

# Qualitätsverbesserung der Prognosen durch Modellnachführung

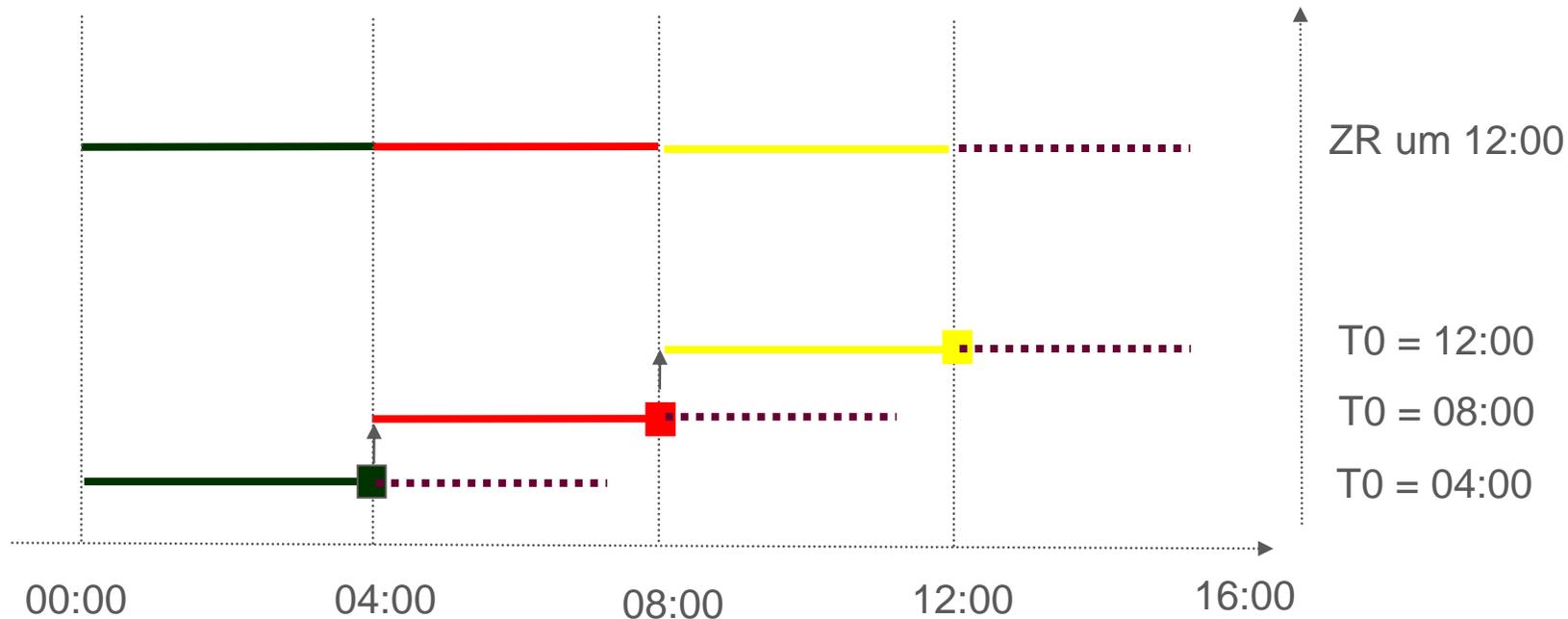
Delft-FEWS Anwendertreffen in Aachen, 20.06.2024

Elmar Geers

- ▶ Allgemeines
- ▶ Anpassung Modellzustand
- ▶ Anpassung Modell
- ▶ Ausblick: Automatische Modellnachführung

# Warum wird Modellnachführung benötigt?

- ▶ Modellrechenläufe müssen auf einen Startzustand aufsetzen (Coldstates / Warmstates)
- ▶ In Delft-FEWS werden in regelmäßigen Abständen auf Basis von Messdaten Updaterechenläufe gestartet
- ▶ Diese erzeugen Warmstates die wiederum den Startzustand für den nächsten Updaterechenlauf darstellen
- ▶ Prognoserechenläufe können so auch immer auf einem aktuellen Warmstate aufsetzen



# Warum wird Modellnachführung benötigt?

Modelle können die Wirklichkeit nur bedingt abbilden



Modellfehler sind nichts außergewöhnliches

Modelle sind häufig für einen bestimmten Zweck kalibriert (feucht / trocken, Hochwasser / Niedrigwasser)



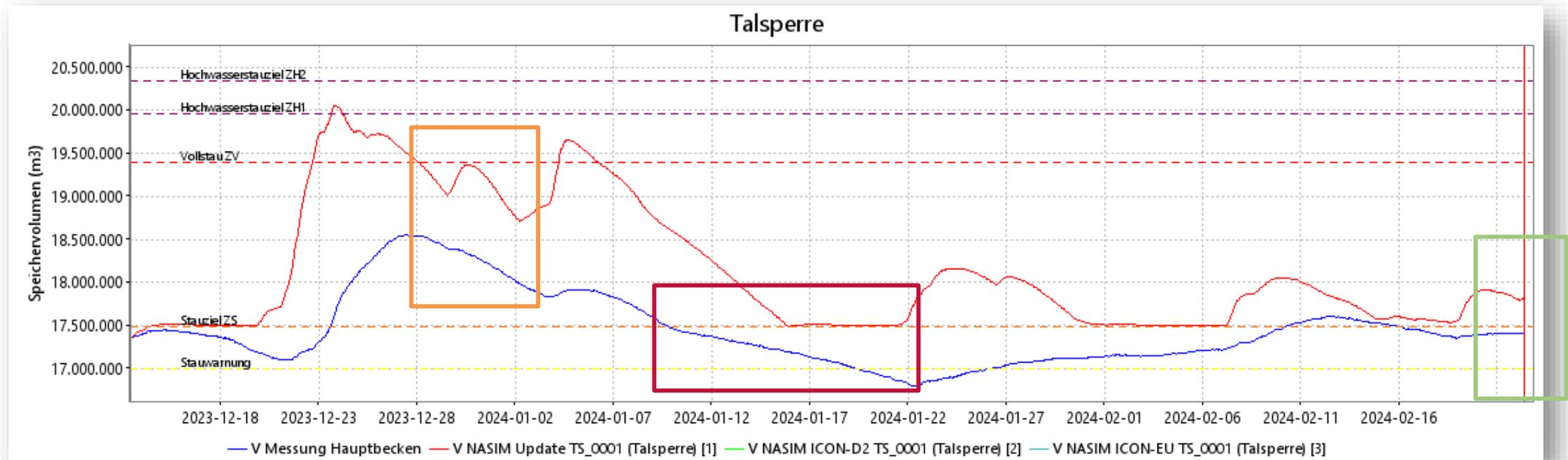
In Delft-FEWS werden die Modelle jedoch ganzjährig zu verschiedenen betriebe

Talsperrenabgabe, Wehrsteuerung



Bewusstes Abweichen von der Norm in der Realität

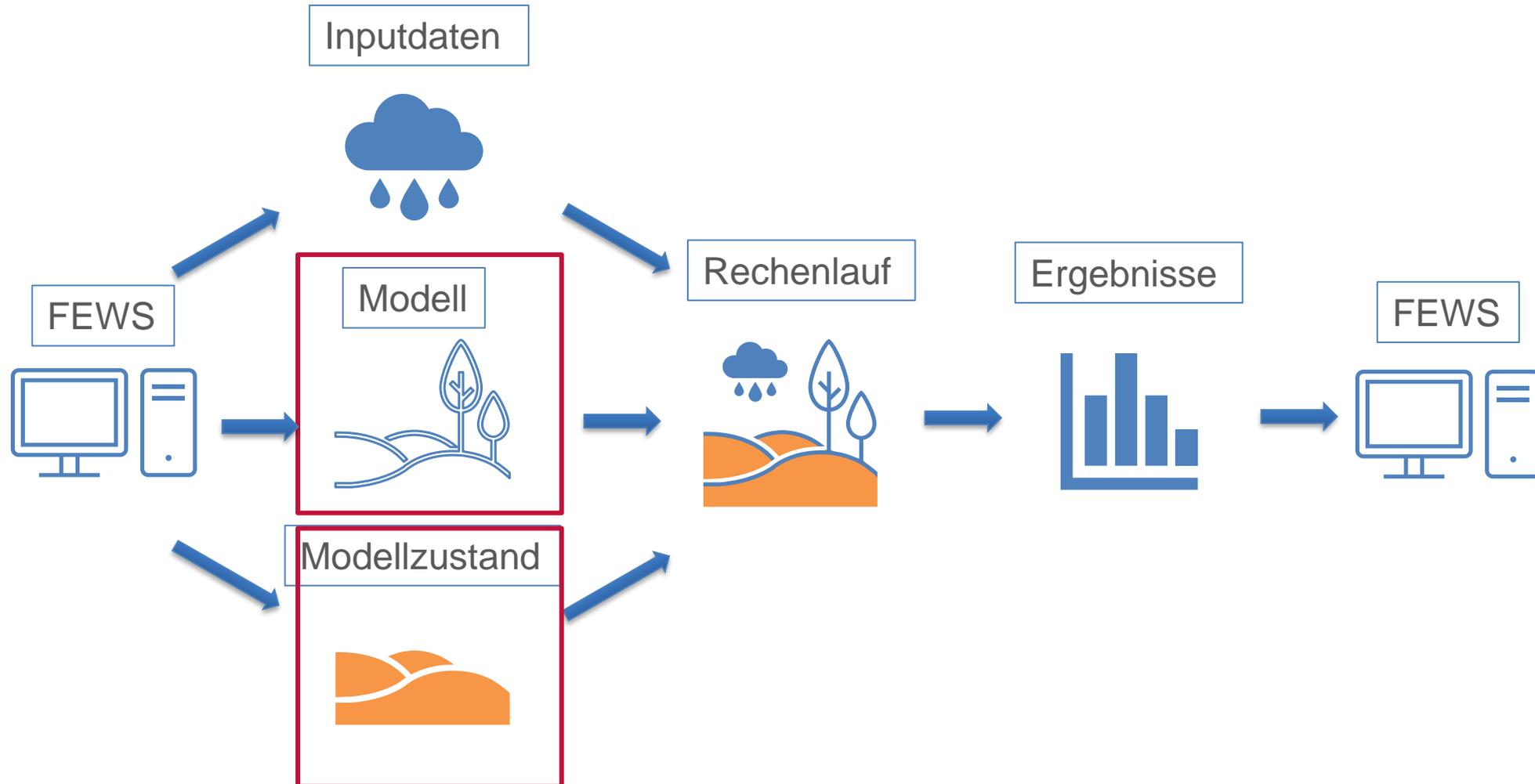
# Warum wird Modellnachführung benötigt?



- Modelle können die Wirklichkeit nur bedingt abbilden -> Modellfehler
- Evtl. wird in der Realität bewusst von den im Modell hinterlegten Parametern abgewichen (Talsperrenabgabe)
- Im längeren Betrieb kann sich daher der Modellzustand immer weiter von der Realität entfernen
- Eine Prognose ist daher direkt zum Scheitern verurteilt

# Möglichkeiten der Modellnachführung in Delft-FEWS

- › Manipulation / Korrektur der Input und Ergebnisdaten (ARMA-Korrektur)
- › Manipulation der Modellzustände oder Parameter des Modells selbst



- ▶ Allgemeines
- ▶ Anpassung Modellzustand
- ▶ Anpassung Modell
- ▶ Automatische Modellnachführung

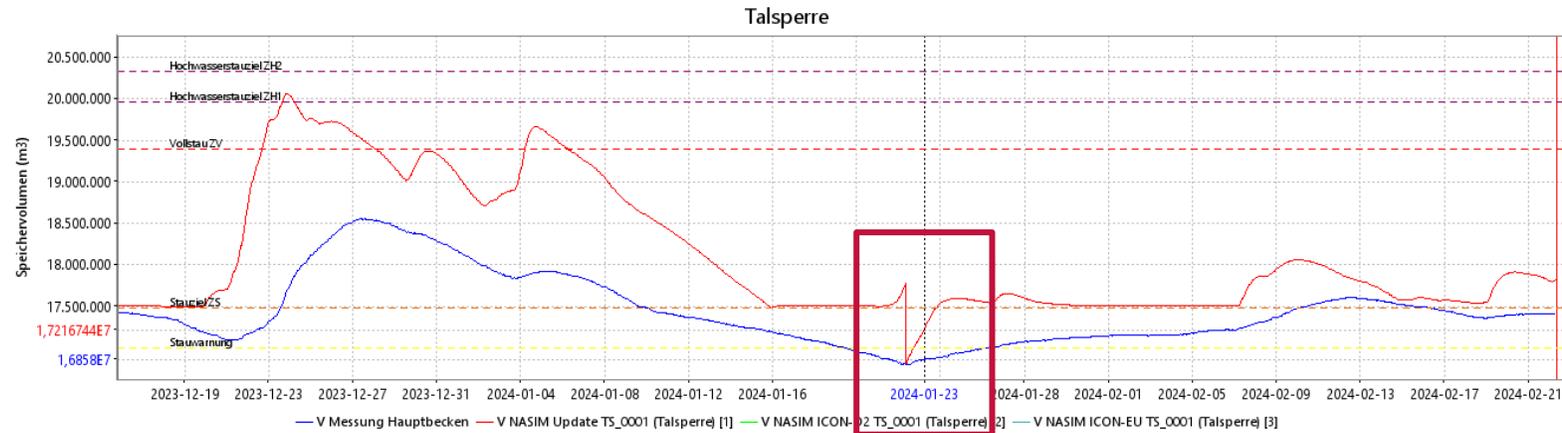
# Anpassung des Anfangszustandes

## Bsp. NASIM Talsperreninhalt

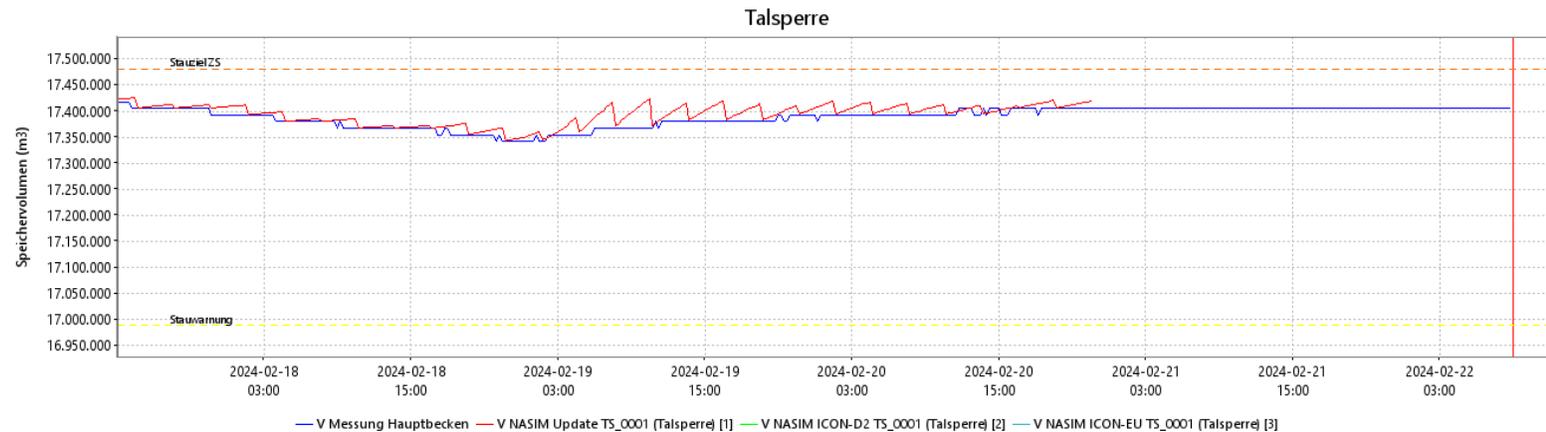
Modellzustand



► Kann Modellfehler zu Beginn der Simulation beheben



► Zu Beginn jedes Update- und Prognoselaufes kann eine Korrektur stattfinden



## Modellzustand

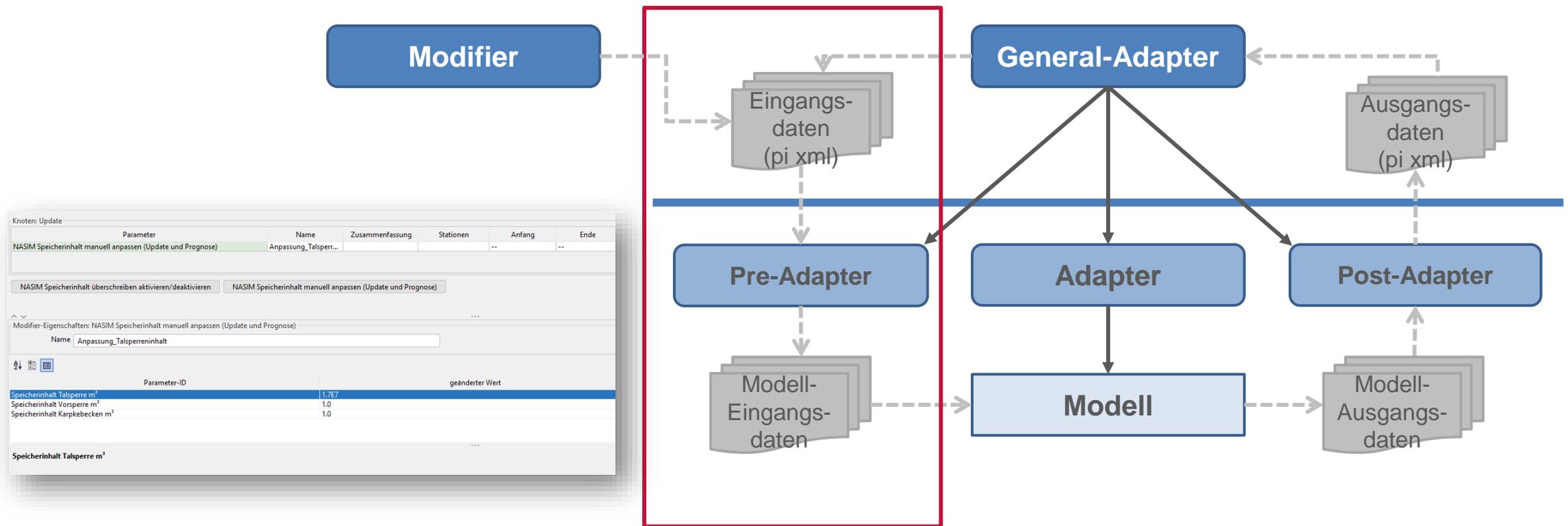


- ▶ Auf Basis welcher Daten könnten Anfangszustände angepasst werden? Und wäre dies überhaupt sinnvoll?
- ▶ Zustandsparameter oft abstrakt
- ▶ Bsp. NASIM-Anfangsbedingungen

Parameter	Datenquelle
Speicherinhalt (z. B. Talsperre), Gerinneabfluss, Kanalabfluss	Pegelmessungen
Oberflächenspeicher	?
Interzeptionsspeicher	?
Infiltrationsspeicher	?
Bodenfeuchtespeicher	Messdaten, DWD AMBAV (Modell), ?
Grundwasserspeicher	Messdaten, DWD AMBAV (Modell), ?
Schneehöhe, Wassergh. Schnee	DWD SNOW4

# Anpassung des Anfangszustandes aus technischer Sicht

- ▶ Umsetzung in der Delft-FEWS GUI über Modifier
- ▶ Modelladapter interpretiert die Inputs und passt die Zustände und das Modell vor dem Start des Modells an

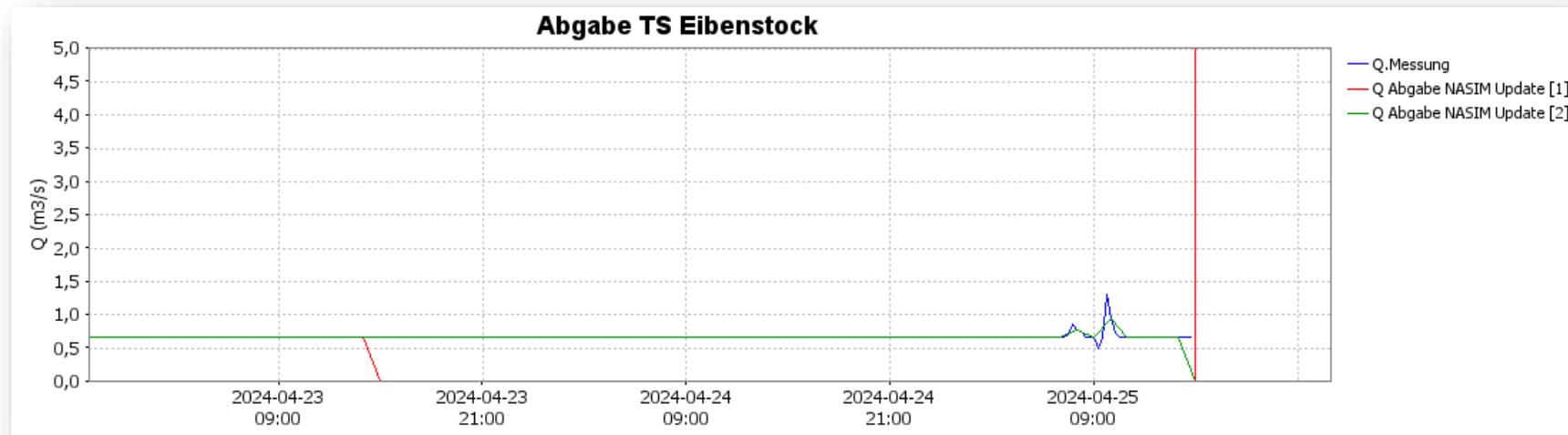


- ▶ Allgemeines
- ▶ Anpassung Modellzustand
- ▶ Anpassung Modell
- ▶ Automatische Modellnachführung

## Modell



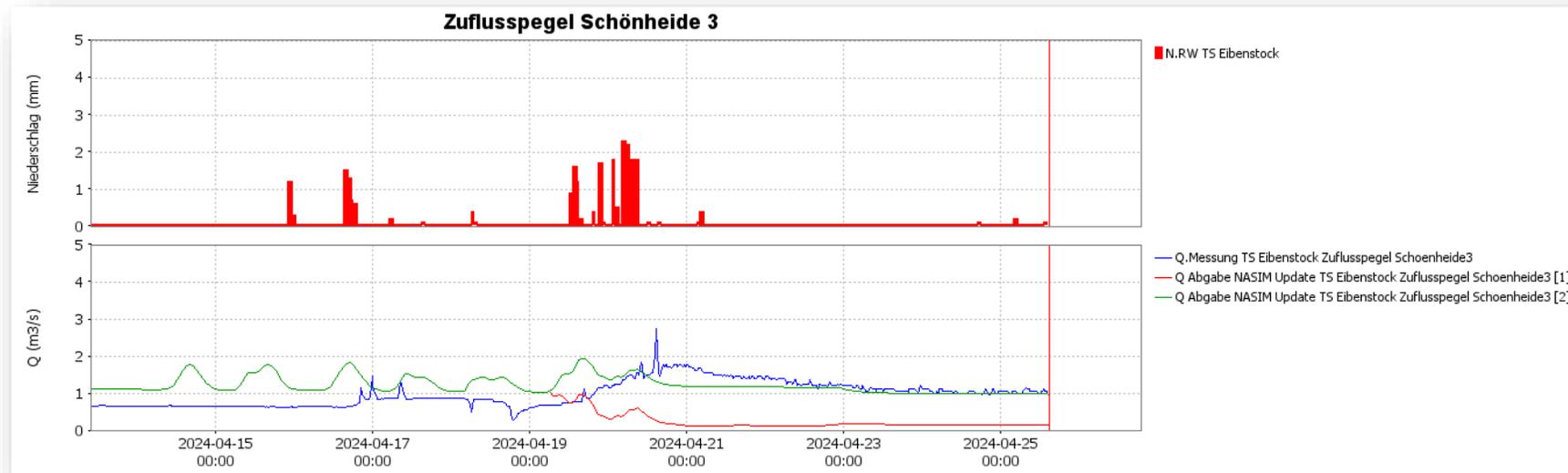
- ▶ Bsp. NASIM Steuerregeln mit Messwerten überschrieben
  - ▶ Aber auch SOBEK Wehrsteuerung
- ▶ Steuerregeln überschreiben
  - ▶ Entweder mit einer Zeitreihe
  - ▶ Anpassung der Trigger und Controller eines Modells aus Delft- FEWS
- ▶ Daten sind für die Updateläufe vorhanden. Nutzung daher sinnvoll, um Modellfehler zu vermeiden



## Modell



- Kann die Modellcharakteristik dauerhaft beeinflussen
- Bsp. NASIM-Eichfaktoren Eichfaktor Retention Basisabfluss x10
  - Weiterer denkbarer Anwendungsfall z. B. Rauheit im 1D/2D-Hydraulik Modell anpassen an Vegetation



- Fachkenntnis nötig (Hydrologie, Hydraulik)
- Softwarekenntnisse der jeweiligen Software nötig (NASIM, SOBEK, etc.)

# Anpassung der Modellparameter aus fachlicher Sicht

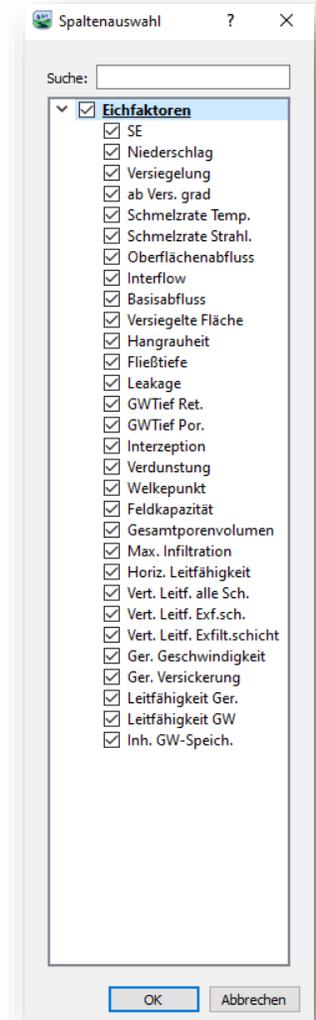
Modell

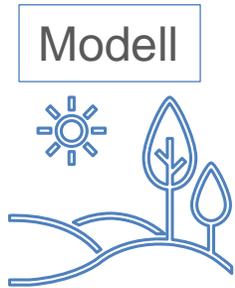


- ▶ Warum könnten welche Parameter im Modell angepasst werden?
  - ▶ Bsp. Hydrologie (NASIM)

Parameter	Warum?
Vert. Leitfähigkeit	Schwer für alle hydrologischen Zustände gut zu treffen (Sommer/ Winter) Anpassung: Falls Abflussvolumen eines Ereignisses nicht stimmt
Max. Infiltration	
Retentionen	Falls der Abflussscheitel nicht getroffen wird
Talsperrenabgaben	In der Realität wird oft vom Steuerungsplan abgewichen
Wehrsteuerungen	
Schneesmelze / Temperatur	Wenn um den Gefrierpunkt die Abflusswerte nicht stimmen
Evapotranspiration	Abhängig von der Vitalität der Vegetation
Niederschlag	Radarniederschläge bei starken Ereignissen oft ungenau

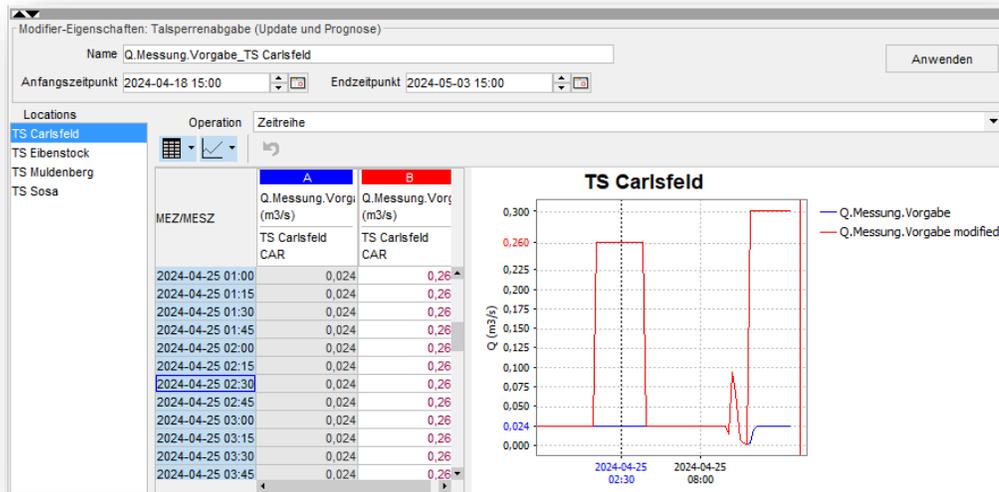
- ▶ Auf Basis welcher Datengrundlage? -> Erfahrungswerte





- ▶ Herausforderung:
  - ▶ Fachkenntnis nötig (Hydrologie, Hydraulik)
  - ▶ Softwarekenntnisse der jeweiligen Software nötig (NASIM, SOBEK, etc.)
  
- ▶ Vorteile in Delft-FEWS
  - ▶ Nachkalibrierung kann direkt aus der Delft-FEWS GUI erfolgen
  - ▶ Delft-FEWS bietet sich gut an für Try-and-Error, da die Inputdaten vorgehalten und Ergebnisse direkt visualisiert werden

## Talsperrenabgabe



## Modellparameter (Eichfaktoren)

Node: Update

Pa...	Name	Zusammenfas...	Stationen	Anfang	Ende	Anwender	Crea... E...	Aktiviert
N...	RunNASIM1A...			--	--	Elmar Geers	Elma... 202...	<input checked="" type="checkbox"/>

NASIM States Schwarzwasser (Update und Prognose)    Import    Export

Talsperrenabgabe (Update und Prognose)

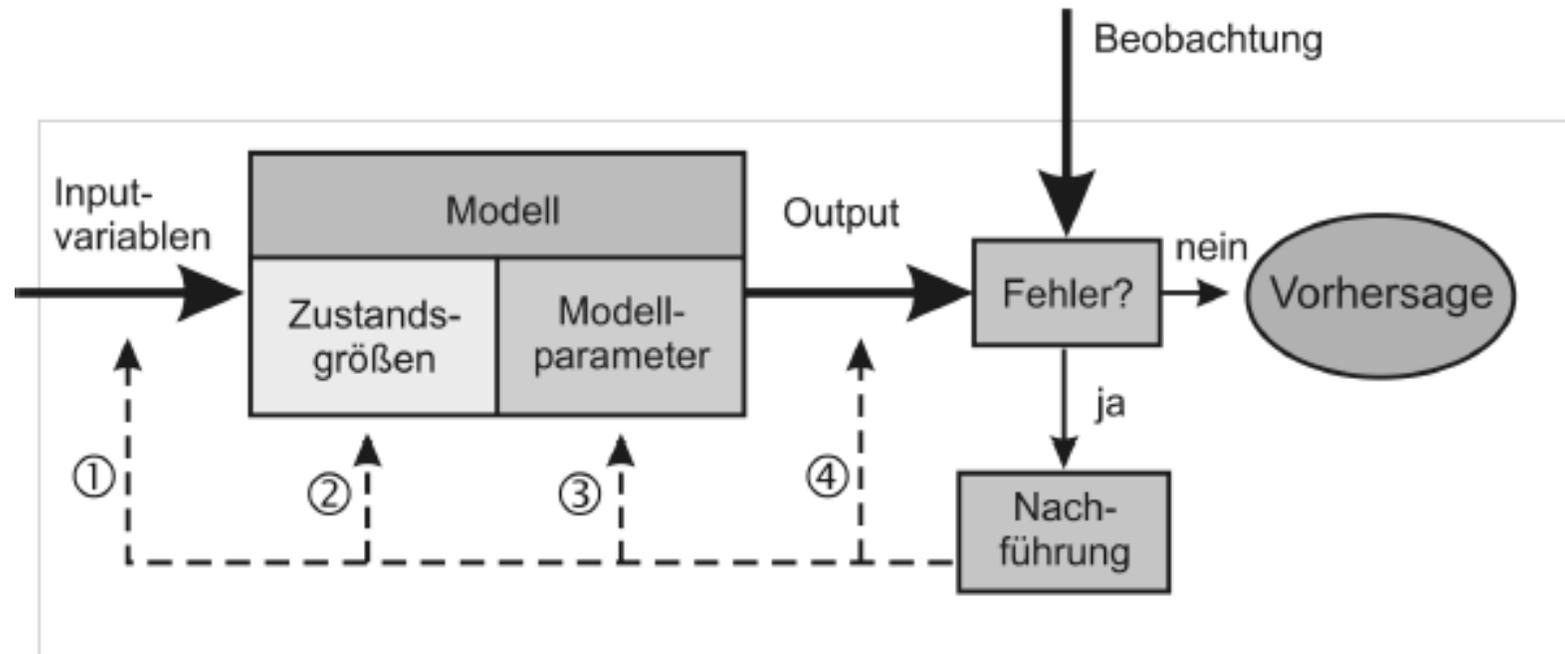
Modifier-Eigenschaften: NASIM States Schwarzwasser (Update und Prognose)

Name: RunNASIM1A\_Schwarzwasser    Anwenden

Parameter-Id	geänderter Wert	Originalwert
✓ Gesamtes Modellgebiet		
Faktor Bodenfeuchte (Gesamtes Modellgebiet)	1.0	1.0
Faktor Grundwasserspeicher (Gesamtes Modellgebiet)	1.0	1.0
Faktor Niederschlag (Gesamtes Modellgebiet)	1.0	1.0
Faktor Retention Oberflächenabfluss (Gesamtes Modellgebiet)	1.0	1.0
Faktor Retention Interflow (Gesamtes Modellgebiet)	1.0	1.0
Faktor Retention Basisabfluss (Gesamtes Modellgebiet)	10.0	1.0
Faktor Max. Infiltration (Gesamtes Modellgebiet)	1.0	1.0
Faktor Vert. Leitfähigkeit Exfiltrationsschicht (Gesamtes Modellgebiet)	1.0	1.0

- ▶ Allgemeines
- ▶ Anpassung Modellzustand
- ▶ Anpassung Modell
- ▶ Automatische Modellnachführung

- Kalibrierung erfordert Fachkenntnis und Try-and-Error



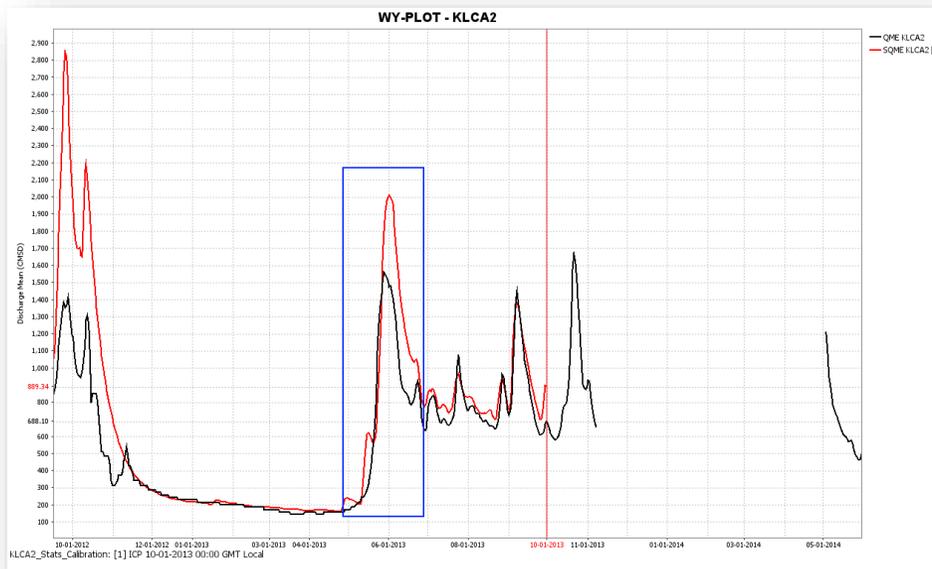
Quelle: Jaskulski (2018)

- Kann dieser Prozess automatisiert werden?
- Anstelle eines Updatelaufes könnte eine Updatekalibrierung stattfinden
- Ermittelte Parameter würden für die Prognose verwendet werden

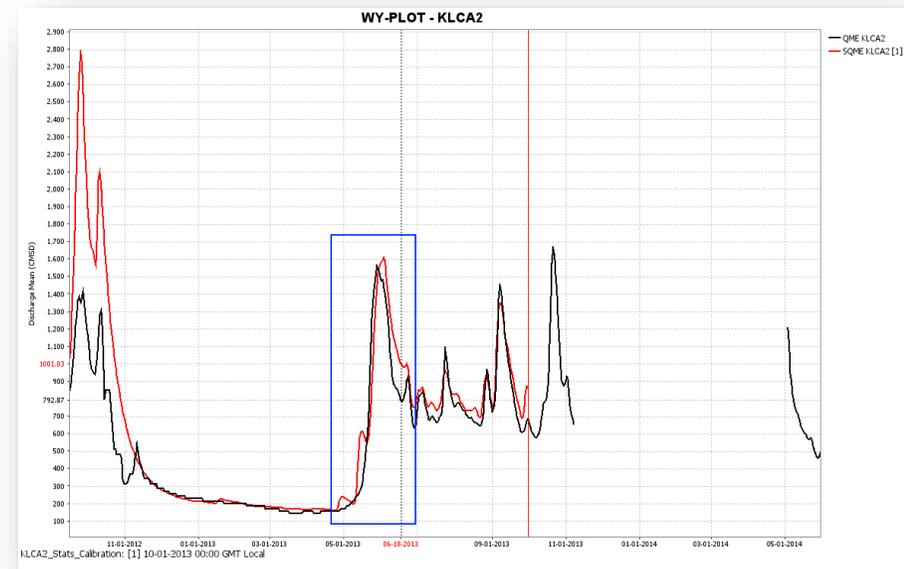
# Automatische Modellanpassung Delft-FEWS

- ▶ Delft-FEWS verfügt über ein Auto-Kalibrierungstool
- ▶ Basierend auf OpenDA und dem Shuffle-Complex-Evolution Verfahren

Vorher



Nachher



- ▶ <https://publicwiki.deltares.nl/display/FEWSDOC/Auto+Calibration>



# Automatische Modellanpassung Delft-FEWS

Modifier-Eigenschaften: NASIM Pöhl Autokali

Name: NASIM\_States\_Pöhl

Parameter name	RunNASIM_Poehl_A		
	original value	modified value	
Faktor Retention Oberfläch...	1	1	AC
Faktor Bodenfeuchte (Ges...	1	1	AC
Faktor Grundwasserspeich...	1	1	AC
Faktor Niederschlag (Ges...	1	1	AC
Faktor Retention Interflow...	1	1	AC
Faktor Retention Basisabfl...	1	1	AC
Faktor Max. Infiltration (G...	1	1	AC
Vert. Leitfähigkeit alle Schi...	1	1	AC

Preserve ratio/difference

preserve ratio  preserve difference  no relation

Karte (Map) | Zeitreihendisplay | Modifiers | X

Elm... Prognosezeitpunkt T... 2022-12-... Archive: n... Stan... 50,51... 0, 7...

Auto Calibration

Workflow start time: 2022-12-05 06:00

Calibration start time: 2022-12-03 06:00

Calibration end time: 2022-12-05 06:00

Min improvement percentage: 0.0

Shuffling Loops for min Improvement: 2

Number of complexes: 1

Maximum number of evaluations: 10

Auto calibrate | Abbrechen

Auto Calibration

Include

Upper boundary: 2.0

Lower boundary: 1.0

Abbrechen | OK

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Gibt es Fragen?