



---

# Kommunikation von Unsicherheiten in der Hochwasservorhersage mit LARSIM

LARSIM-Anwendertreffen  
am 12./13.03.2024 in Luxembourg

Margret Johst, Norbert Demuth  
Abteilung Hydrologie – Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz

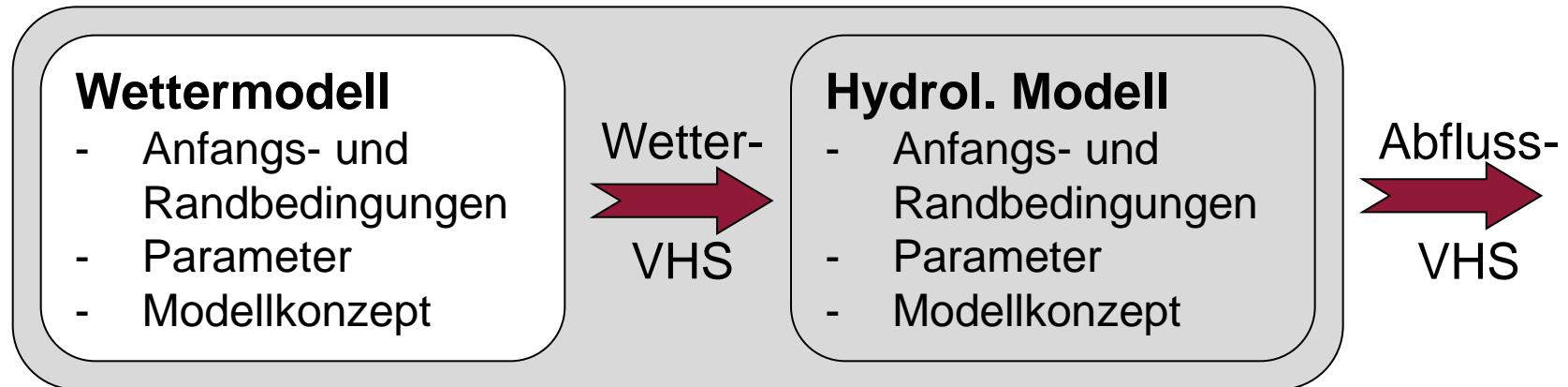


# Gliederung

---

1. Unsicherheitsquellen
2. Aktueller Stand: Unsicherheitsdarstellung der HVZ Rheinland-Pfalz
3. Wo soll es hingehen: Mögliche und geplante Unsicherheitsabschätzung
4. Herausforderungen in der verbalen Kommunikation der Entwicklungsspannweite
5. Fazit

# 1. Unsicherheitsquellen



Abweichung zwischen vorhergesagtem und gemessenem Abfluss wegen Kombination der Unsicherheiten von:

- Wettervorhersage
  - Hydrologischem Modell
  - Messungen und WQ-Beziehungen
- } Gesamtunsicherheit



# 1. Ansätze zur Unsicherheitsberechnung

- Multi-Model + Multi-Parameter + Multi-State

Vorteile: **deterministischer Ansatz**, alle (?) möglichen Entwicklungen werden abgedeckt

Nachteile: (zu) große Unsicherheitsspanne, sehr rechenintensiv

→ Kann operationell bisher nur teilweise umgesetzt werden

- Analyse historischer Vorhersagen / Hindcasts

Vorteile: **empirischer Ansatz**, weniger rechenintensiv

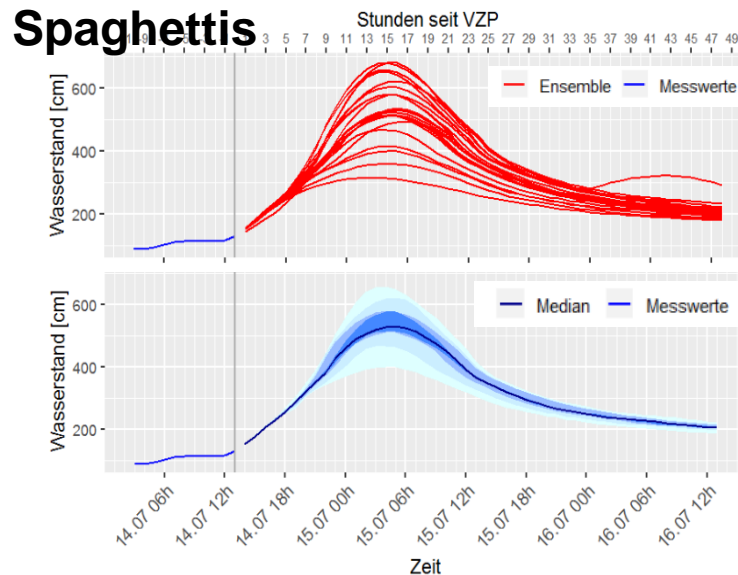
Nachteile: zu wenig große Hochwasser, fehlerhafte Vorhersagen/Messwerte werden evtl. mitverwertet

→ Z.B. Einsatz der Analyse-Software „ProFoUnD“

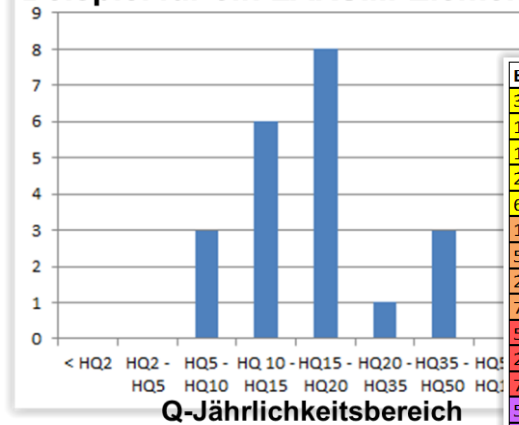
# 2. Aktueller Stand HVZ RP

## Seit 2014: ICON-D2-EPS intern

- Seit 2014 Berechnung mit 20 ICON-D2-EPS-Wettervorhersagen (zunächst für 27 h, seit 2021 48 für h)
- Interne Visualisierung (Spaghetti, Perzentile, Überschreitungswahrscheinlichkeiten)
- Berücksichtigung bei Einfärbung der Warnkarte (statistische Auswertung pro LARSIM-Gewässerelement → Regelwerk)



### Beispiel für ein LARSIM-Element



Ensembles	HQWert
3% > HQ50	HQ3
10% > HQ10 und 30% > HQ2	HQ4
10% > HQ5 und 40% > HQ2	HQ5
25% > HQ5 und 50% > HQ2	HQ6
60% > HQ2	HQ7
15% > HQ50	HQ13
50% > HQ10 und 75% > HQ5	HQ14
25% > HQ20 und 100% > HQ5	HQ15
75% > HQ10	HQ16
50% > HQ20 und 75% > HQ15	HQ34
25% > HQ50 und 100% > HQ15	HQ35
75% > HQ20	HQ36
50% > HQ50 und 75% > HQ35	HQ74
25% > HQ100 und 100% > HQ35	HQ75
75% > HQ50	HQ76

## 2. Aktueller Stand HVZ RP

### Seit 2015: Bänder für Rhein-Vorhersage

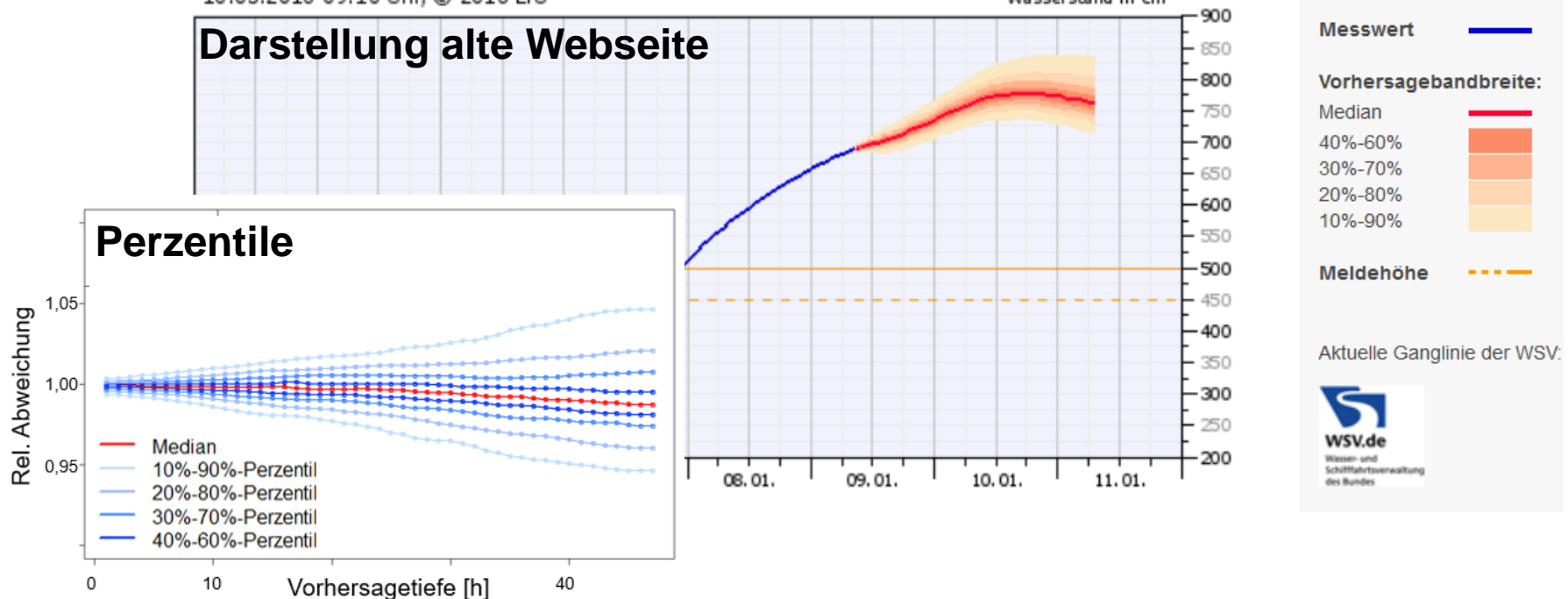
Berechnung und Analyse historischer Vorhersagen (Hindcasts der BfG)

- Perzentile der relativen Abweichung (ProFoUnD-Anwendung)
- Multiplikation mit deterministischer, operationeller Vorhersage

#### Wasserstand am Pegel Koblenz

10.03.2016 09:10 Uhr, © 2016 LfU

#### Darstellung alte Webseite

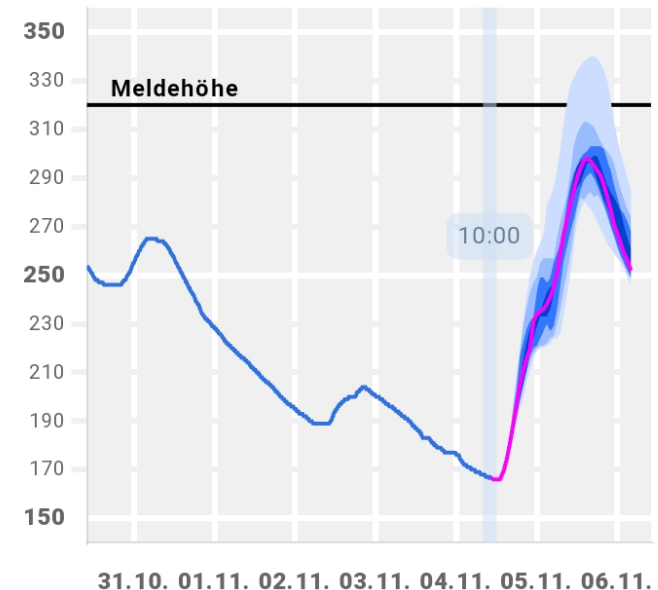




## 2. Aktueller Stand HVZ RP

### Seit 2023: ICON-D2-EPS öffentlich

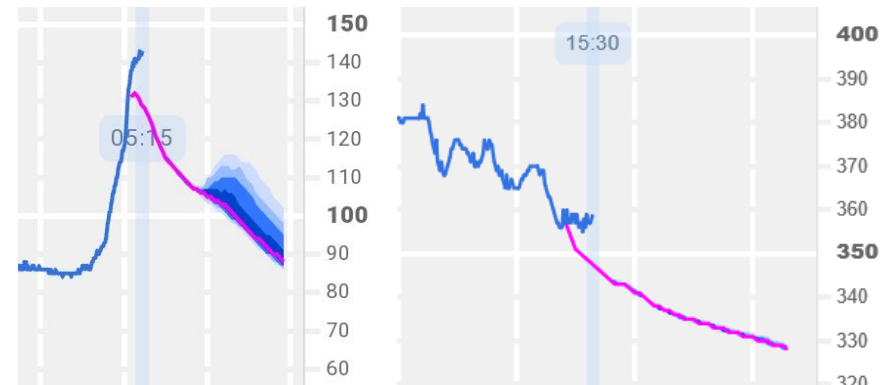
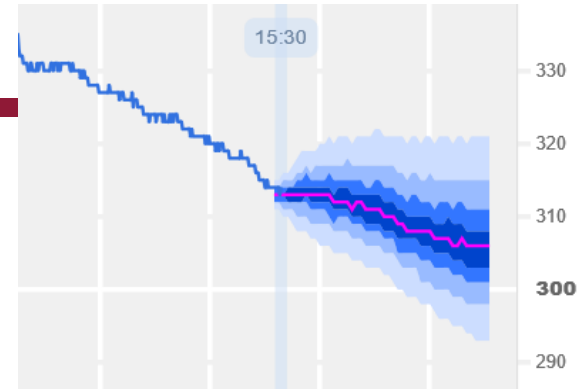
- 2016 – 2023 Testphase, Migration zum Landesrechenzentrum, Aufbau von neuem Webangebot und Nutzerbefragung → öffentliche Darstellung bei Liveschaltung des neuen Webangebot 2023
- Spannweite wird grundsätzlich sehr gut angenommen und wenig technische Probleme



# 3. Wo soll es hingehen?

## Aktuelle Mankos

- Rhein: Spannweite im Scheitelbereich und wenn kein Regen fällt viel zu weit; Vorhersagen zu kurz
- Sonstige Gewässer: Bisher nur Darstellung der meteorolog. Unsicherheit; hydrologische Unsicherheit vorallem bei kleinen Gewässern oft groß
- Generell: Spannweite in Texten und Tabellen nur eingeschränkt vermittelbar



Vorhersagen

Mittwoch	06.03.2024	
Mittwoch	10:00 Uhr	349 cm
Mittwoch	11:00 Uhr	347 cm
Mittwoch	12:00 Uhr	346 cm



### 3. Wo soll es hingehen?

## Ansatz 1: Multi-Parameter + Multi-State?

**Vision:** Umfassende Variantenrechnungen in Echtzeit mit Parameter- und Zustandsvariation in Abhängigkeit der hydrologischen Situation (z.B. bei Schnee, Bodenfeuchte nahe Sättigung, hoher Direktabflussanteil)

- Welche Parameter sind in welcher hydrologischen Situation besonders sensitiv?
- Parametersatz für „better case“ und „worse case“?
- Wie können die hydrologischen Variantenrechnungen mit der meteorologischen Unsicherheit kombiniert werden?
- Wie können die Berechnungen beschleunigt werden?

# 3. Wo soll es hingehen?

## Parameter für Variantenrechnungen

### Unvollständiges Beispiel:

Parameter	Bedeutung	better case	worse case
EQD	Rückhaltegröße Direktabfluss	-20%	+20%
EQD2	Rückhaltegröße schneller Direktabfl.	-10%	-10%
Tmit_Sr	mittl. Grenztemp. Schnee-Regen	3	-2
Sret	max. Schnee-Retention	47	5
Kfeld	Korrekturfaktor Feldkapazität	1,2	0,8

- Beispiel greift für Schneeschmelzereignisse sowie Hochwasser in kleinen Gebieten und eher nicht für Mittel- und Niedrigwassersituationen und Hochwasser in großen Gebieten
- Interaktion der Parameter erschwert Transparenz
- Zur Beschleunigung der LARSIM-Berechnung könnten eventuell LARSIM-Teilmodule / Optionen ausgeschaltet werden



### 3. Wo soll es hingehen?

## Ansatz 2: Analyse historischer Vorhersagen

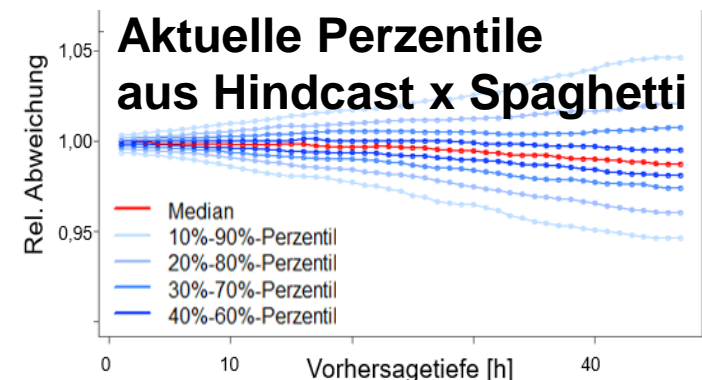
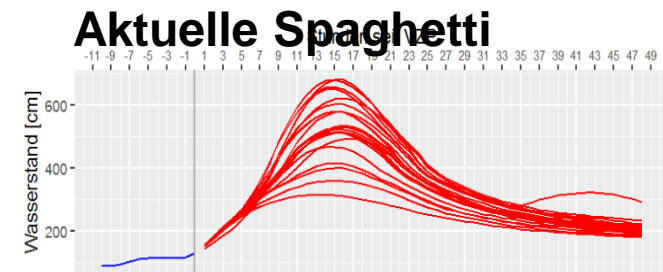
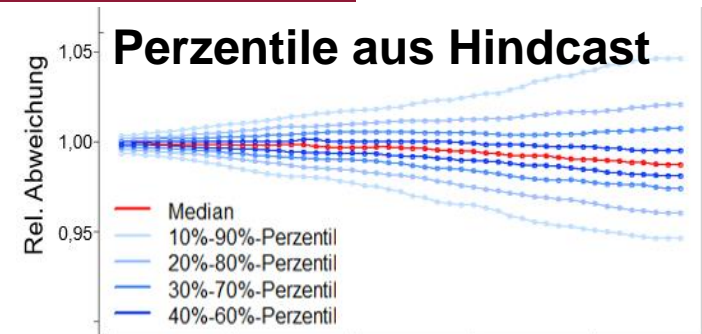
**Vision:** Ableitung von mittleren relativen Abweichungen aus Hindcast-Berechnungen mit gemessenen Niederschlägen. Diese mittlere „hydrologische Unsicherheit“ würde alle „Restunsicherheiten“ umfassen.

- Wie kann die mittlere Abweichung für unterschiedliche hydrologische Situationen bestimmt werden wenn für die hydrologischen Situationen nur eine begrenzte und nicht homogenen Stichprobe vorliegt?
- Wie können offensichtlich fehlerhafte Einflussfaktoren, die im operationellen Betrieb als solche erkannt würden, eliminiert werden?
- Wie kann die „hydrologische Unsicherheit“ mit der „meteorologischen Unsicherheit“ kombiniert werden?
- Wie können Modellverbesserungen bei der Anpassung der Spannweiten abgebildet werden?

# 3. Wo soll es hingehen?

## Ansatz 2: Konkretes Vorgehen RP

- Hindcasts 1996 – 2023 mit automatischer Modelloptimierung und mit gemessenen Klimadaten (Berechnung einmal täglich, bei Hochwasser alle drei Stunden)
- Auswertung mit ProFoUnD → **9 Perzentile** der relativen Abweichung für unterschiedliche Abflussbereiche und für jede Vorhersagestunde
- Multiplikation der 9 Perzentile mit den **20 Spaghettis** der ICON-D2-EPS-Berechnung → 180 Vorhersagen
- Statistische Auswertung der 180 Vorhersagen → **9 Perzentile** für die Darstellung im Webangebot





### 3. Wo soll es hingehen?

## Konkretes Vorgehen Rhein-Vorhersage

- Laufender Austausch aller Rhein-Vorhersagezentralen inklusive F, NL und Lux
- Geplant und in Entwicklung ist:
  - Berechnung der aktuellen meteorologischen Vorhersageunsicherheit für alle Zuflüsse (Verwendung ICON-EU-Ensemblevorhersagen)
  - Abschätzung mittlerer hydrologischer Unsicherheit
  - Ensemble-Postprocessing
- Einheitliches Vorgehen und klare Abstimmung (nächster Workshop der Rhein-Vorhersagezentralen im April; Federführung BfG)

## 4. Verbale Kommunikation

- Verbale Kommunikation kann deutlich mehr Hintergrund-/Expertenwissen beinhalten, als es über die Darstellung von Spannweiten möglich ist
- Aber: Auch der Informationsgehalt in den Spannweiten-Darstellungen lässt sich nur eingeschränkt verbalisieren
- Angabe von Spannweiten und Unsicherheiten in Texten:
  - „im Bereich von ... cm“
  - „zwischen ... cm und ... cm“
  - „Überschreitung von ... cm ist wahrscheinlich, möglich, nicht auszuschließen“
- Verbale Kommunikation darf nicht vernachlässigt werden!



## 5. Fazit

- Unsere Vorhersagen waren noch nie so gut wie jetzt 😊
- Aber im Hochwasserfall und vor allem im ansteigenden Ast ist die „hydrologische Unsicherheit“ teilweise noch sehr groß und noch nicht abbildbar
- Sowohl die Variantenrechnung als auch die Hindcast-basierte Unsicherheitsdarstellung ist relativ aufwändig, komplex und eine Verlängerung der Vorhersagebänder nicht trivial
- Sind pragmatische einfache Lösungen eventuell besser?
- Im Katastrophenschutz und bei Betroffenen muss Verständnis für Spannweiten und deren Nutzbarkeit bei der Maßnahmenplanung erweitert werden!!!