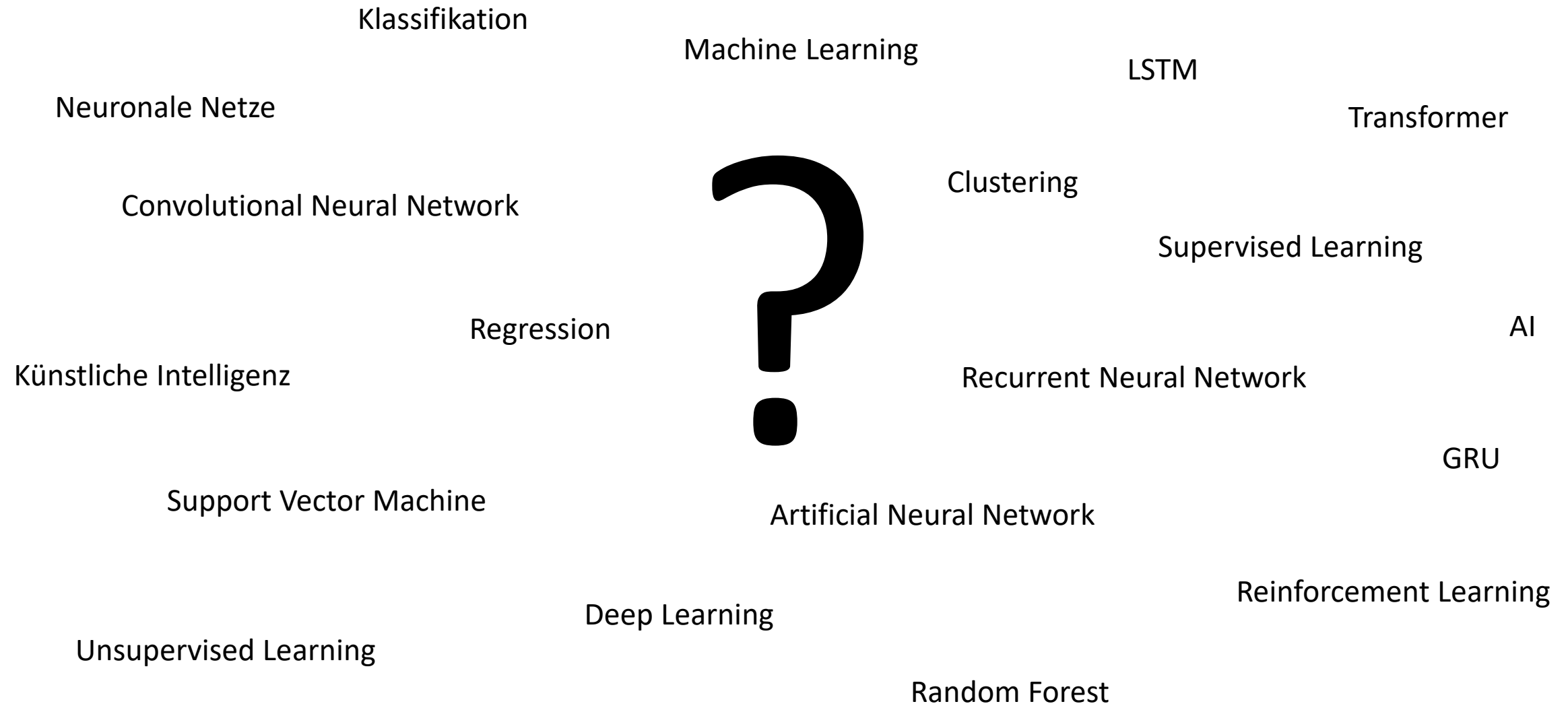


# „KI“ und LARSIM: Erfahrungen, Chancen, Möglichkeiten

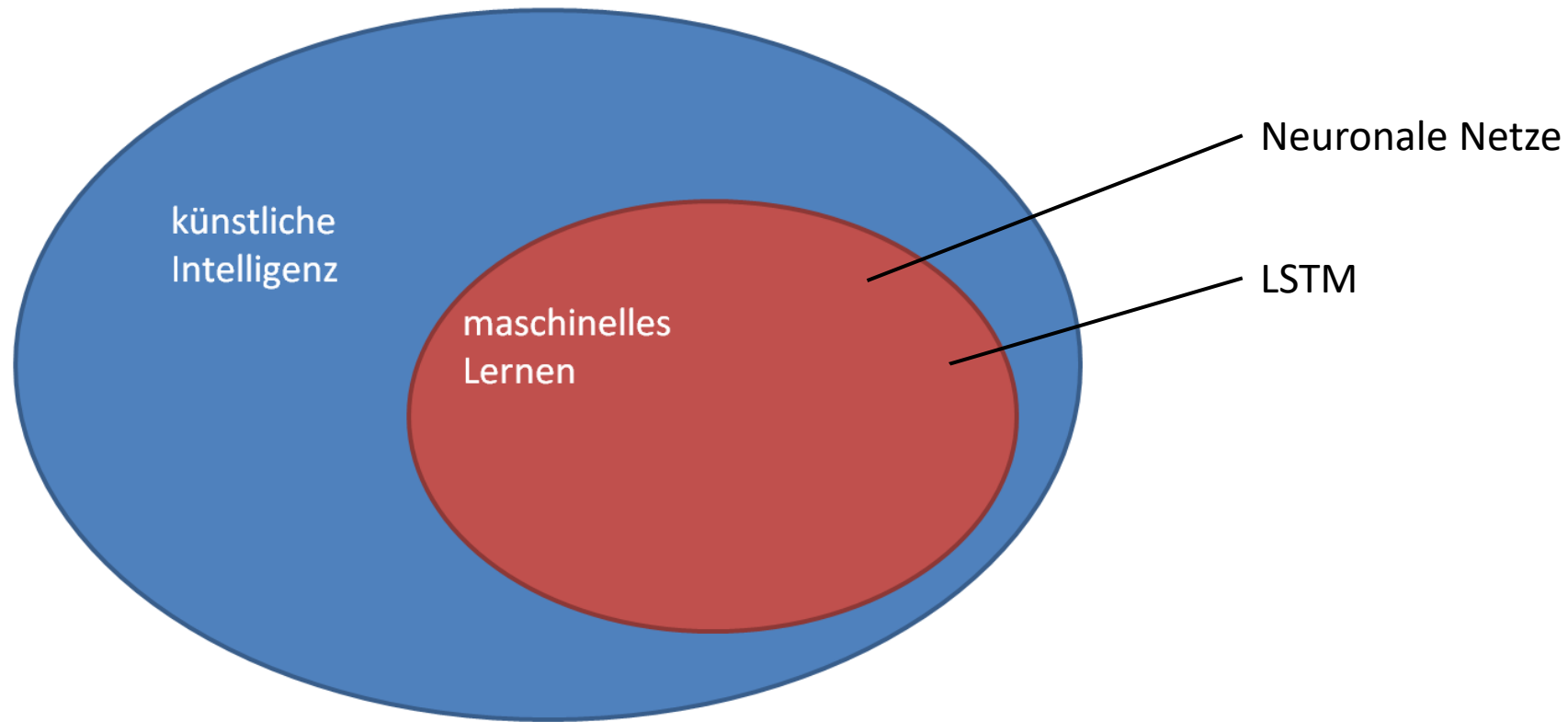
Dirk Aigner (HYDRON GmbH, Karlsruhe)  
PD Dr.-Ing. Uwe Ehret, Orhan Delil Tanrikulu (Karlsruher Institut für Technologie)

Internationaler LARSIM-Anwenderworkshop  
13. Oktober 2024

# Begriffsabgrenzung

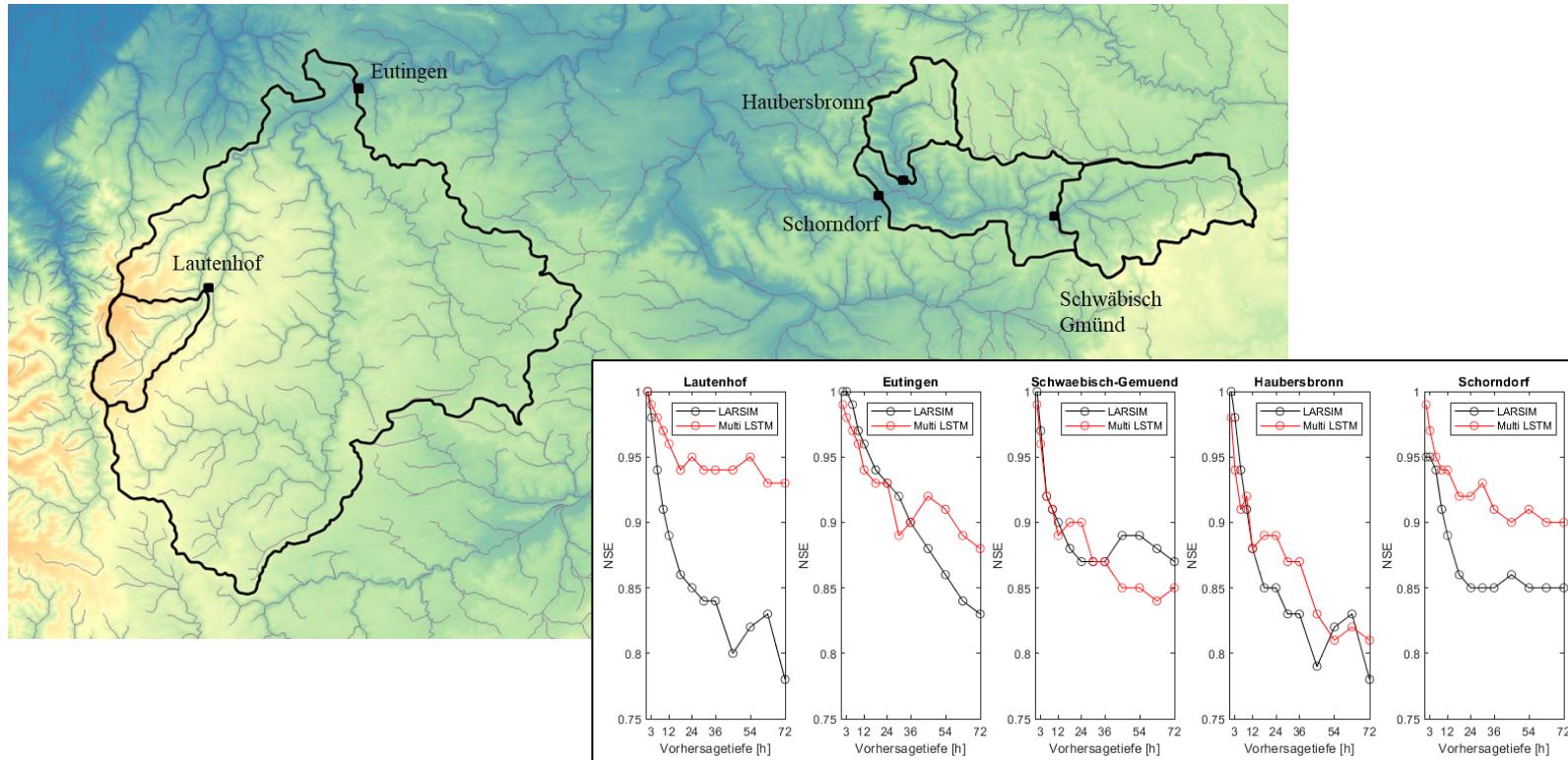


# Begriffsabgrenzung



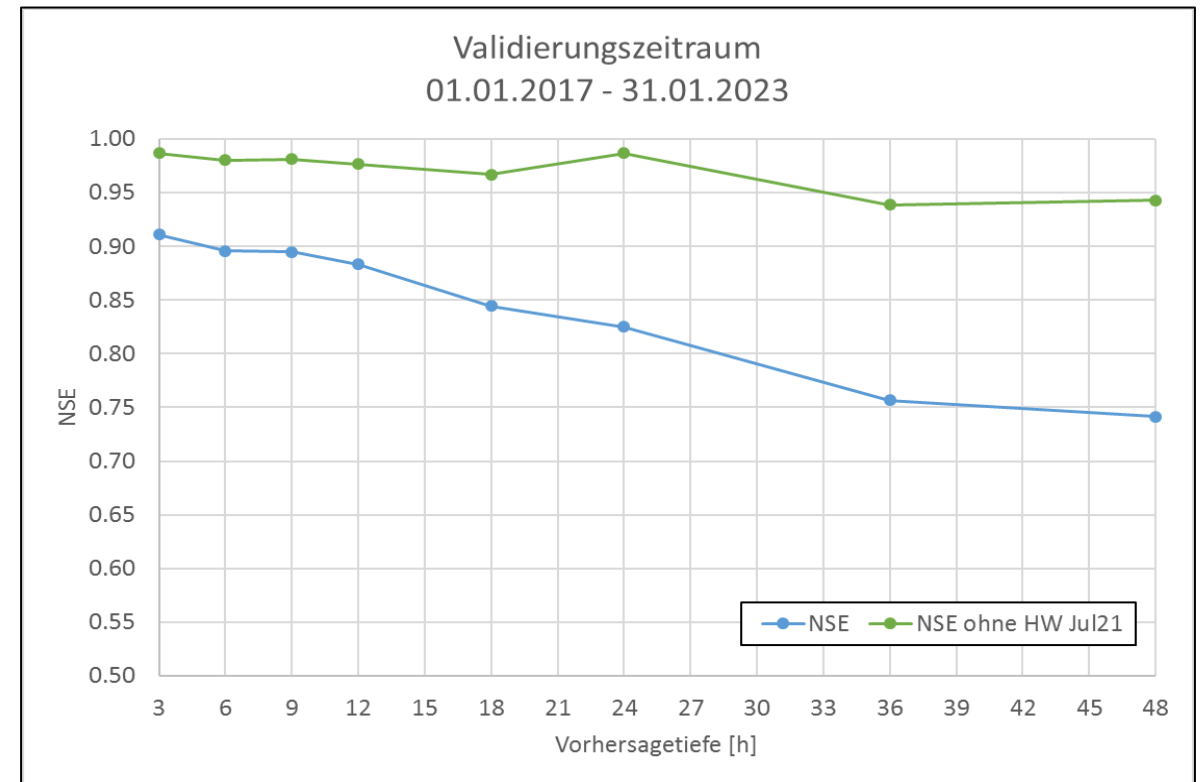
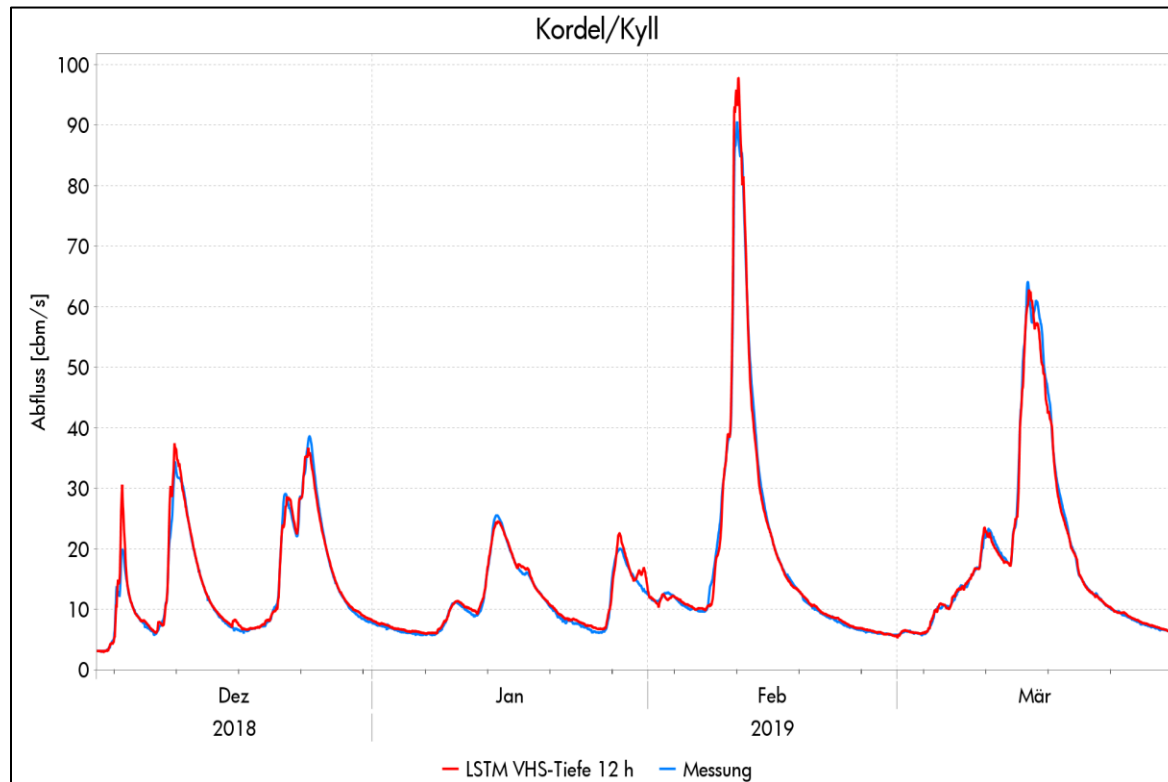
# ML im LARSIM-Kontext: Ausgangspunkt

- Masterarbeit Orhan Tanrikulu (siehe Vortrag „*The potential of machine learning for hydrological simulation and forecasting exemplified with LSTM and LARSIM*“)
- Vielversprechende Ergebnisse für fünf Pegel im Neckar-Einzugsgebiet  
→ Potential von LSTM für Abflussvorhersage



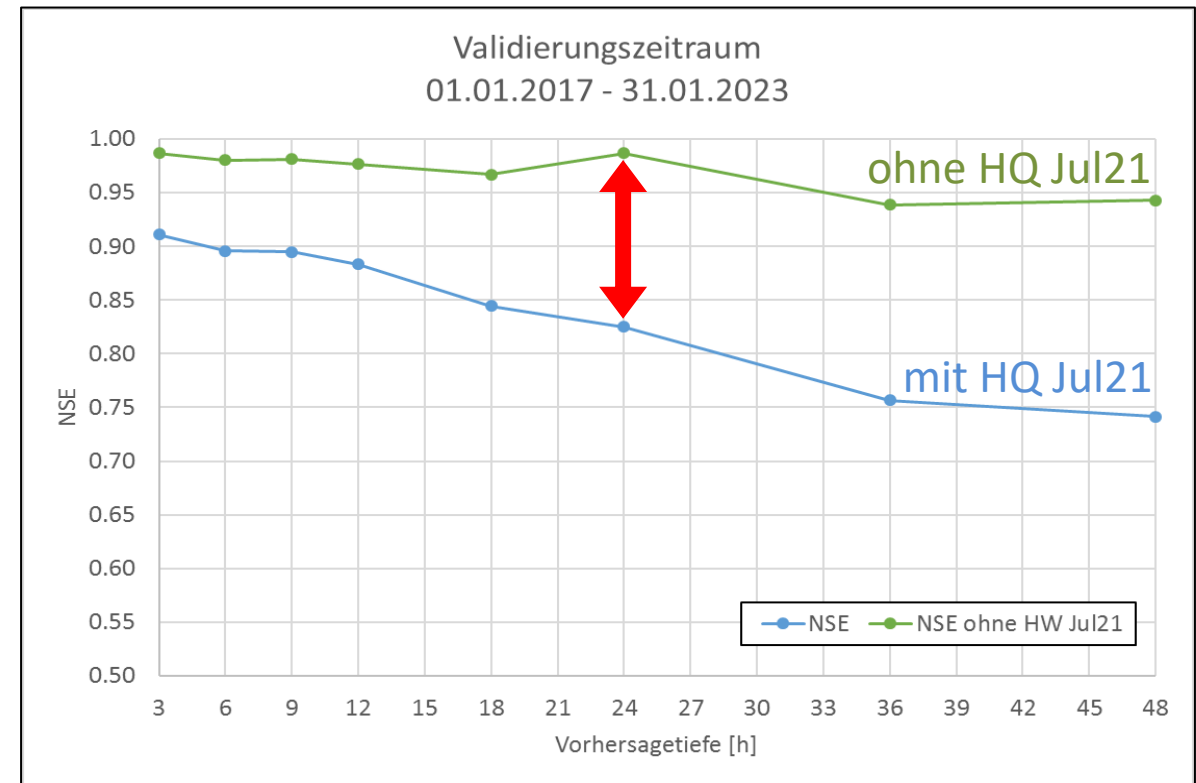
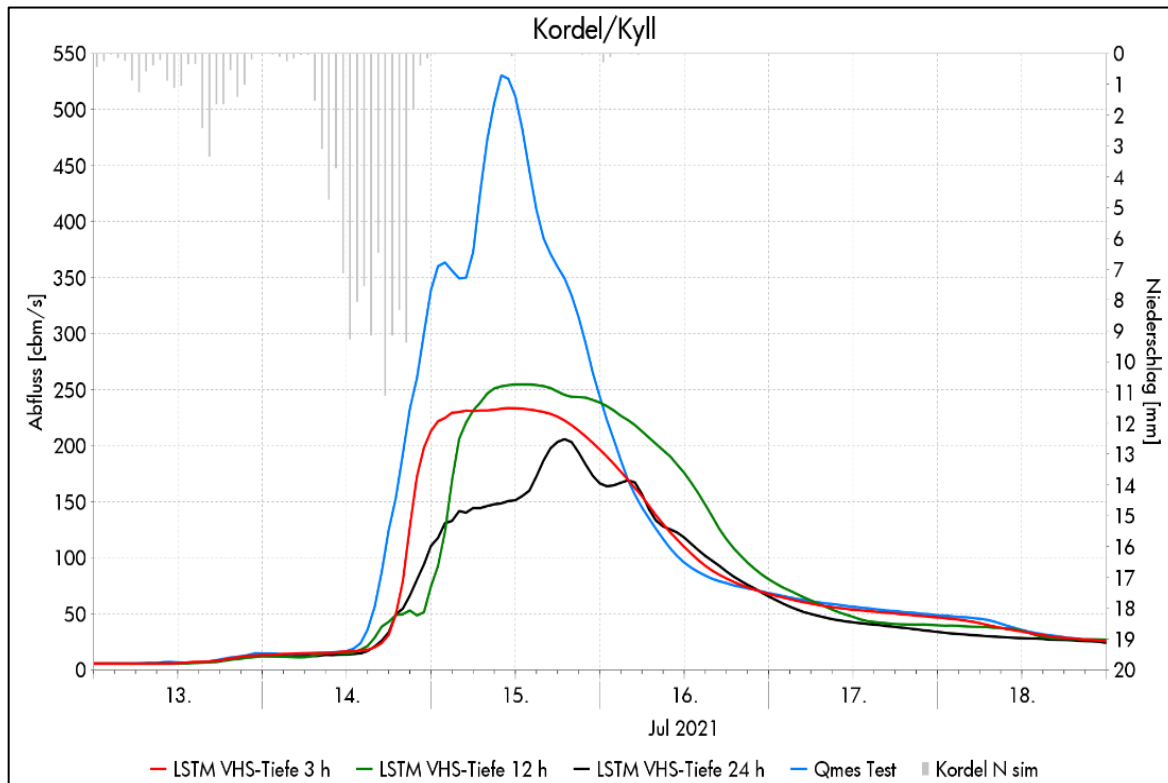
# ML im LARSIM-Kontext: weitere Tests

- Tests der Modellarchitektur aus BaWü für jeweils einen Pegel in Rheinland-Pfalz und Luxemburg
- Vorhersagetests (gemessene Meteorologie) mit ML-Modell für unterschiedliche Vorhersagetiefen
- Pegel Kordel/Kyll (Rheinland-Pfalz):



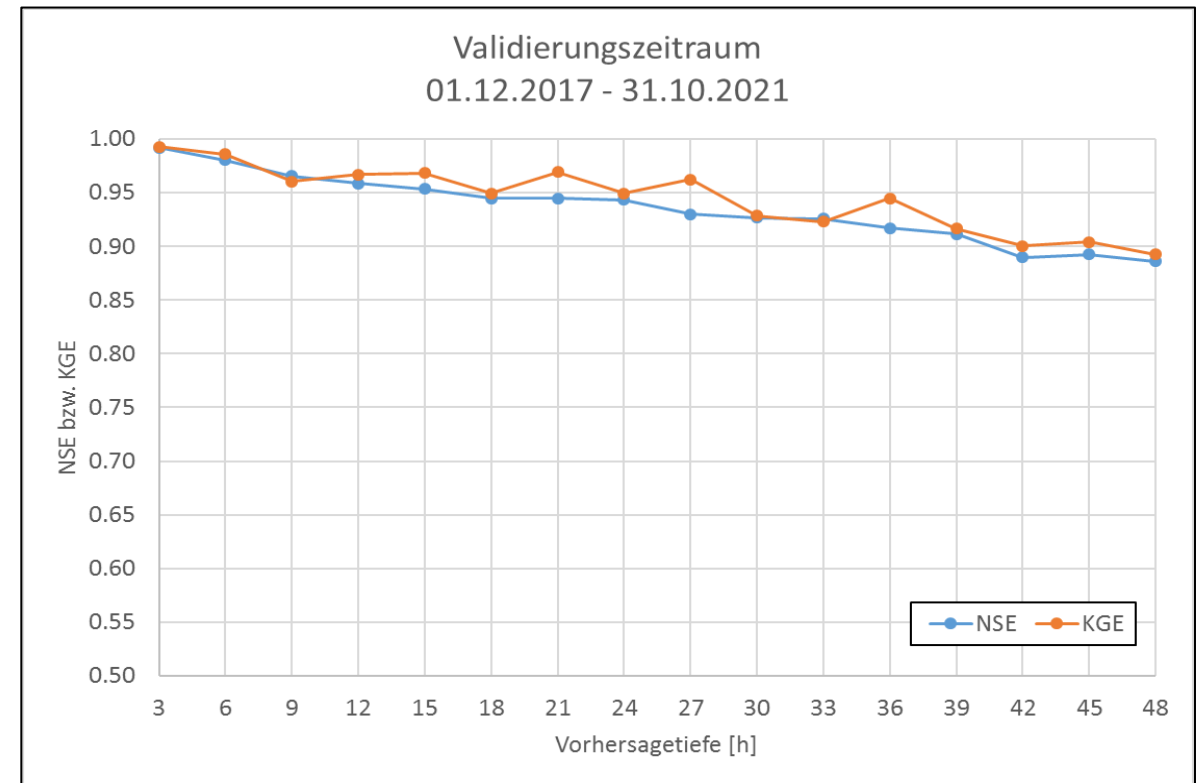
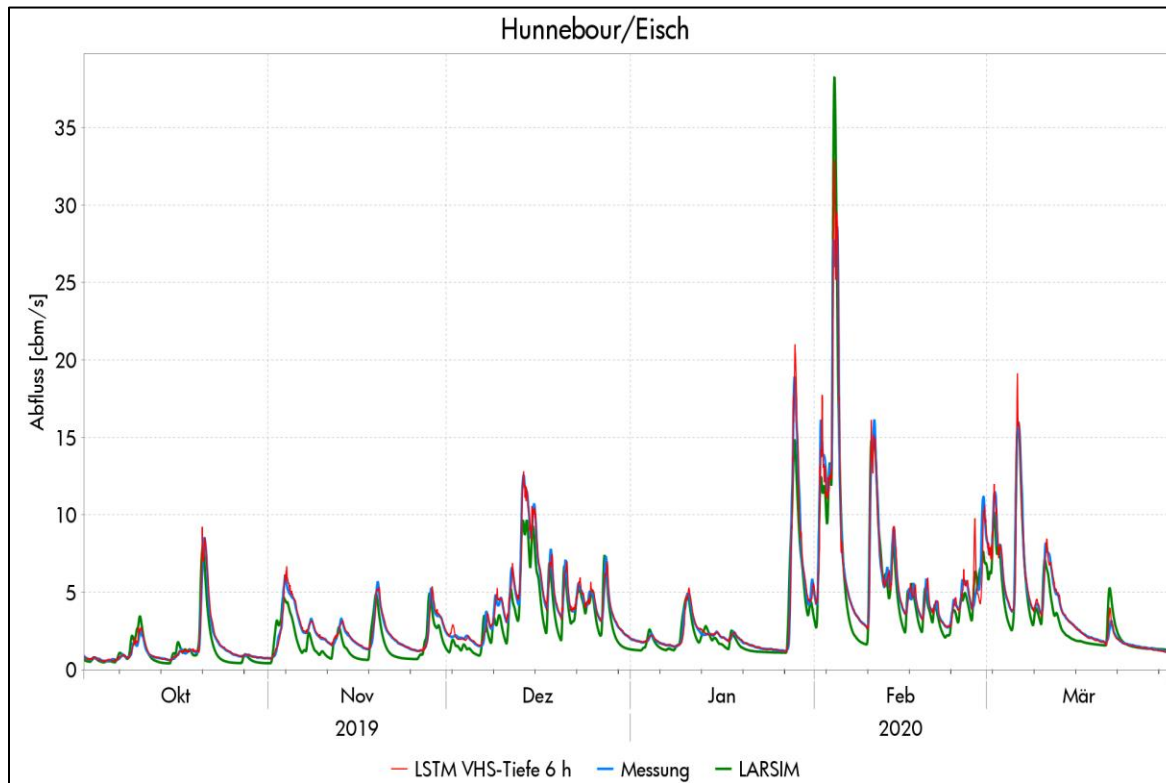
# ML im LARSIM-Kontext: weitere Tests

- Extremereignis Juli 2021 wurde unterschätzt
- Einzelnes Ereignis hat erheblichen Einfluss auf Güte (NSE berechnet für 6 Jahre Auswertungszeitraum)



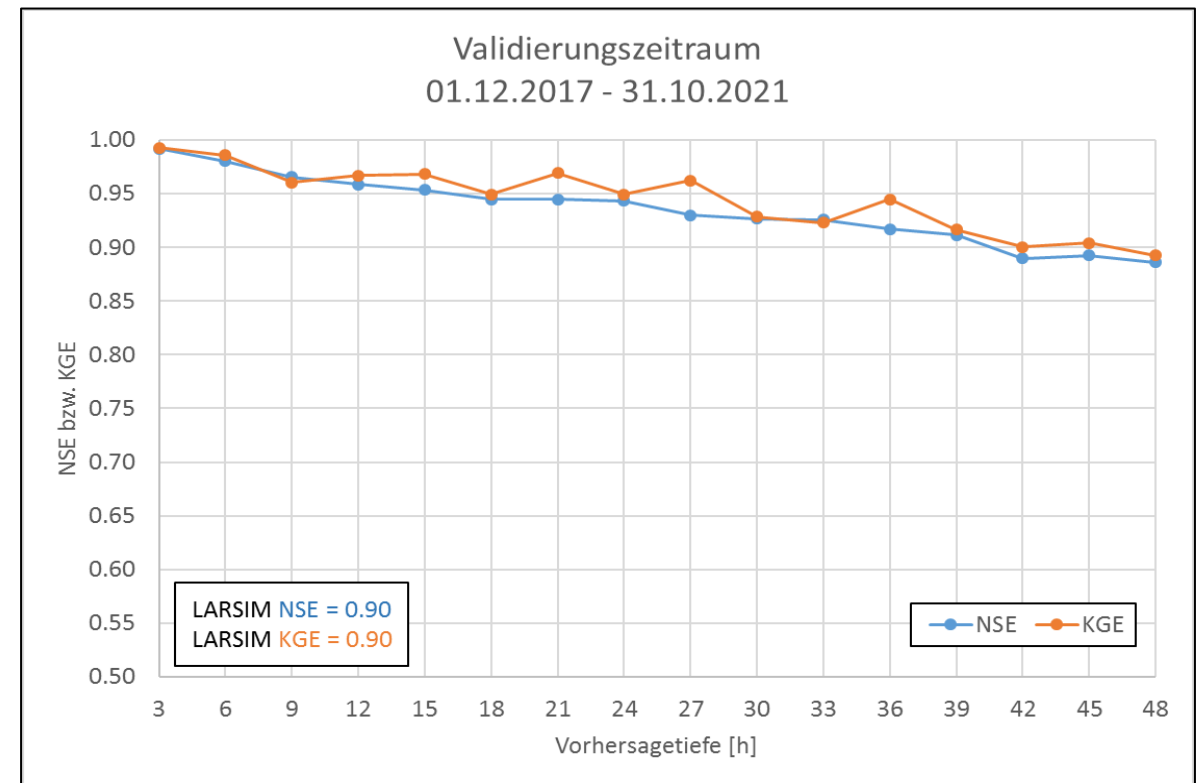
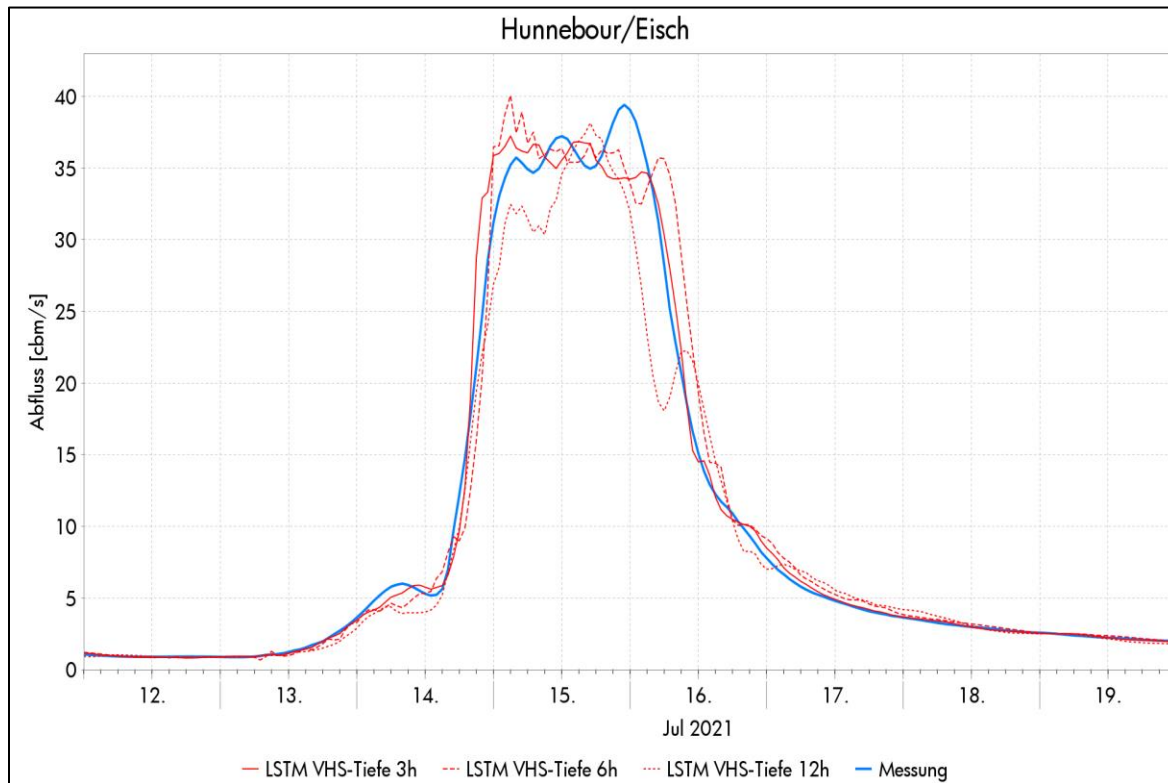
# ML im LARSIM-Kontext: weitere Tests

- Tests der Modellarchitektur aus BaWü für jeweils einen Pegel in Rheinland-Pfalz und Luxemburg
- Vorhersagetests (gemessene Meteorologie) mit ML-Modell für unterschiedliche Vorhersagetiefen
- Pegel Hunnebour/Eisch (Luxemburg):



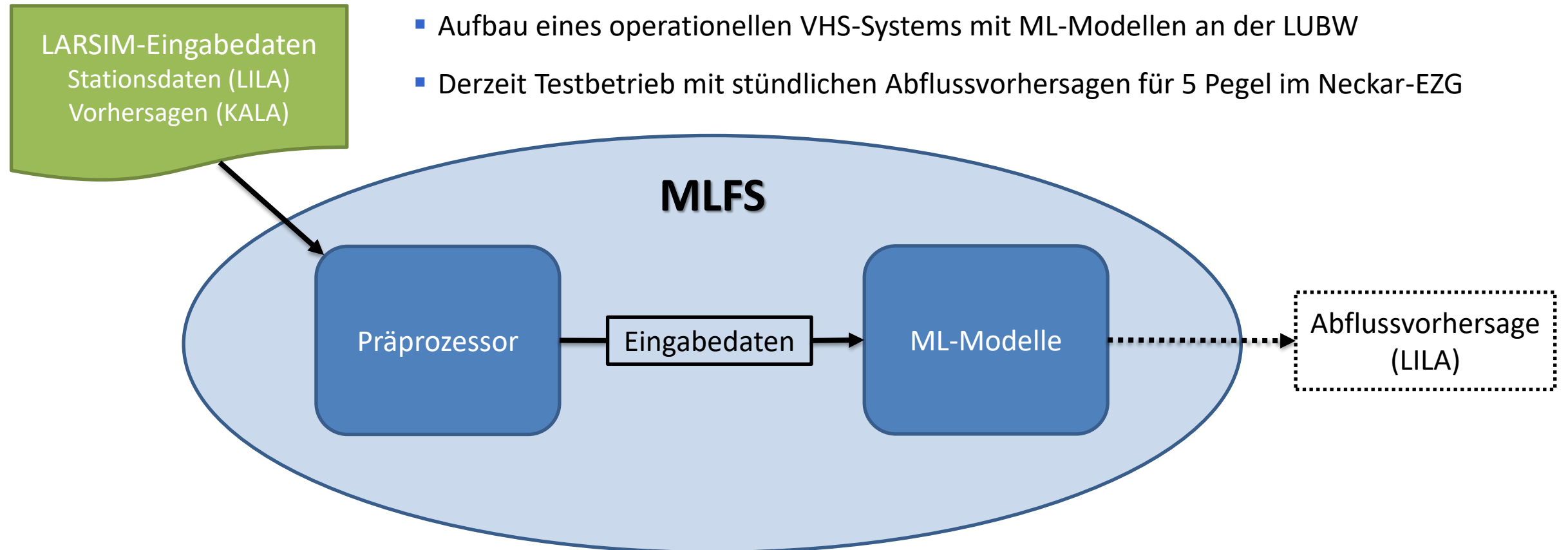
# ML im LARSIM-Kontext: weitere Tests

- Tests für jeweils einen Pegel in Rheinland-Pfalz und Luxemburg
- Vorhersagetests (gemessene Meteorologie) mit ML-Modell für unterschiedliche Vorhersagetiefen
- Pegel Hunnebour/Eisch (Luxemburg):



# ML im LARSIM-Kontext: Kooperation Forschung – Praxis

- Zusammenführung von Forschung und Praxis
- Beispiel 1: Multi-LSTM-Forecast-System (MLFS)



# ML im LARSIM-Kontext: Kooperation Forschung – Praxis

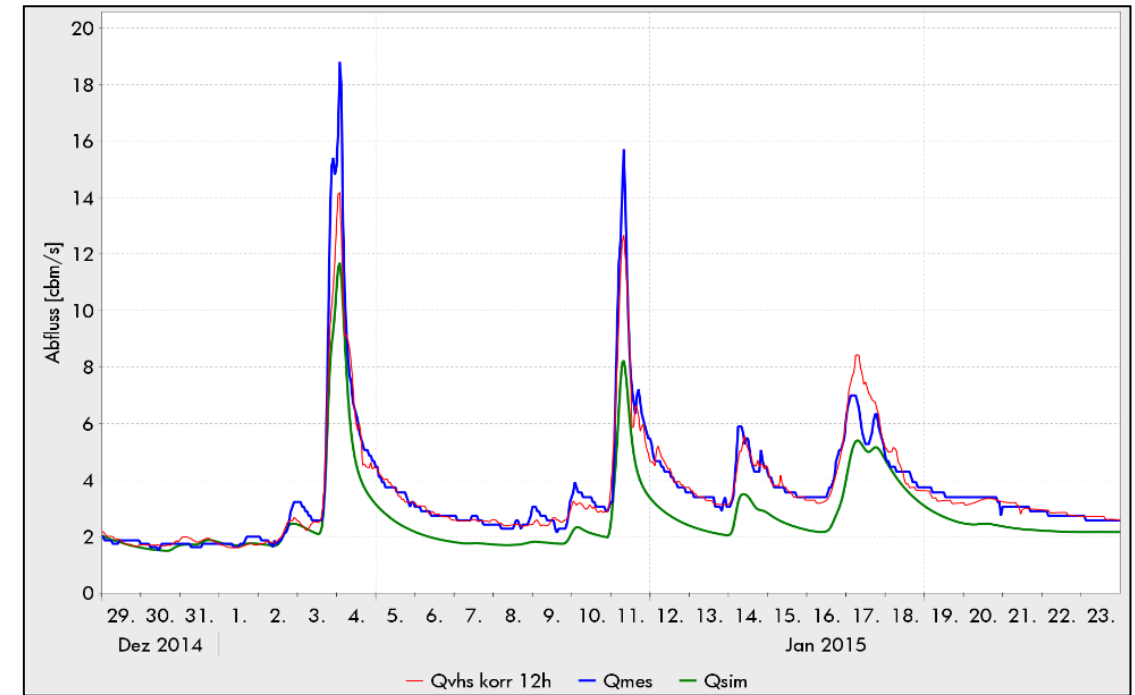
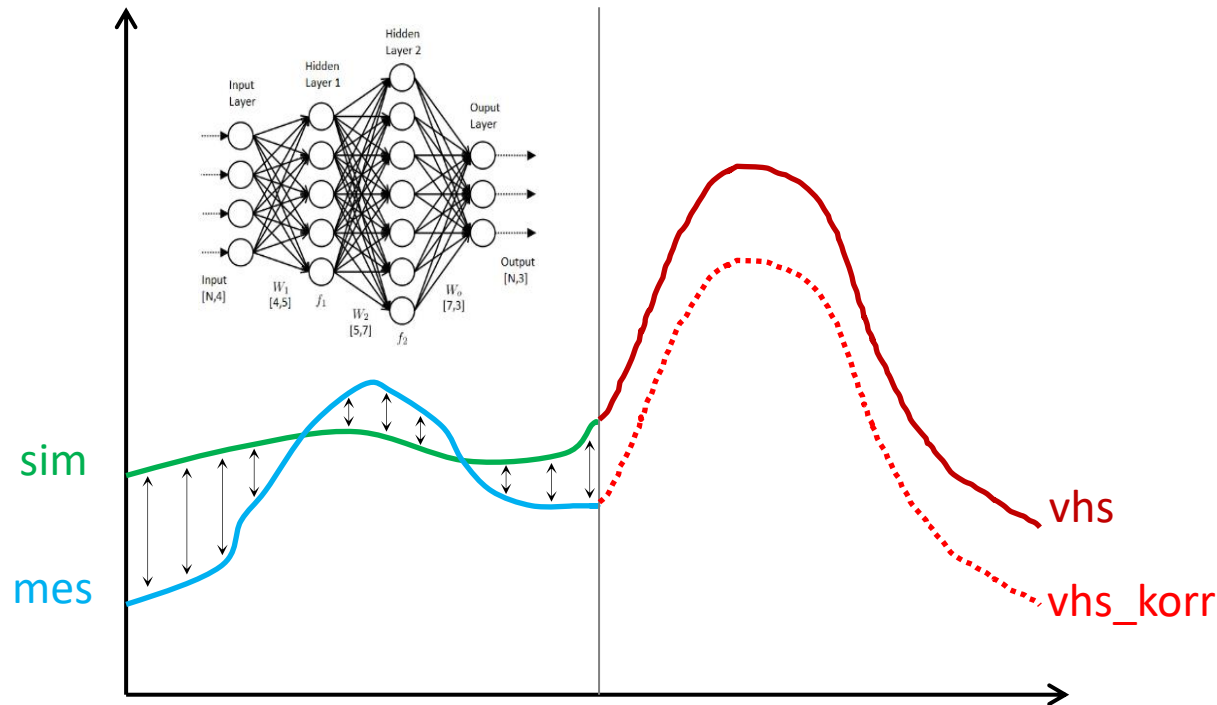
- Zusammenführung von Forschung und Praxis
- Beispiel 2: Projekt „EPO4HYDRO“



- Dissertation Orhan Tanrikulu: *Exploring the Potential of Machine Learning for Improving Operational Hydrological Forecasting and Prediction*
- Teilfinanziert durch LUBW
- Weiterentwicklung der ML-Modelle für die Abflussvorhersage in Baden-Württemberg
- Zusammenarbeit KIT – LUBW – HYDRON zur Überführung der Erkenntnisse in die Praxis

# ML im LARSIM-Kontext: weitere Anwendungsbereiche

- Vorhersage-Korrektur mittels ML-Methoden
- Aktuell in Planung (Auftrag LfU RLP)
- Test für Abfluss-VHS (LARSIM) und Wasserstand-VHS am Rhein (SOBEK)
- ML-Modell schätzt optimale Korrektur der VHS (Postprocessing)



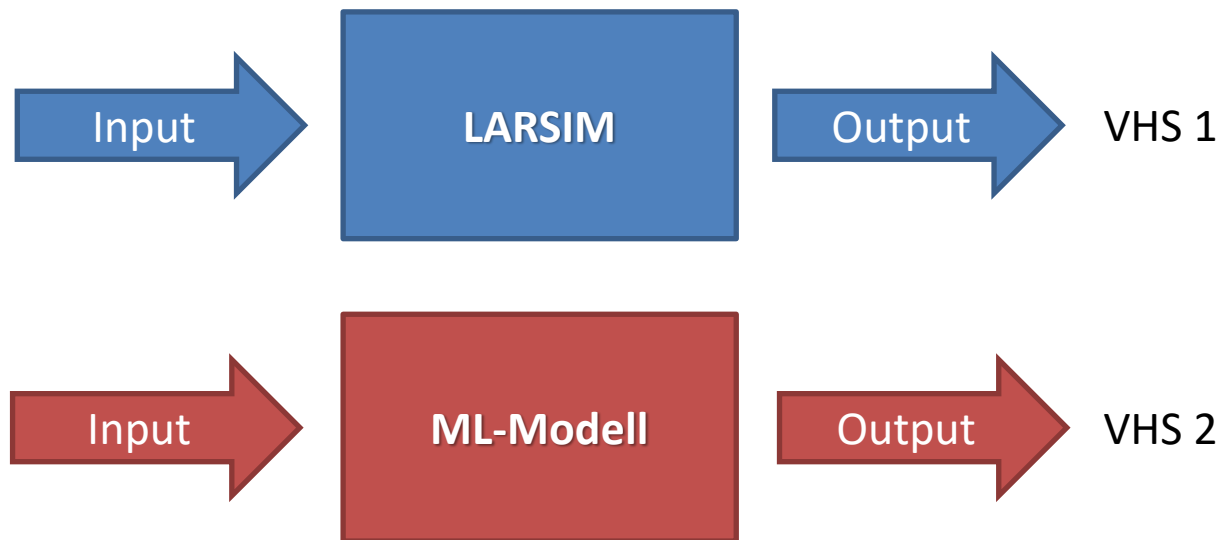
# Mögliche Anwendungen von ML im LARSIM-Kontext

*Wie kann das Potential von ML-Methoden im LARSIM-Kontext gewinnbringend zum Einsatz kommen?*

# Mögliche Anwendungen von ML im LARSIM-Kontext

*Wie kann das Potential von ML-Methoden im LARSIM-Kontext gewinnbringend zum Einsatz kommen?*

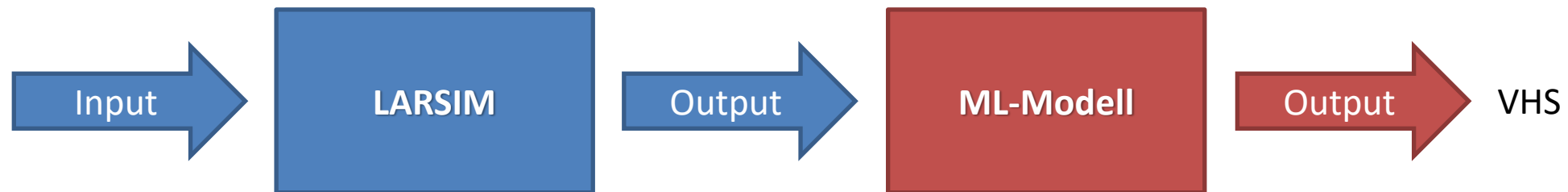
- ML-Modelle im Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)



# Mögliche Anwendungen von ML im LARSIM-Kontext

*Wie kann das Potential von ML-Methoden im LARSIM-Kontext gewinnbringend zum Einsatz kommen?*

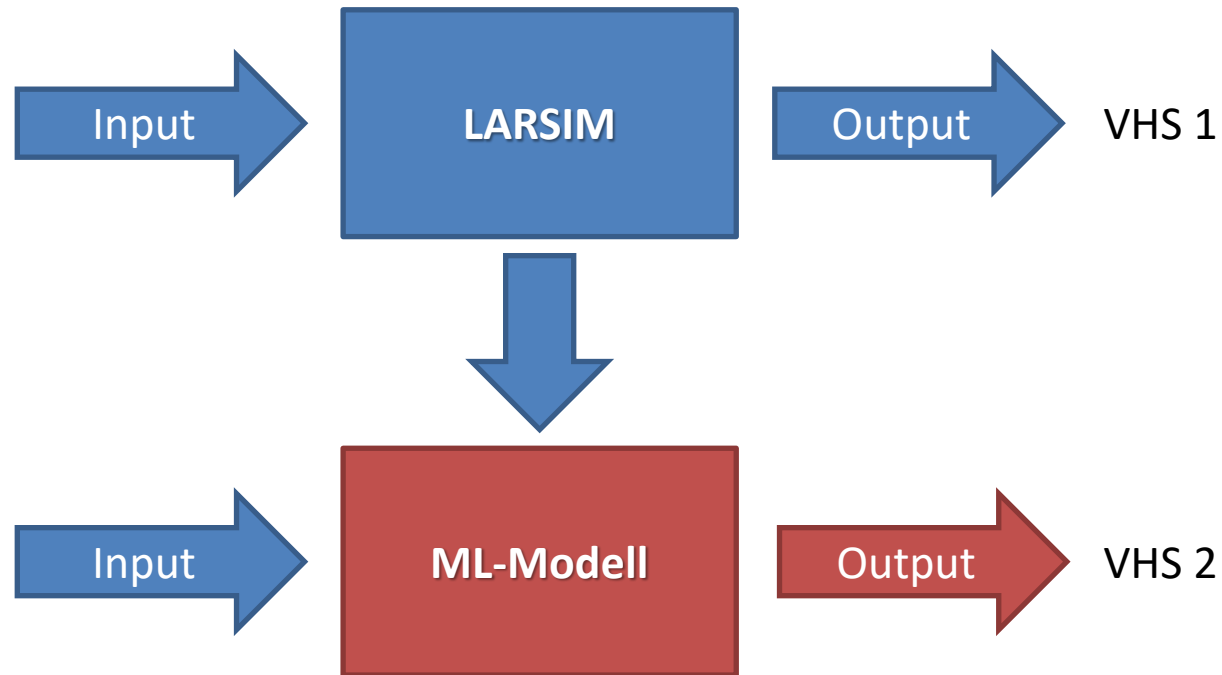
- ML-Modelle im Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)
- ML-Modelle als Postprocessor (z.B. VHS-Korrektur)



# Mögliche Anwendungen von ML im LARSIM-Kontext

*Wie kann das Potential von ML-Methoden im LARSIM-Kontext gewinnbringend zum Einsatz kommen?*

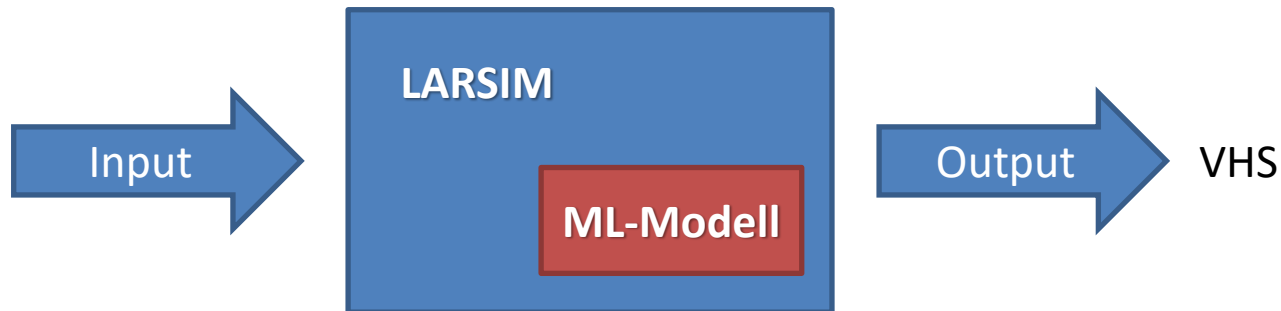
- ML-Modelle im Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)
- ML-Modelle als Postprocessor (z.B. VHS-Korrektur)
- ML-Modelle mit LARSIM-Zustandsgrößen als Input (indirekte Kopplung der Modelle)



# Mögliche Anwendungen von ML im LARSIM-Kontext

*Wie kann das Potential von ML-Methoden im LARSIM-Kontext gewinnbringend zum Einsatz kommen?*

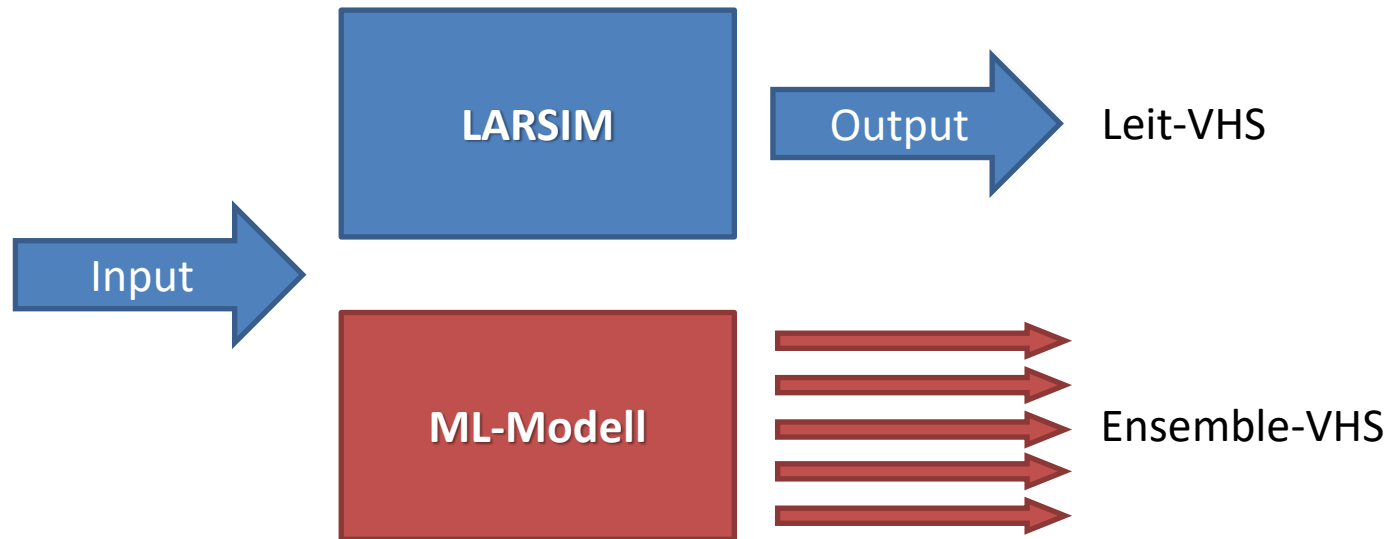
- ML-Modelle im Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)
- ML-Modelle als Postprocessor (z.B. VHS-Korrektur)
- ML-Modelle mit LARSIM-Zustandsgrößen als Input (indirekte Kopplung der Modelle)
- ML-Modelle als LARSIM-Teilmodell (Hybrid-Modell)  
für (a) bestimmte Modellkomponenten oder (b) zeitlich dynamische Parametrisierung



# Mögliche Anwendungen von ML im LARSIM-Kontext

*Wie kann das Potential von ML-Methoden im LARSIM-Kontext gewinnbringend zum Einsatz kommen?*

- ML-Modelle im Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)
- ML-Modelle als Postprocessor (z.B. VHS-Korrektur)
- ML-Modelle mit LARSIM-Zustandsgrößen als Input (indirekte Kopplung der Modelle)
- ML-Modelle als LARSIM-Teilmodell (Hybrid-Modell)  
für (a) bestimmte Modellkomponenten oder (b) zeitlich dynamische Parametrisierung
- ML-Modelle als LARSIM-Emulator (z.B. für Ensemble-VHS)



# Vor- und Nachteile von ML-Modellen

+

- Modellerstellung (i.d.R.) weniger aufwändig als bei konzeptionellen Modellen
- Recheneffizient (Geschwindigkeit)
- Flexibilität
- ...

-

- Frühes Entwicklungsstadium
- Black Box (Interpretierbarkeit)
- (bislang) nur pegelbezogene Simulation von Abfluss
- ...

## *„KI“ in der Hydrologie – Fluch oder Segen?*

- Die Methoden des maschinellen Lernens eröffnen uns in der Hydrologie neue Möglichkeiten.
- Was die Nutzung von ML in der Hydrologie betrifft, stehen wir noch weit am Anfang.
- Wir sollten uns diesen neuen Möglichkeiten weder verschließen, noch unreflektiert einem „Hype“ hinterherlaufen.