

Internationaler LARSIM-Anwenderworkshop 2022

PD Dr.-Ing. Uwe Ehret
5. Oktober 2022

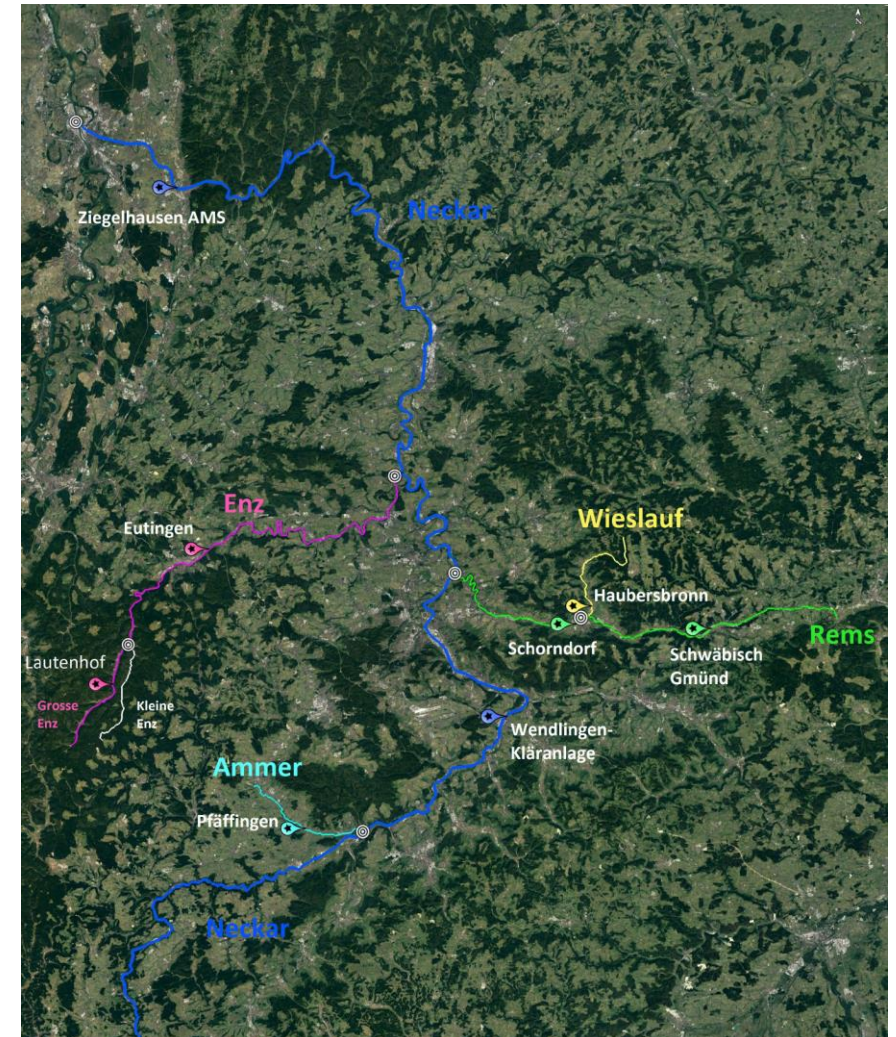
Potential von long short-term memory Netzen (LSTM)
in der Hochwasservorhersage
am Beispiel von Pegeln in Baden-Württemberg

Übersicht

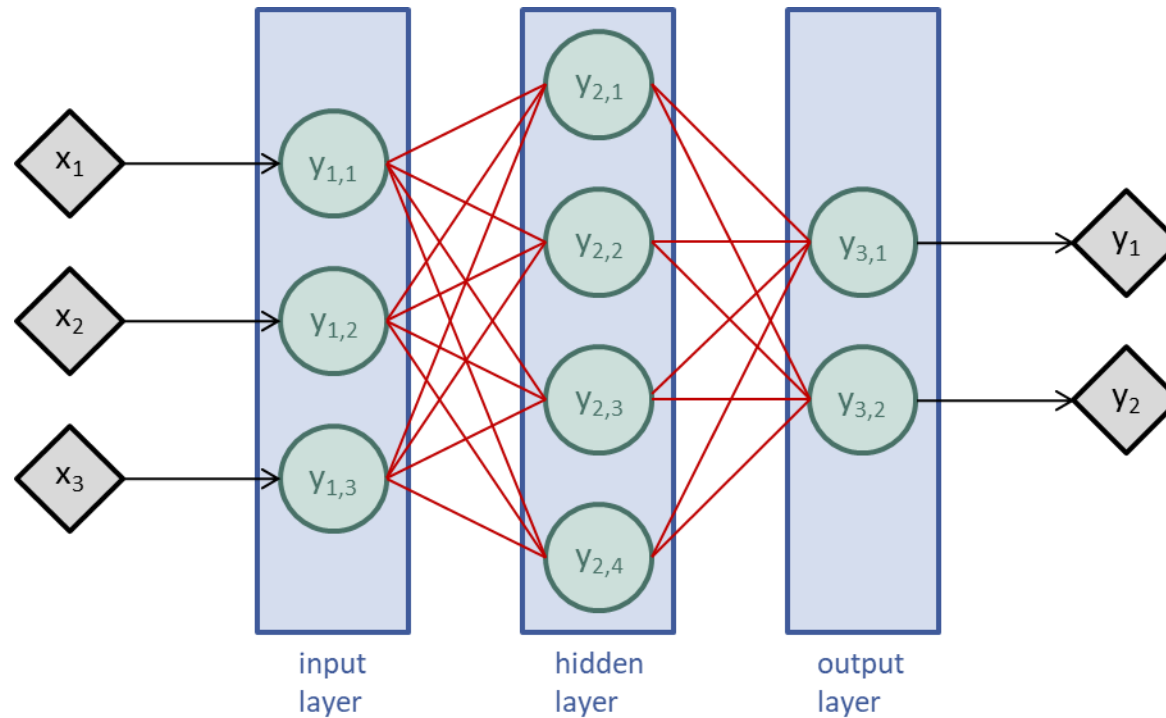
- Welchen Beitrag können moderne Machine-Learning (ML) Methoden für die operationelle Hochwasservorhersage leisten?
- MSC-Arbeit am KIT Karlsruhe durch Orhan Tanrikulu (April – Sep 2022) in Kooperation mit
 - HVZ BaWü (Ute Badde)
 - Hydron GmbH (Ingo Haag, Carina Bühler)
- Arbeitsschritte
 - Auswahl geeigneter ML-Methode: LSTM
 - Aufbau von LSTMs für Einzelpegel
 - Wasserhaushaltssimulation
 - Quasi-Vorhersagen
 - Vergleich mit LARSIM WHM

Daten

- 8 Pegel (76 – 13739 km²)
- Stundenwerte P, T, RH, V, RG, Q
- 1996 - 2021

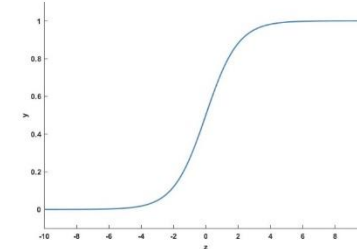


Neuronale Netzwerke



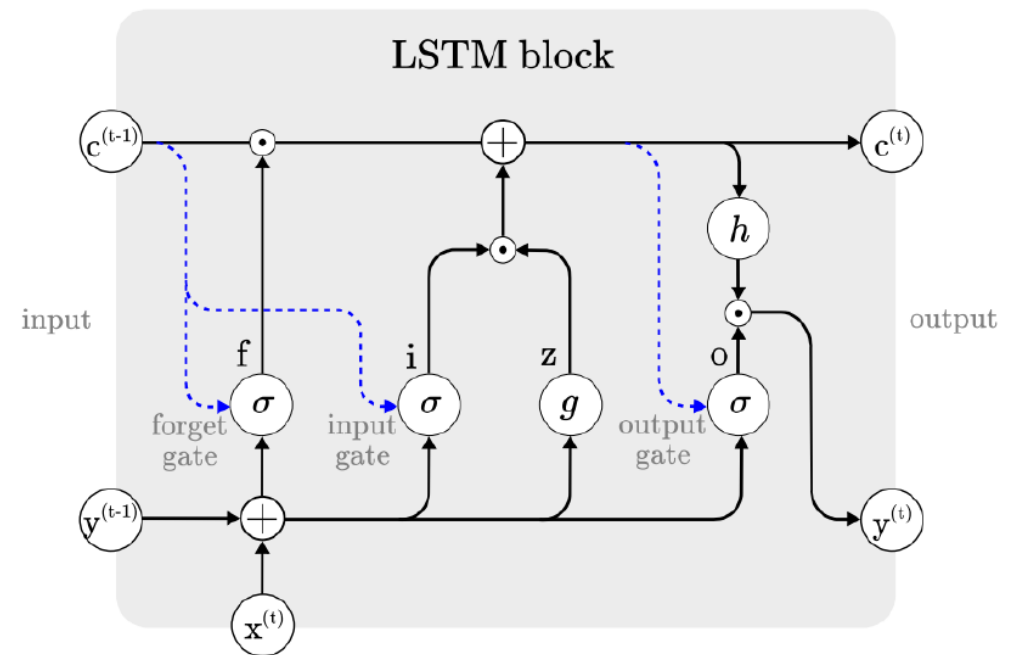
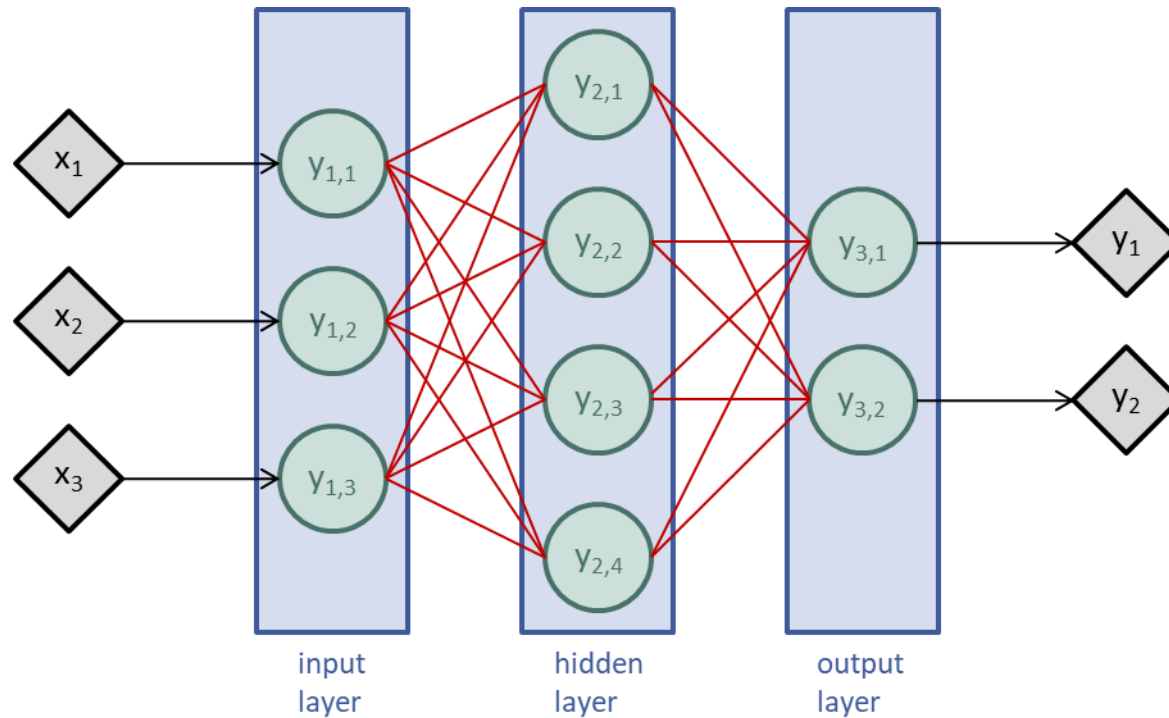
$$z_{2,3} = y_{1,1} \cdot w_{1,1 \rightarrow 2,3} + y_{1,2} \cdot w_{1,2 \rightarrow 2,3} + y_{1,3} \cdot w_{1,3 \rightarrow 2,3}$$

$$y(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}, y \in [0,1]$$



LSTMs

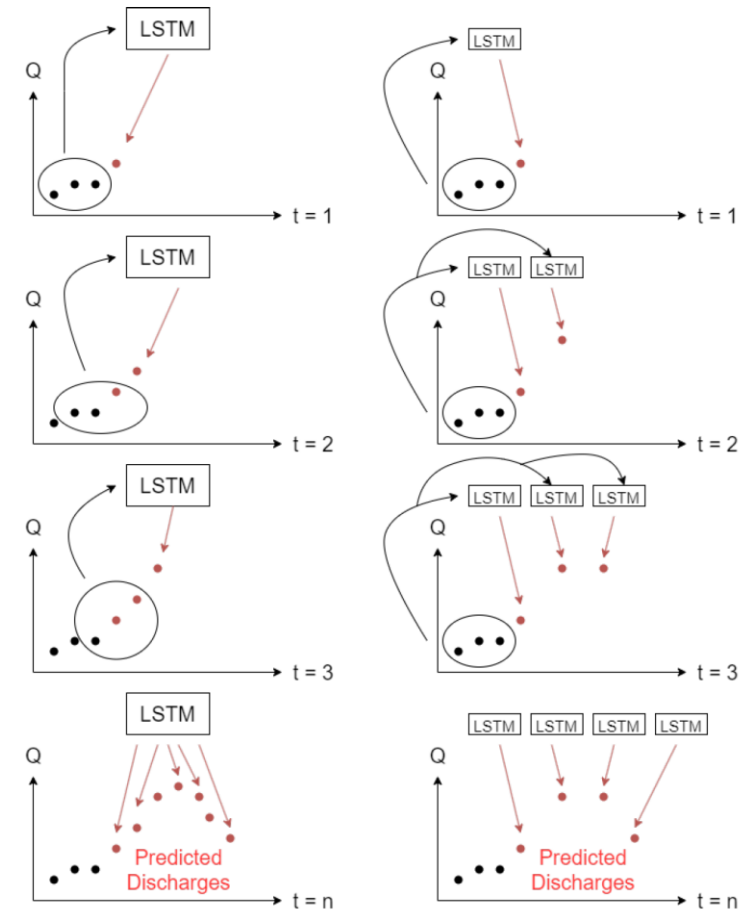
■ Neuronale Netzwerke mit "Gedächtnis"



Modellansätze

- Simulation
 - 1 Pegel \rightarrow 1 LSTM
 - Genestete Pegel \rightarrow genestete LSTMs
 - Custom-trained vs. pre/retrained
 - 90-Tage Fenster

- Vorhersage
 - Bis zu 72-h VHS
 - 1 rekursives LSTM für alle VHS-Tiefen
 - 1 LSTM je VHS-Tiefe



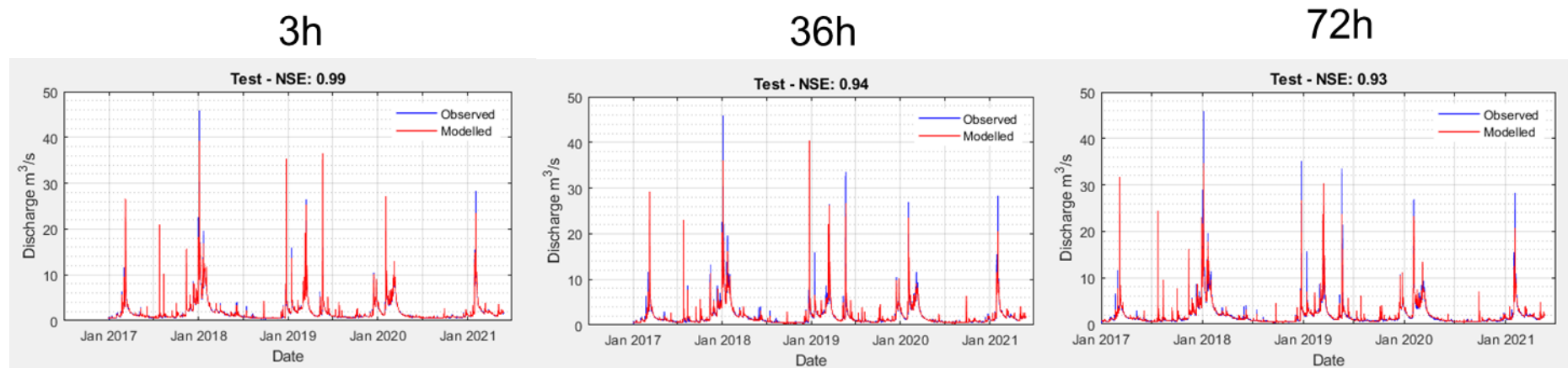
Ergebnisse Simulation

- LARSIM wurde mit allen vorhandenen Daten kalibriert (VHS-Modell) → LARSIM Ergebnisse mit LSTM Training vergleichen
 - LSTM Training: 1997-2016
 - LSTM Testing: 2016-2021

NSE	Lau	Eut	Schw	Hau	Scho	Pfa	Wen	Zie	Average
Best LSTM Model Training	0.97	0.95	0.95	0.96	0.97	0.74	0.95	0.97	0.93
Best LSTM Model Test	0.89	0.89	0.87	0.84	0.90	0.35	0.83	0.74	0.79
LARSIM Training (Calibration)	0.81	0.90	0.81	0.76	0.85	0.52	0.85	0.87	0.79
Catchment Area (km ²)	84	1491	165	76	415	134	3239	13739	-

Ergebnisse VHS-Tests

- Noch keine Ergebnisse von LARSIM-VHS Tests vorhanden



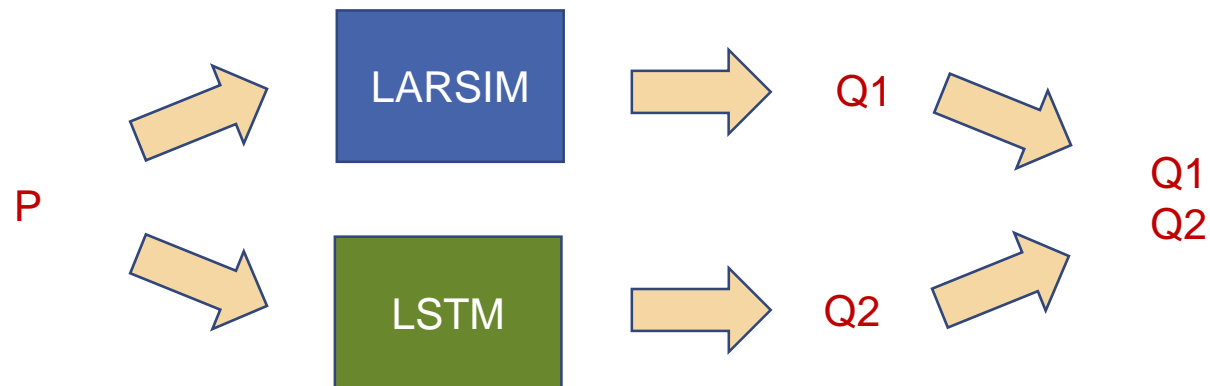
Time	1h	3h	6h	9h	12h	18h	24h
NSE	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.94	0.95
Time	30h	36h	45h	54h	63h	72h	Avg
NSE	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.96

Ausblick

- Einrichtung LSTM bei der HVZ (Parallelbetrieb)
- Vergleich Offline-Vorhersagetests LARSIM – LSTM

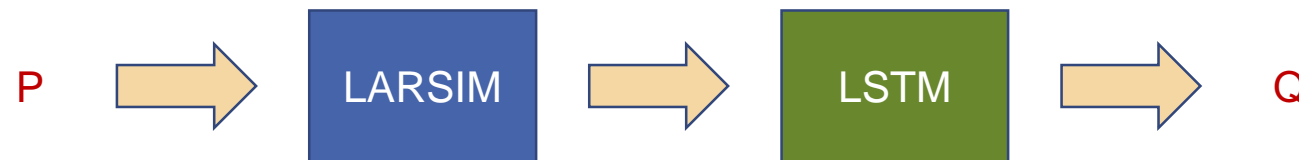
Ausblick

- Hybride Modellierung Larsim – LSTM
 - LARSIM – LSTM Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)



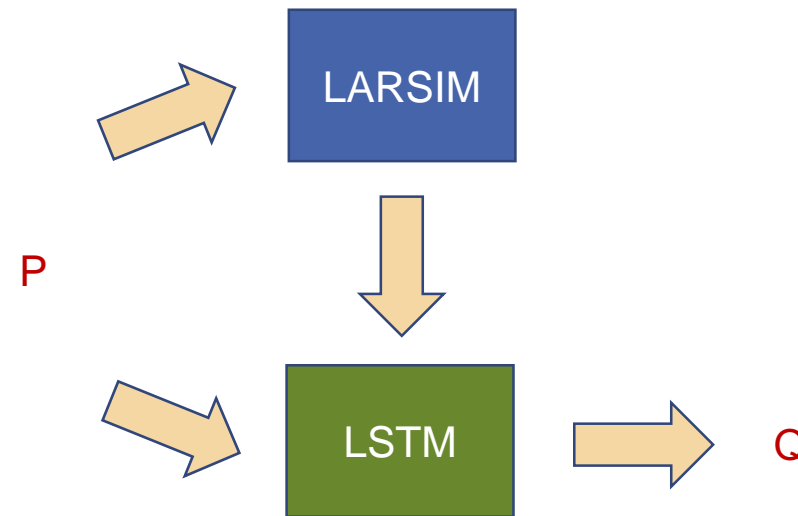
Ausblick

- Hybride Modellierung Larsim – LSTM
 - LARSIM – LSTM Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)
 - LSTM als LARSIM - Postprozessor



Ausblick

- Hybride Modellierung Larsim – LSTM
 - LARSIM – LSTM Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)
 - LSTM als LARSIM - Postprozessor
 - LSTM mit LARSIM-Zustandsgrößen als Input



Ausblick

- Hybride Modellierung Larsim – LSTM
 - LARSIM – LSTM Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)
 - LSTM als LARSIM - Postprozessor
 - LSTM mit LARSIM-Zustandsgrößen als Input
 - LSTM als LARSIM-Teilmodell, z.B. für die Simulation steuerbarer Anlagen



Ausblick

- Hybride Modellierung Larsim – LSTM
 - LARSIM – LSTM Parallelbetrieb (Multi-Model-Ensemble)
 - LSTM als LARSIM - Postprozessor
 - LSTM mit LARSIM-Zustandsgrößen als Input
 - LSTM als LARSIM-Teilmodell, z.B. für die Simulation steuerbarer Anlagen
 - LSTM als LARSIM Emulator (LARSIM: Leit-VHS, LSTM: Ensemble-VHS)

