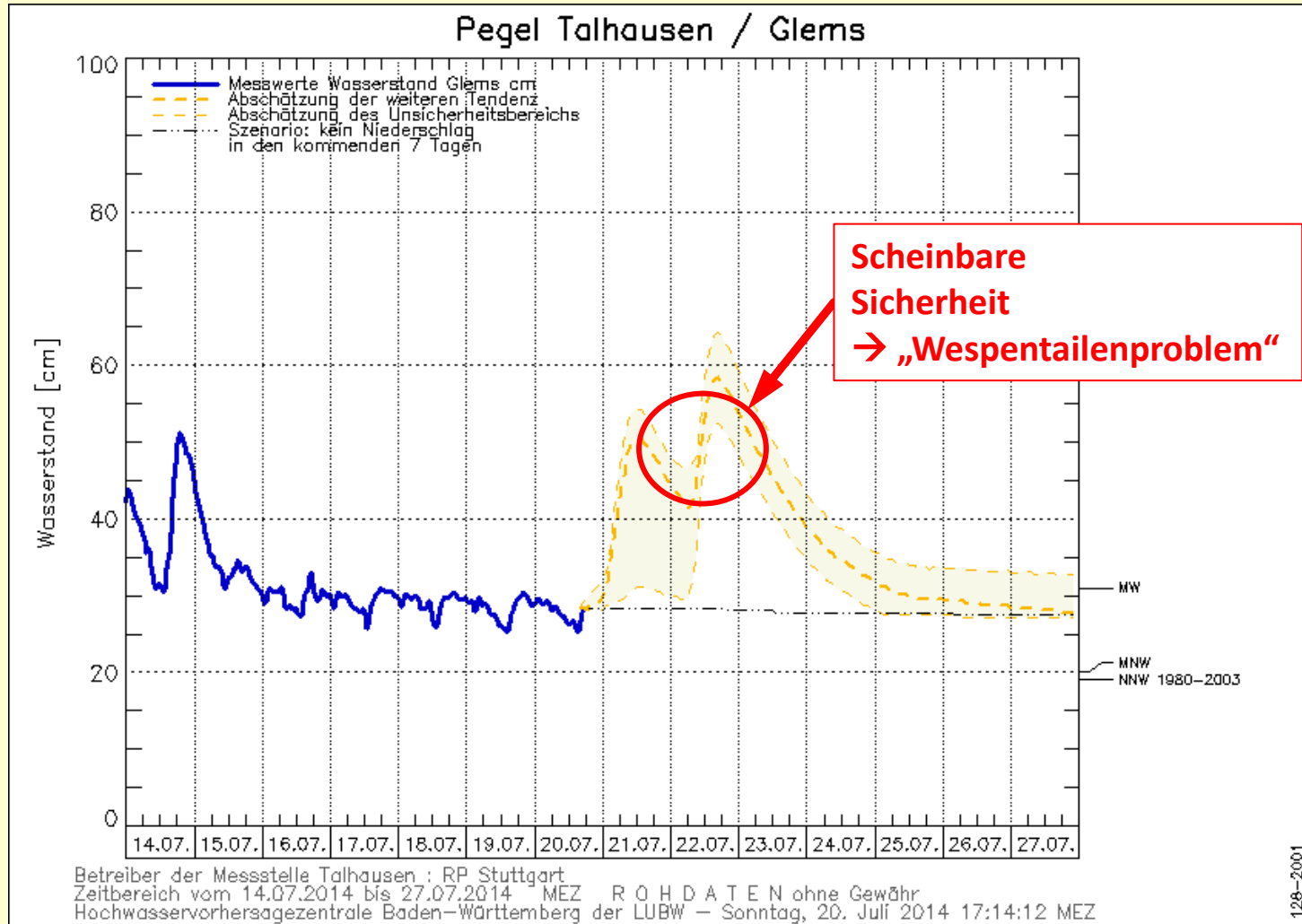
## Schneesmelze



213-2017

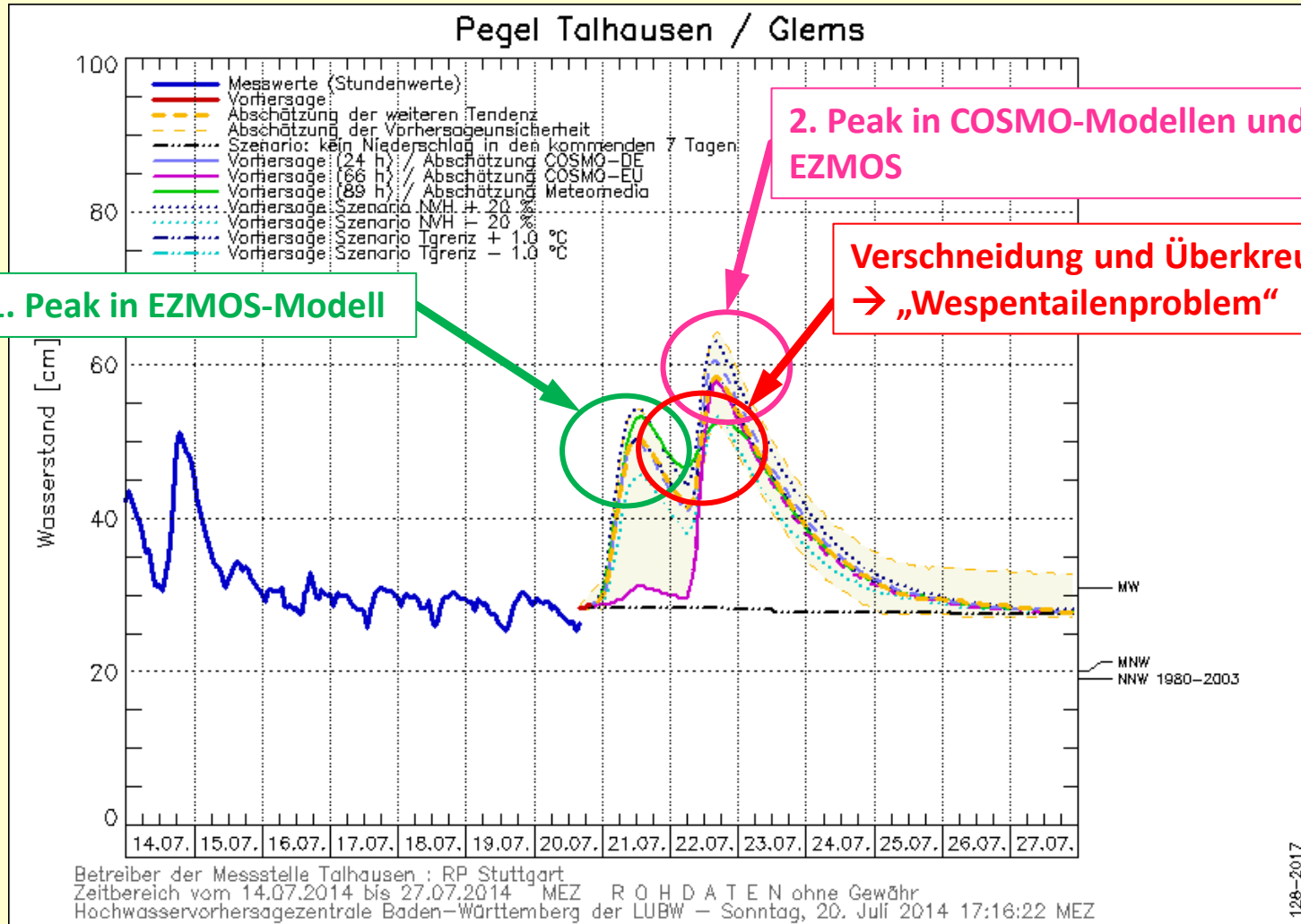
**Unsicherheitsbereich maßgeblich durch Schneeprozesse (Akkumulation, Schmelze) beeinflusst**

# Beispiele aus der Praxis „Wespentaille“

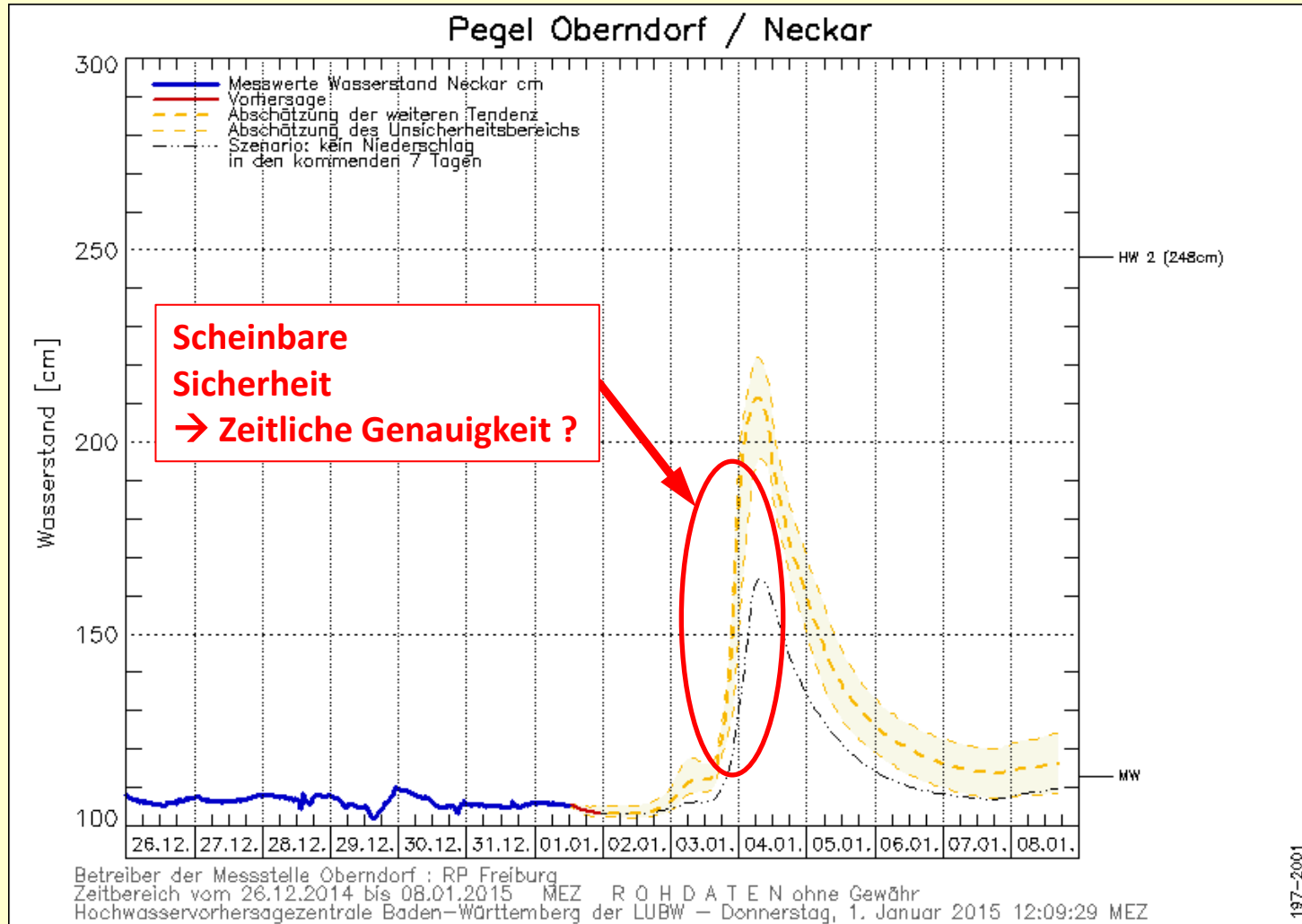




# Beispiele aus der Praxis „Wespentaille“

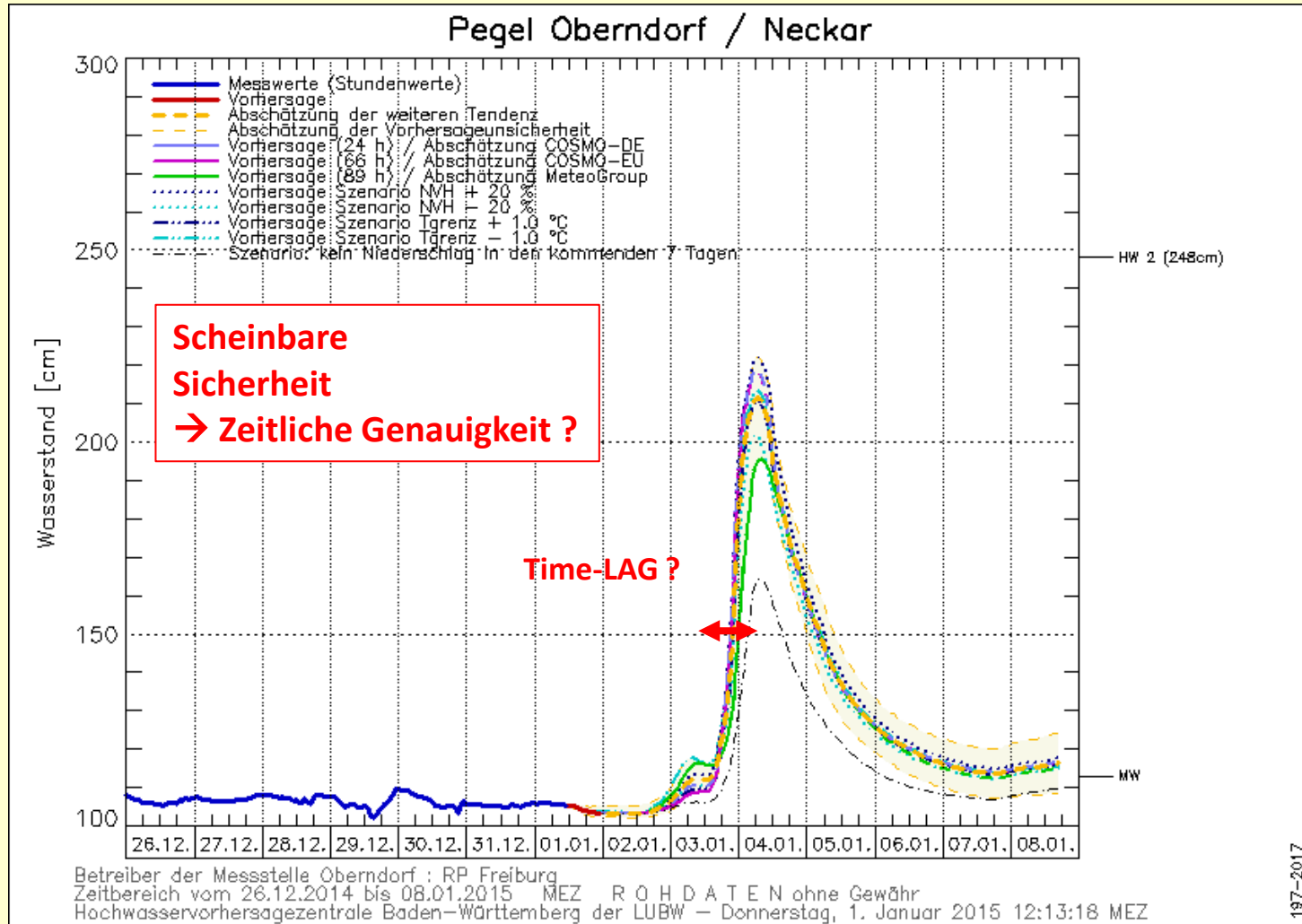


# Beispiele aus der Praxis „Time-LAG“

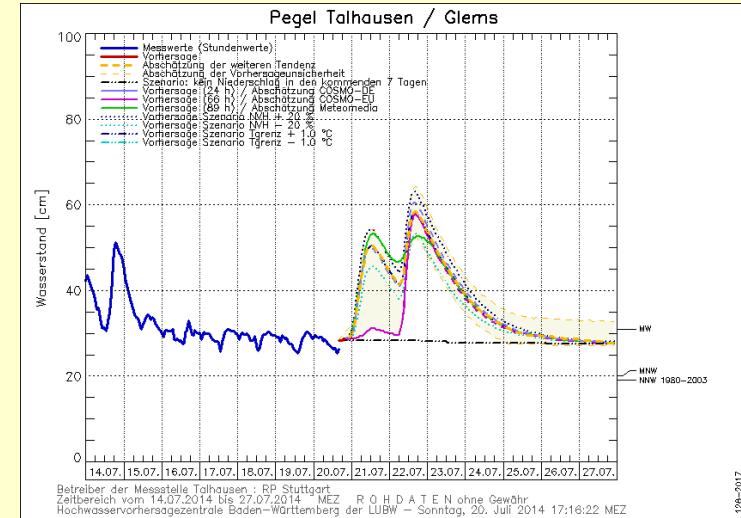
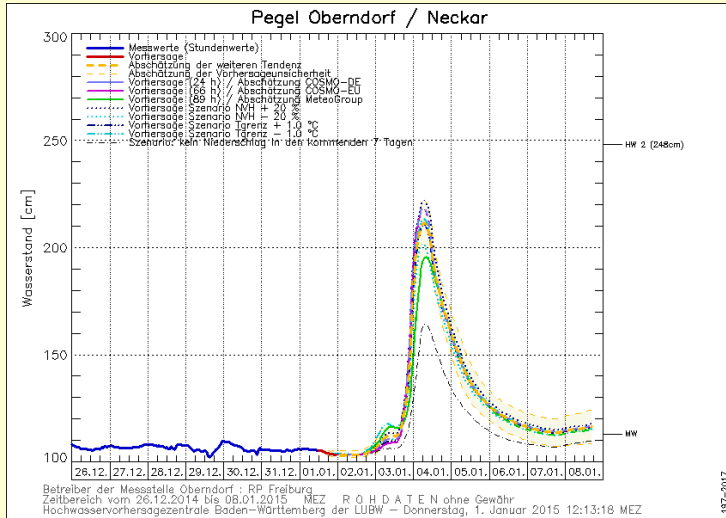


# Beispiele aus der Praxis

## „Time-LAG“



# Ausblick: Programmiererweiterungen



- Erweiterung des Programms (vh-u-band) um:
  - Pragmatische Lösungsansätze für scheinbare Sicherheiten durch „Time-LAG“- bzw. „Wespentailen“-problematik
  - Einlesen von LARSIM-Listenformat

# Zusammenfassung

- Empirische und statistische Methoden schließen sich nicht aus
- Automatisierung der „Produktion“ möglich
- Randbedingungen der Berechnung von Unsicherheiten sind wichtig
- Automatisierte (pragmatische) Korrekturverfahren zur Kommunikation von Unsicherheiten von Bedarf
- Ausblick: kontinuierliche Analysen zur Qualität der Vorhersage im operationellen Betrieb (ProFoUnD)



**Nächstes LARSIM-Anwendertreffen ?**

*Merci beaucoup  
pour votre attention!*

---

**Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit!**