



28. Symposium Flussgebietsmanagement

Hochwasser Frühwarnsystem der Stadt Goslar und weitere Entwicklungen

Dr. Stefan Wittek



Agenda

- Motivation
- Hochwasser Prognose System der Stadt Goslar
 - Problem der Extrapolation
 - KI Modell
 - Frühwarn System
- Radar Basierte Vorhersage
- Zusammenfassung

Die Flut von 2017

- Hochwasserereignis 2017 Goslar
- Hochwasser-Vorwarnzeiten bei 20 min
- große Mengen von Sensordaten werden manuell täglich beobachtet
- Geographische Lage Goslars



Die Flut von 2017 – erste Vorarbeiten



- Wird es ein Hochwasser geben? (Klassifikation)

Konfusionsmatrix		Zielvorhersage	
		Hochwasser	Kein Hochwasser
Vorhersage -ergebnis	Hochwasser	195	105
	Kein Hochwasser	0	156024

- Wie hoch wird der max. Pegel? (Regression)

Differenz größer als	Anzahl an Datensätzen	Genauigkeit
0	7429	95.29
1	356	99.77
2	184	99.88
3	147	99.91
4	127	99.92
5	113	99.93

Agenda

- Motivation

- Problem der Extrapolation

- Hochwasser Prognose System der Stadt Goslar

- KI Modell

- Frühwarn System

- Radar Basierte Vorhersage

- Zusammenfassung

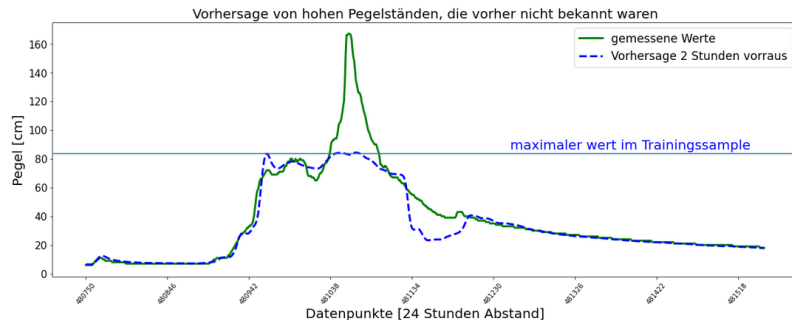
Hochwasser Prognose – Extrapolationsproblem

Wie hoch wird der max. Pegel? (Regression)

Differenz größer als	Anzahl an Datensätzen	Genauigkeit
0	7429	95.29
1	356	99.77
2	184	99.88
3	147	99.91
4	127	99.92
5	113	99.93

99.93% der Datensätze konnten mit einer maximalen Abweichung von 5cm korrekt vorhergesagt werden

Extrapolationsproblem:

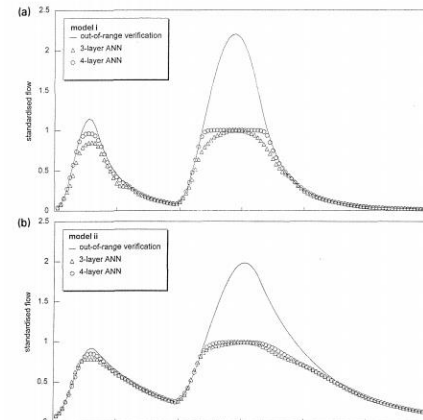


- Unterhalb des max. bekannten Pegels gute Performance der Vorhersage
- Oberhalb ist keine Vorhersage mit der KI möglich

Dr. Stefan Wittek

Institute for Software and System Engineering (TUC)

In Literatur:



“In practice, a trained ANN can only be used in the recall mode with data that it has 'seen' before; the ANN should not be used for extrapolation. For example, if the maximum flow that the ANN has learned to predict is $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (...), it is impossible for the ANN ever to predict a flow value exceeding $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.”

Minns, A. W. and M. J. Hall (1996) Artificial neural networks as rainfall-runoff models. Hydrological Sciences Journal, 41(3):399–417.

Agenda

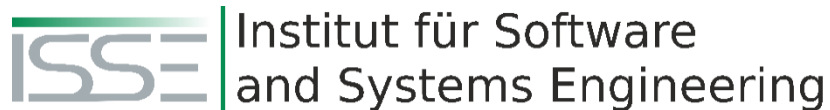
- Motivation
 - Problem der Extrapolation
- Hochwasser Prognose System der Stadt Goslar
 - KI Modell
 - Frühwarn System
- Radar Basierte Vorhersage
- Zusammenfassung



TU Clausthal

Forschungsprojekt

- Partner:



- Funded by:



Niedersachsen

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt,
Energie und Klimaschutz

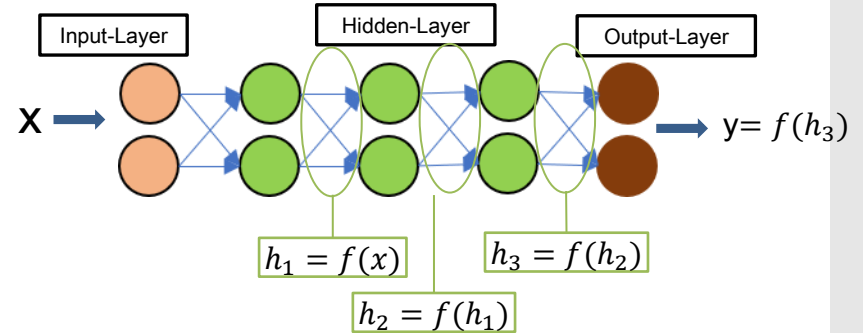
Agenda

- Motivation
 - Problem der Extrapolation
- Hochwasser Prognose System der Stadt Goslar
 - KI Modell
 - Frühwarn System
- Radar Basierte Vorhersage
- Zusammenfassung

Hochwasser Prognose – Verbessertes Modell

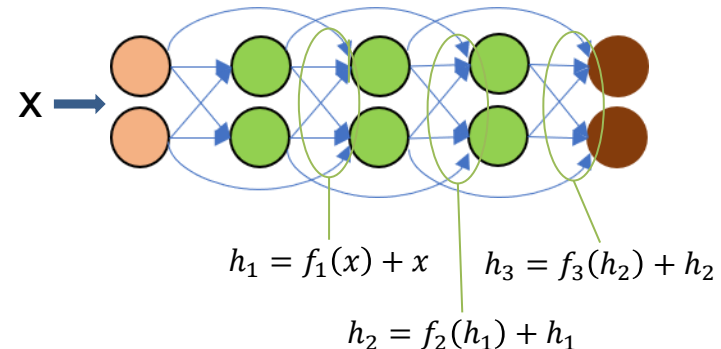
■ Herkömmliche Netze:

- Tiefere Schichten haben keinen Zugriff auf Input (Stille Post)

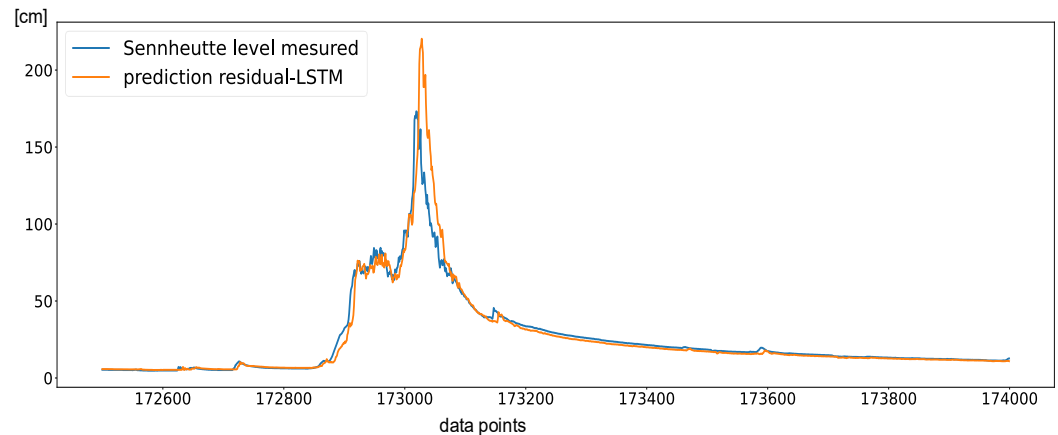
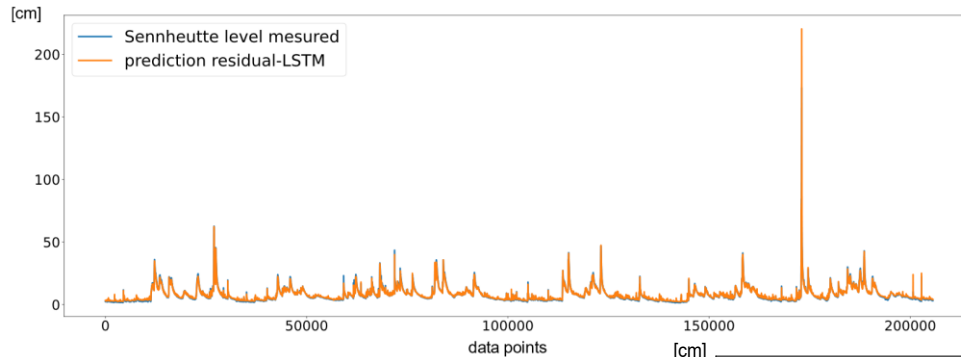


■ Residuelle LSTM Netze

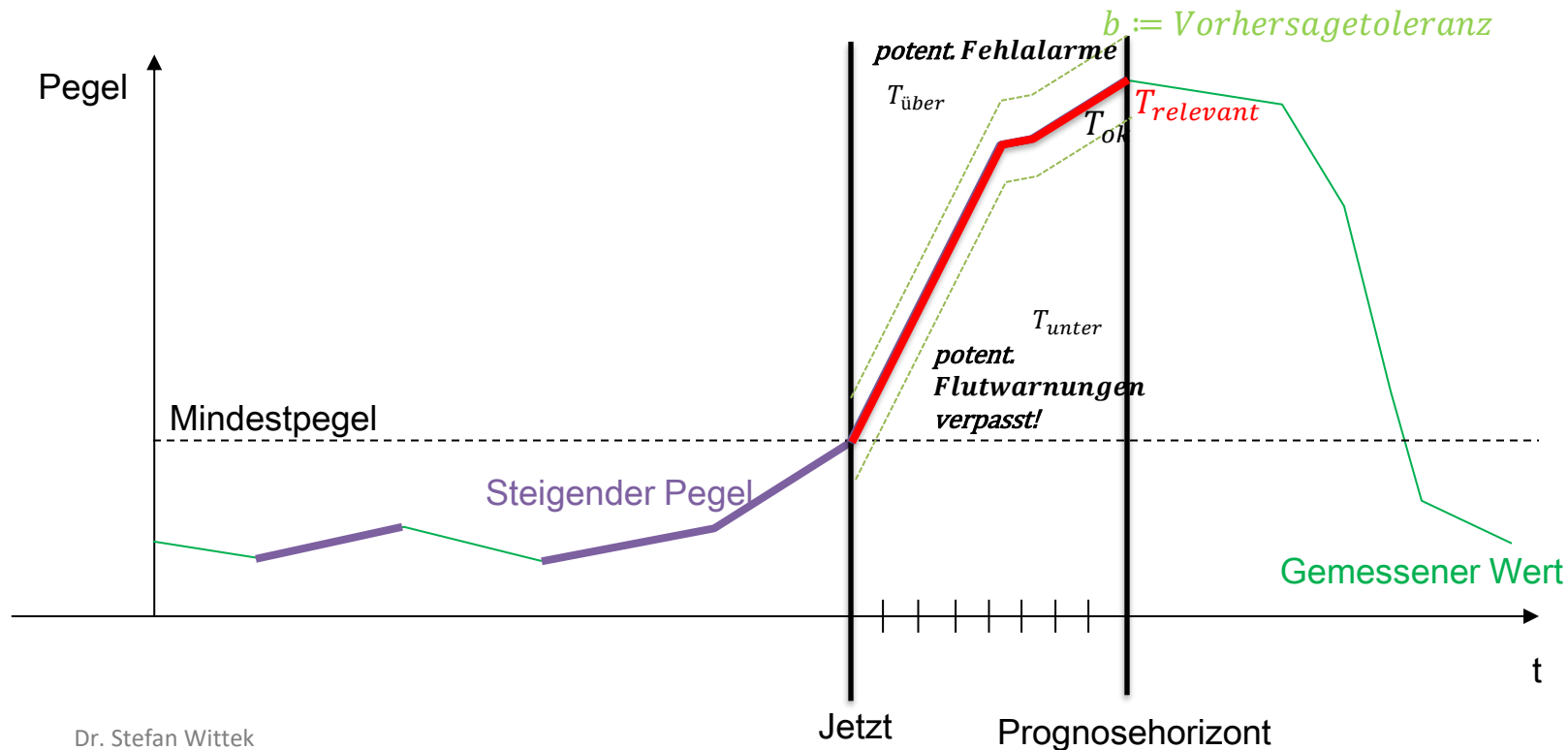
- Signal hat Möglichkeit ungehindert über die Schichten zu „springen“



Hochwasser Prognose



Metriken



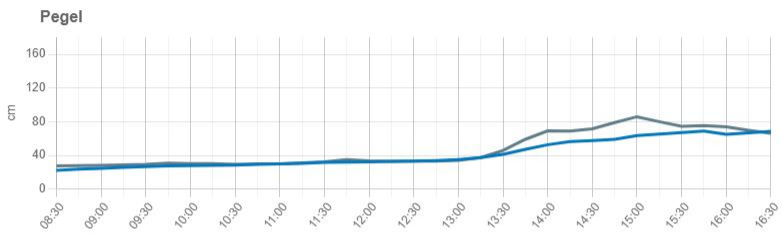
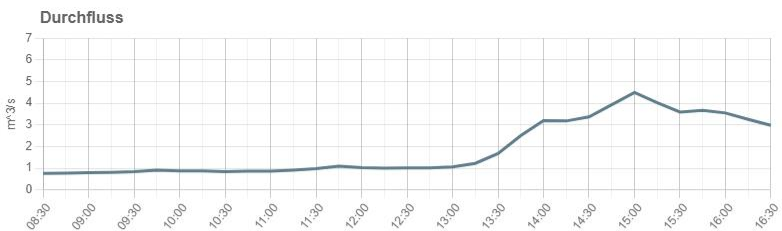
Metriken – Gegenüberstellung

	2h	3h	4h
Vorhersagte Zeitschritte	8	12	16
Modell (training Ohne Flut 2017) Überschätzende Prognosen (pro Jahr)	3,1	2,4	2,6
Modell (training Ohne Flut 2017) Unterschätzende Prognosen (Per year)	4,4	8,5	10,5
Final model Überschätzende Prognosen (pro Jahr)	1,97	1,70	1,49
Final model Unterschätzende Prognosen (Per year)	1,80	4,43	5,25

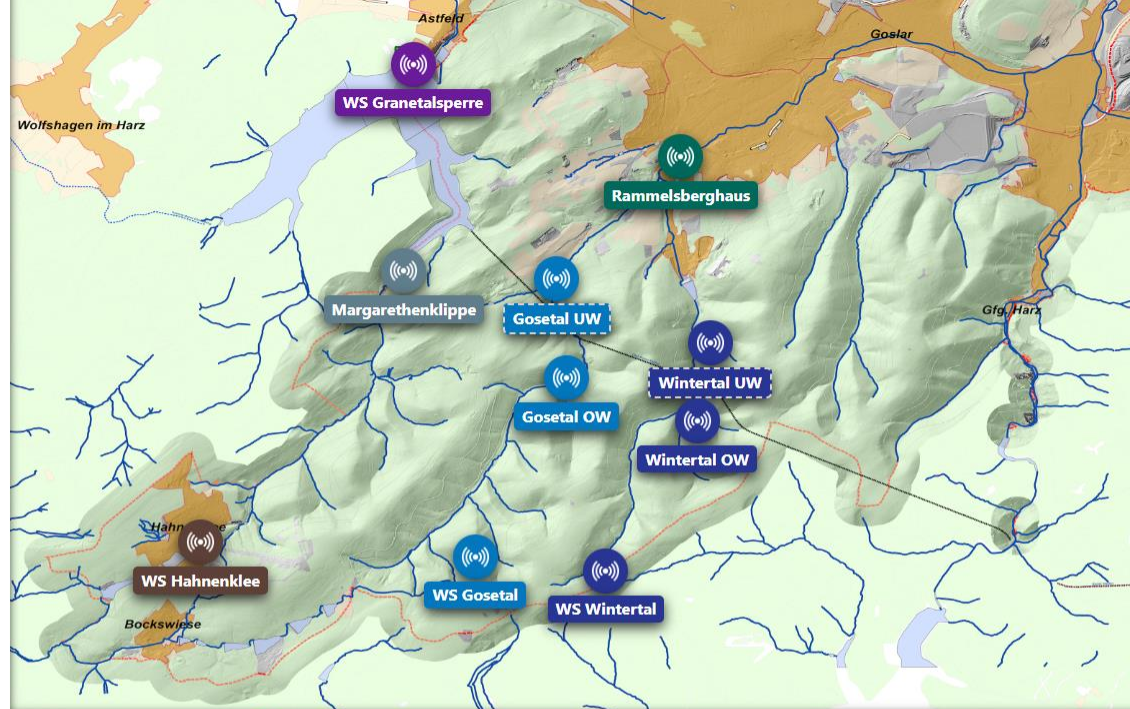
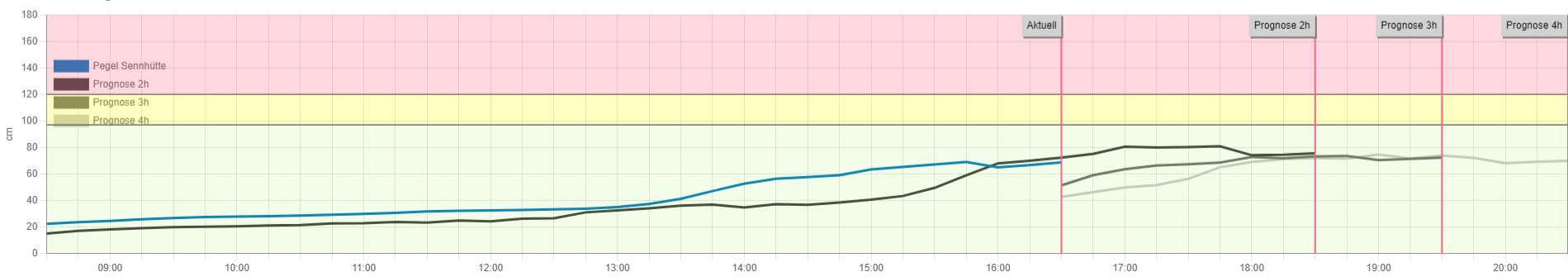
Bratzel, Dimitri, Stefan Wittek, und Andreas Rausch. „A Flood Prediction Benchmark Focused on Unknown Extreme Events“. In *Proceedings of the 13th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*, 267–78. Rome, Italy: SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2023. <https://doi.org/10.5220/0012081700003546>.

Agenda

- Motivation
 - Problem der Extrapolation
- Hochwasser Prognose System der Stadt Goslar
 - KI Modell
 - Frühwarn System
- Radar Basierte Vorhersage
- Zusammenfassung

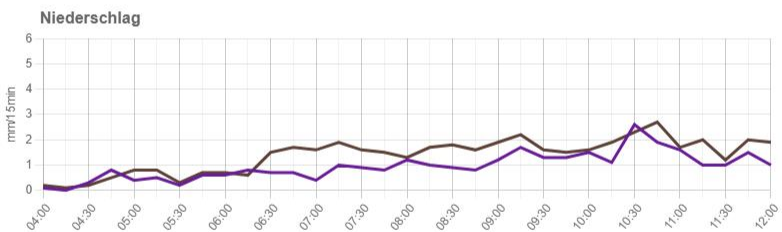
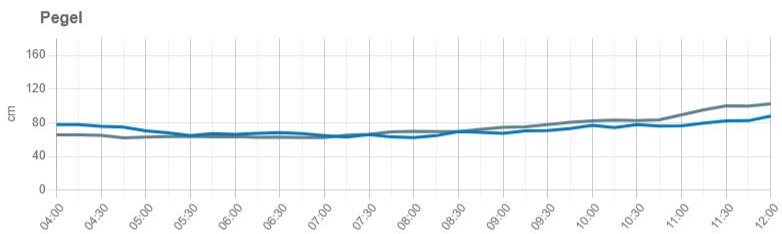
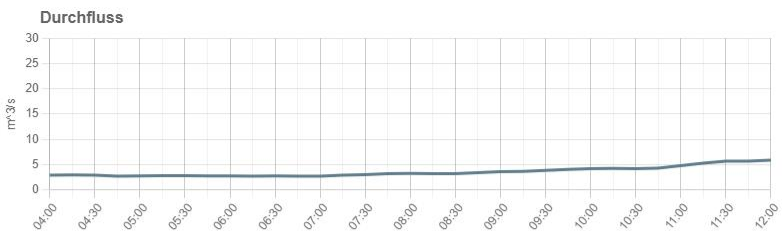


Vorhersage Sennhütte

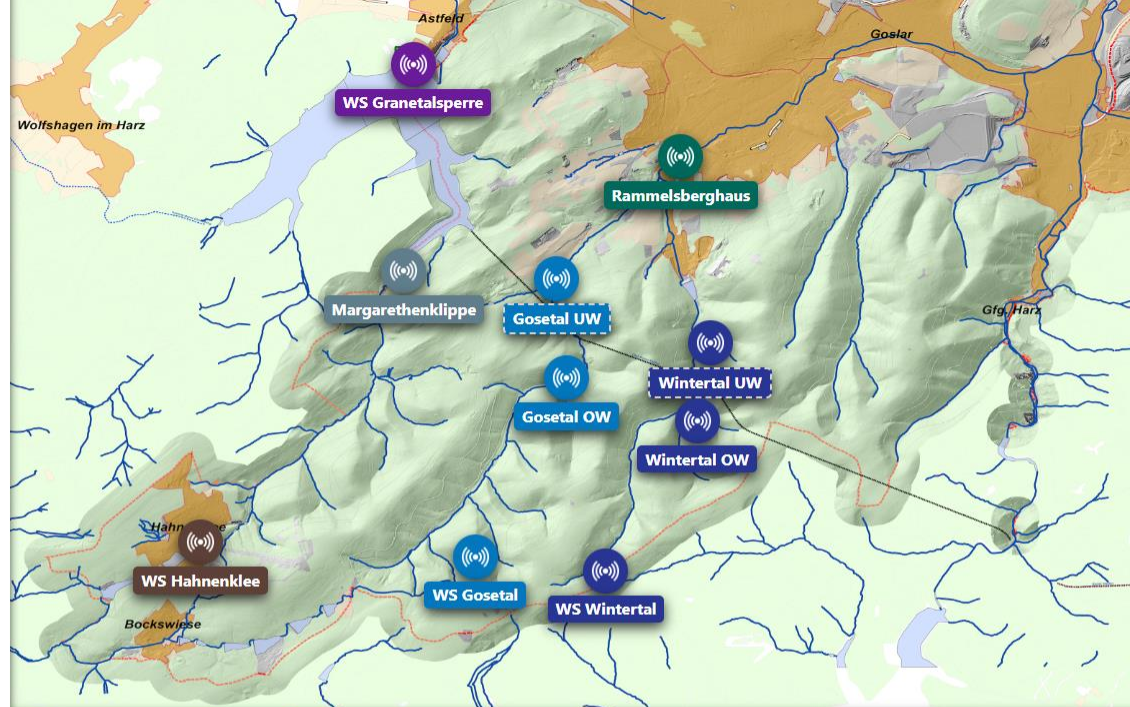
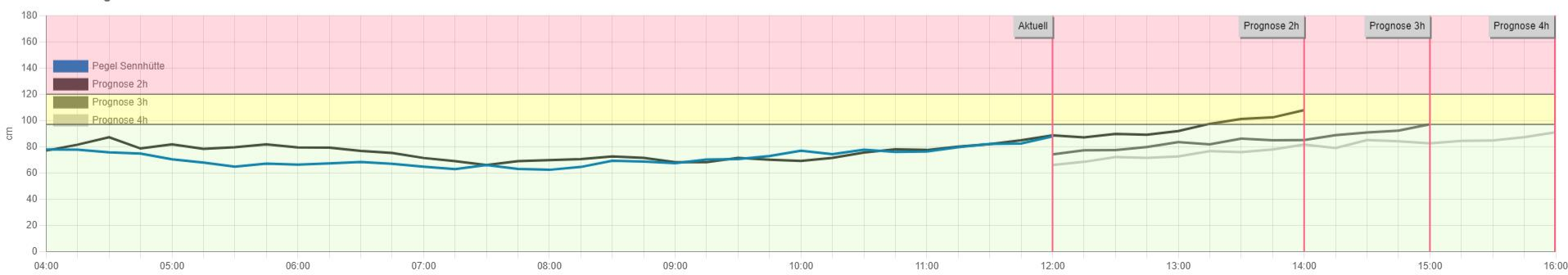


--Geringes Hochwasser Risiko--



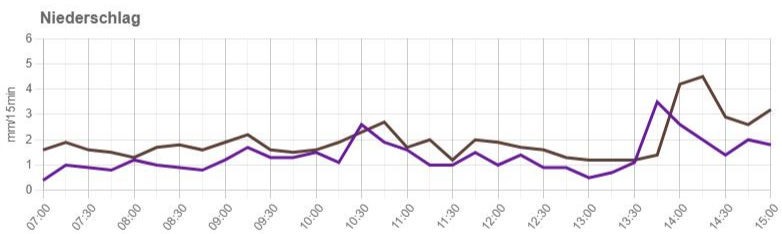
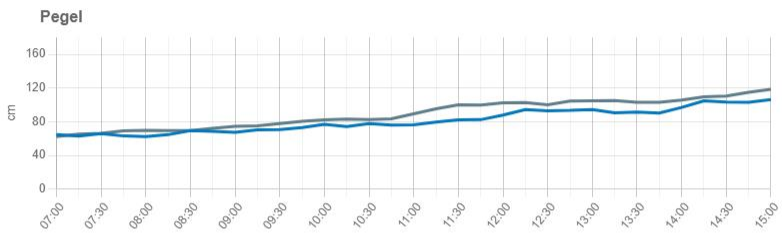
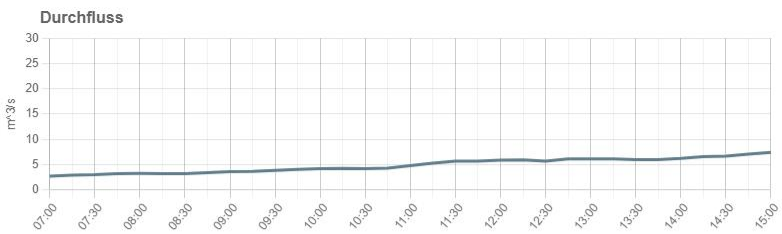


Vorhersage Sennhütte

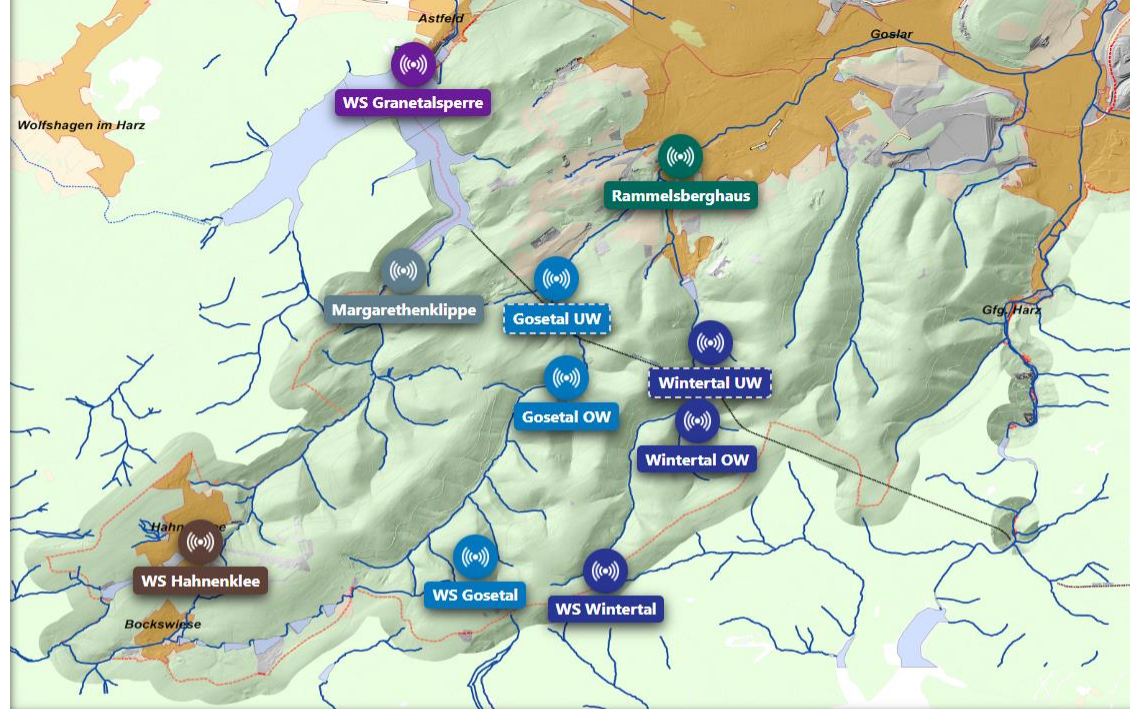
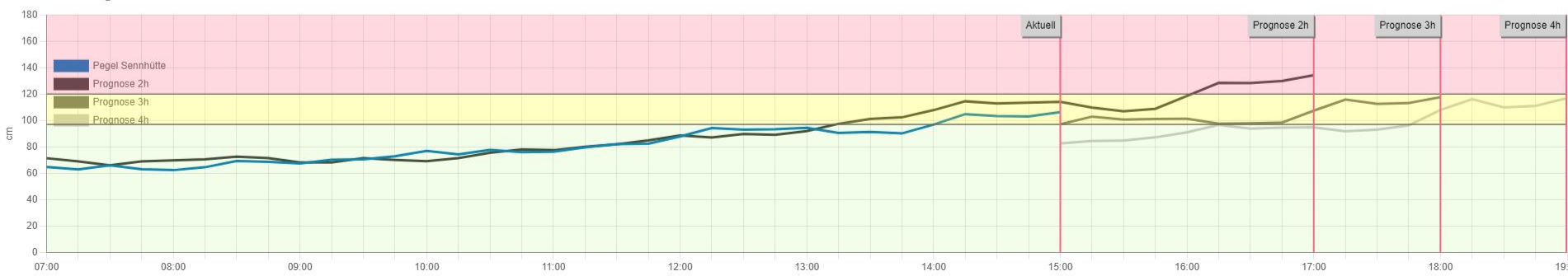


--Erhöhtes Hochwasser Risiko--





Vorhersage Sennhütte



KI- Hochwasserfrühwarn System (Reception)

- Bewährt im Weihnachtshochwasser 2023
- Preis Klima Kommune 2024 für Goslar

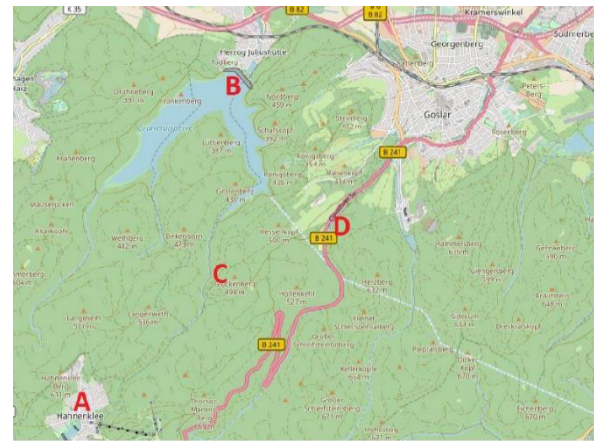


Agenda

- Motivation
 - Problem der Extrapolation
- Hochwasser Prognose System der Stadt Goslar
 - KI Modell
 - Frühwarn System
- Radar Basierte Vorhersage
- Zusammenfassung

Herausforderung

- Goslar:
 - Viele Sensoren Am Boden
 - Lange Datenreihen dieser Sensoren
- Das gibt es nicht überall...



- Niederschlag:
 - A: Hahnenklee
 - B: Granetalsperre
- Pegel und Durchfluss:
 - C: Margarethenklippe
 - D: Sennhütte
- Zeit:
 - 1.11.2003 - 03.12.2012
 - 14.6.2015 - 31.12.2017

Idee: Andere Datenquellen nutzen

- RADOLAN
- Verfügbar über DWD
- Messung durch 17 Radar Stationen
- Seit 2001 Verfügbar
- 5min Auflösung



Datensatz

- Input: RADAR Image, 7x9 pixels image containing precipitation values

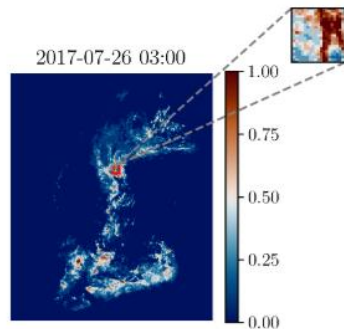


Fig: RADAR precipitation sample for 26th July 2017

- Output: water levels at different sensors

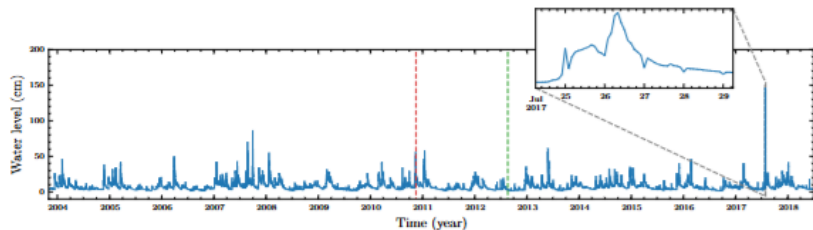


Fig: Water levels at Goslar station (2003 to 2018)

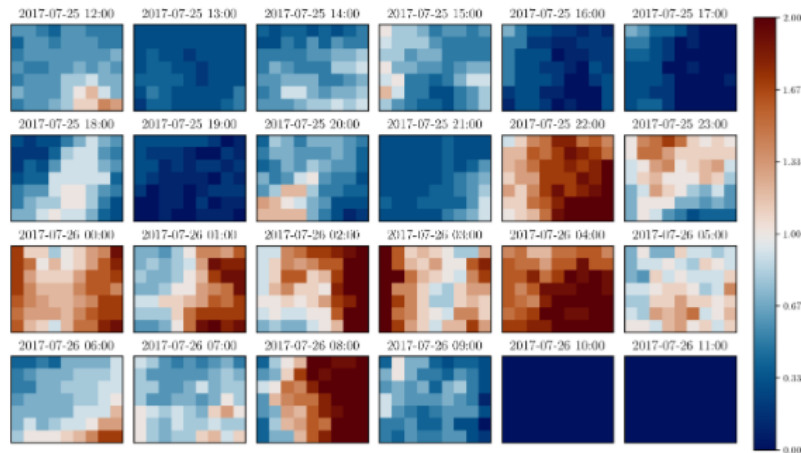


Fig: Hourly precipitation map for Goslar from 25th to 26th July 2017

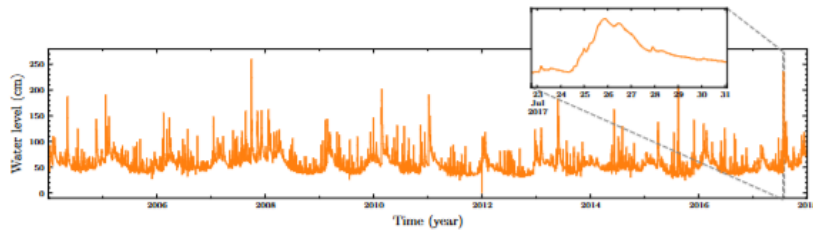


Fig: Water levels at Göttingen station (2003 to 2018)

Model architecture

- 514,176 radar images are passed through (2+1)D CNNs, followed by LSTM layers.
- Radar and sensor data = 15 mins frequency
- 50 epochs, 256 batch size, Adam optimizer

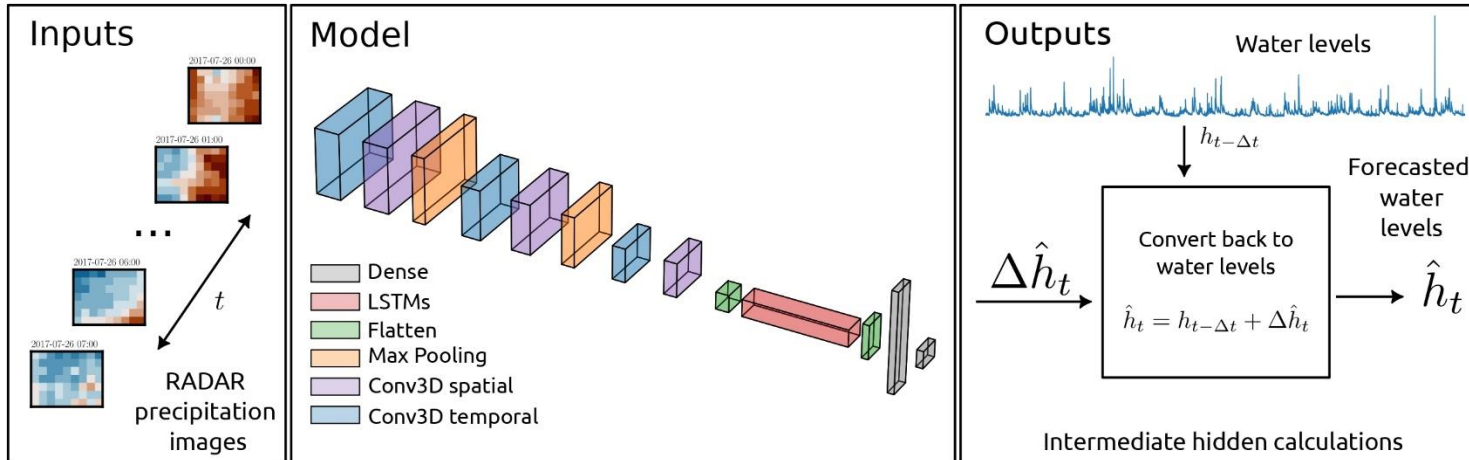


Fig: STRPM_r model architecture

Ergebnisse des neuen Modelles

Model	2h	3h	4h	8h	12h
resLSTM [20]	1.2007	1.208	1.841	-	-
STRPM _r	0.7186	1.0592	1.0592	1.3548	2.8206

Table: MSE evaluations for different models for Goslar

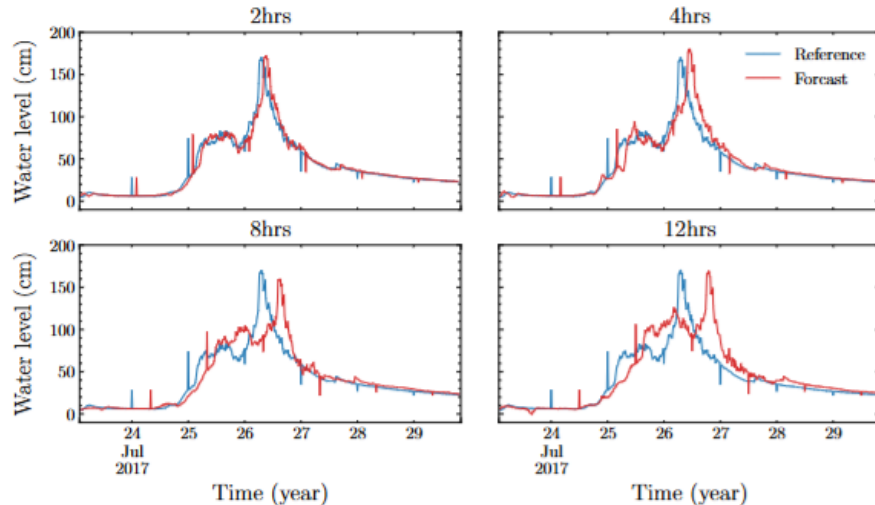


Fig: STRPM_r model forecasts for Goslar from 23rd July 2017 to 29th July 2017.

Unterschätzende Prognosen (pro Jahr) (training Ohne Flut)	2h	3h	4h	8h	12h
Vorhersagte Zeitschritte	8	12	16	32	64
resLSTM	4,4	8,5	10,5	-	-
STRPM _r	5,4	8,0	8,6	15,8	23,7

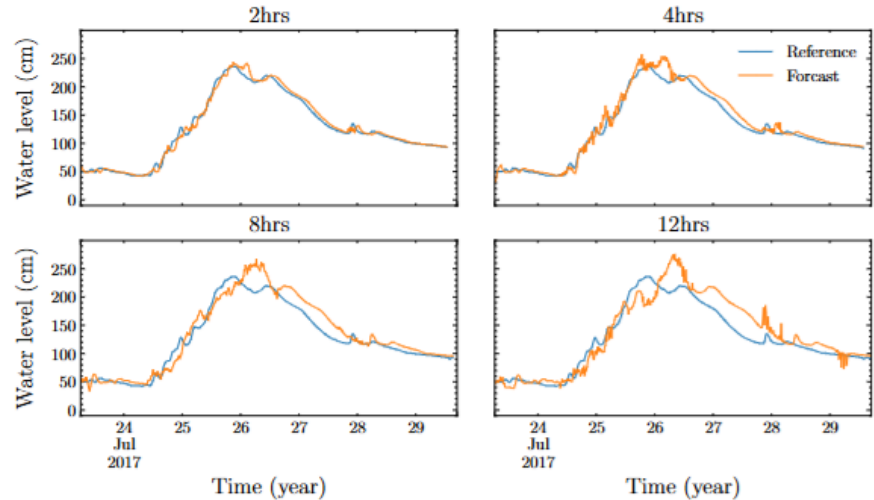


Fig: STRPM_r model forecasts for Göttingen from 23rd July 2017 to 29th July 2017.



Agenda

- Motivation
 - Problem der Extrapolation
- Hochwasser Prognose System der Stadt Goslar
 - KI Modell
 - Frühwarn System
- Radar Basierte Vorhersage
- Zusammenfassung

Zusammenfassung und Ausblick

- Live System in Goslar mit Prognose aus Wetterstationen und Pegeln Fluss Auswärts
- Hochgenaue Prognose ohne Bodensensoren, aber mit DWD RADOLAN
- Zukunft: Wie können wir die notwendigen Daten des Ziel-Pegel Reduzieren
 - Transfer Learning
 - Foundation Modelling

