



BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL



# Bergische KI-Hochwasserwarnsystem 4.0

Dr.-Ing. Richard Meyes, Institute for Technologies and Management of Digital Transformation, Bergische Universität Wuppertal  
27. Symposium Flussgebietsmanagement beim Wupperverband Gebietsforum Wupper der Bezirksregierung Düsseldorf, 20.06.2024, Wuppertal

# Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Datensammlung und -aufbereitung
- 3 Künstliche Intelligenz für Hochwasserwarnungen
- 4 Ausblick

# Einleitung

# Hochwasser im Juli 2021



August 2021

## Antragsphase

- Initiative der Berger Gruppe
- Zusammenstellung Konsortium
- Suche nach Fördermitteln
- Einreichung Projektskizze November 2021

Juli 2021

## Hochwasserkatastrophe in NRW

- 20.000 Privathaushalte
- 7.000 Unternehmen
- 180 Kommunen
- 12,3 Milliarden € Schaden

Februar 2022

## Krieg und Politik

- Feb. 2022 – Ukraine Krise
- Mai 2022 – Wahlen der NRW-Landesregierung
- Energiekrise
- Umstellung des Landes- & Bundeshaushalts

## HWS 4.0 Frühwarnsystem

Juni 2023

## Projektstart

- Fördergeber: MWIDE, KI.NRW  
Ministerium für Wirtschaft,  
Industrie, Klimaschutz und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen 
- Laufzeit: Juni 2023 – Mai 2026
- Volumen: ~3,2 Millionen €

# Projektpartner



- Sondermaschinenbau, KMU
- Direkt Betroffener vom Hochwasser
- Projektinitiator, Evaluation Sensorik



- Forschungseinrichtung
- Data Science & Künstliche Intelligenz
- Entwicklung der KI-Vorhersagemodelle



- Assoziierter Partner
- Netzwerk und Dissemination



- Wasserwirtschaft im Wuppertal
- Betreiber Infrastruktur
- Ausbau Sensorsystem



- Trinkwasserproduktion, Stadtentwässerung, etc...
- Betreiber Infrastruktur
- Ausbau Sensorsystem



- Projektkoordination
- Öffentlichkeitsarbeit
- Kommunikation Fördergeber und Politik



## KI-Modell

 Vorhersage von Pegelständen (6 Stunden)

 Identifizierung von Gefahrenzonen



## Vorhersagegebiet

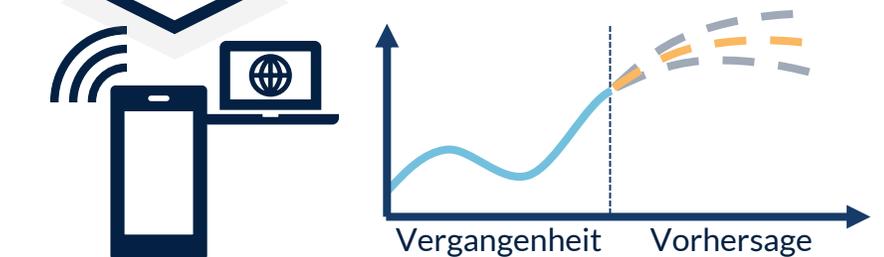


## Sensorsystem

-  Aktuelle Wetterdaten
-  Wettervorhersage
-  Wasserpegel der Wupper
-  Zuflüsse
-  Stauwerke



## HWS 4.0 Warn-App



# Datensammlung und -aufbereitung

## Aktuelle Sensoren im Feld

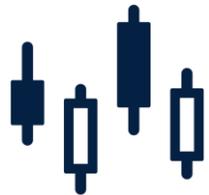


57 Wasserstand-Sensoren  
27 Abflüsse  
51 Niederschlagssensoren  
5 Wetterstationen

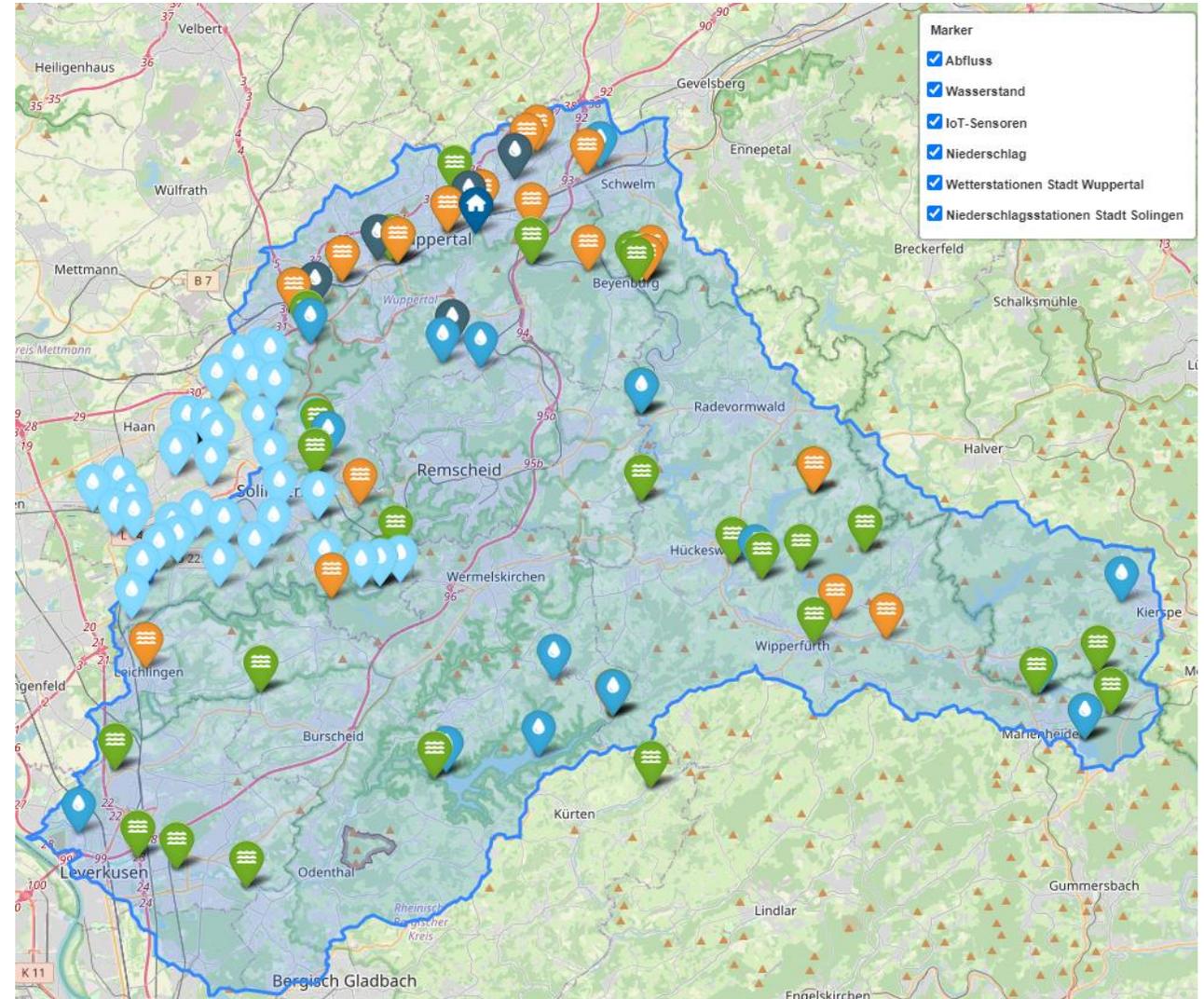
## Langzeitdaten für KI-Training



Zeitraum: 2005 – 2024  
Messintervall: 30 Minuten  
~322.000 Messpunkte



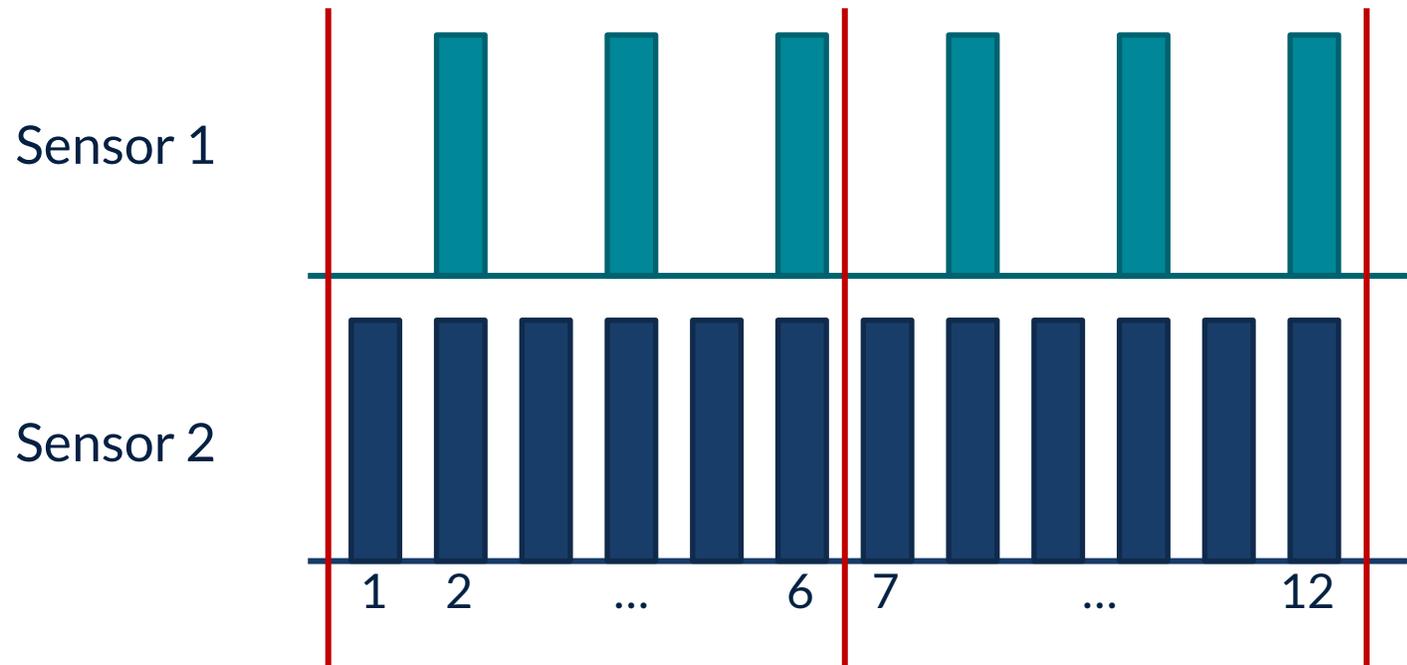
3 Wasserstand-Sensoren  
10 Niederschlagssensoren  
3 Abfluss-Sensoren





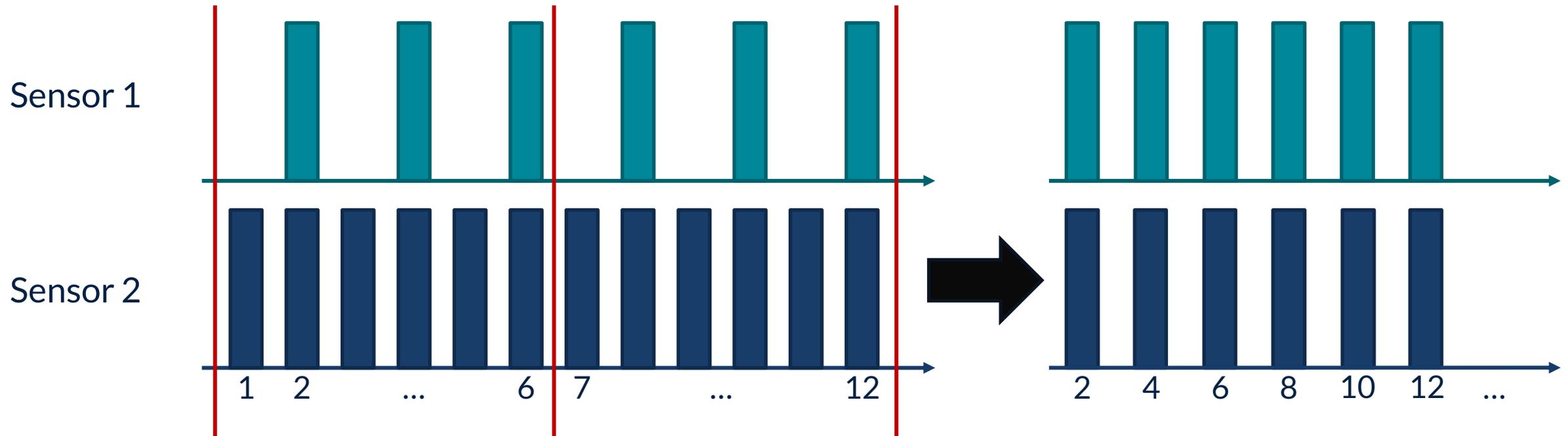
Sensoren haben verschiedene Messintervalle.

KI-Modell benötigt gleichmäßiges Messintervall für alle Sensoren.





Anpassung des Messintervalls auf den kleinsten gemeinsamen Nenner.





Sensoren liefern unter Umständen nicht durchgehend Daten.

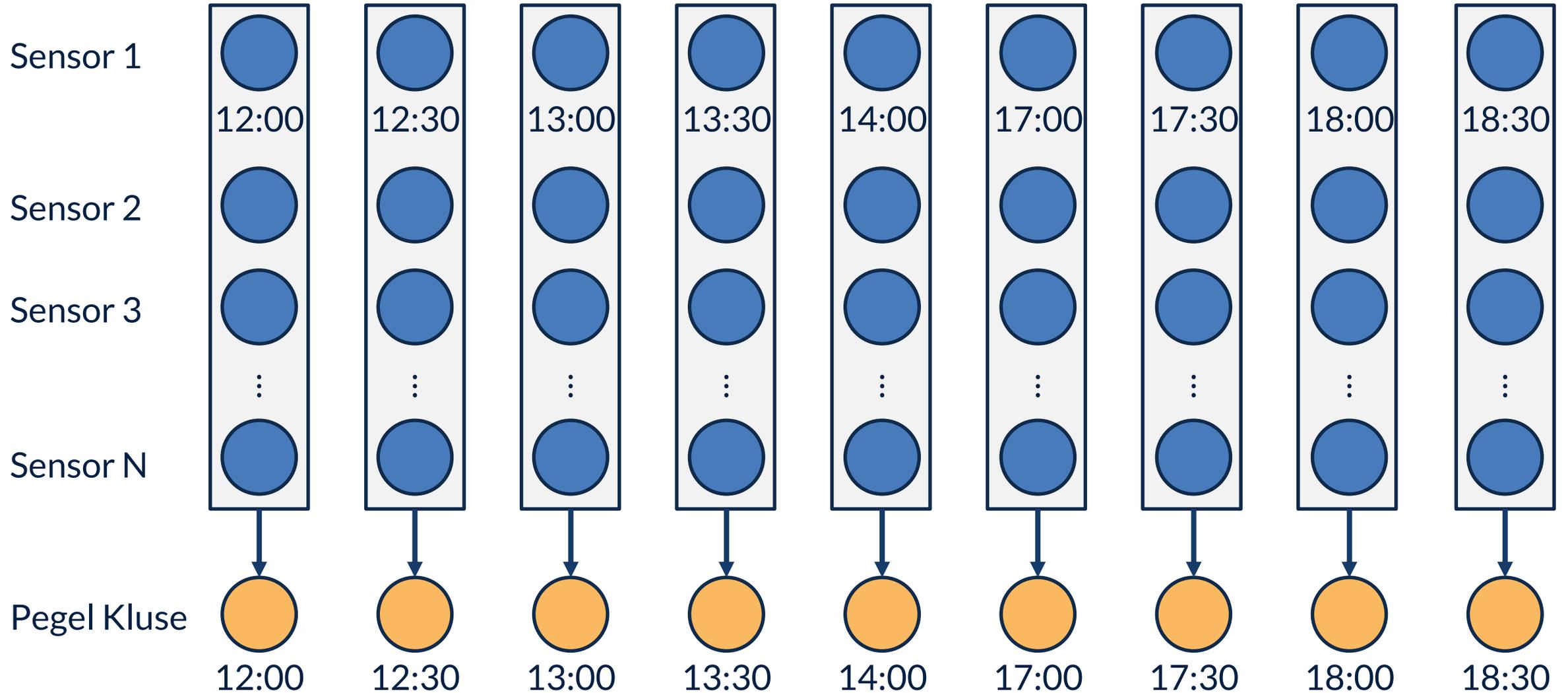
KI-Modell benötigt zu jedem Zeitpunkt Daten von jedem Sensor.



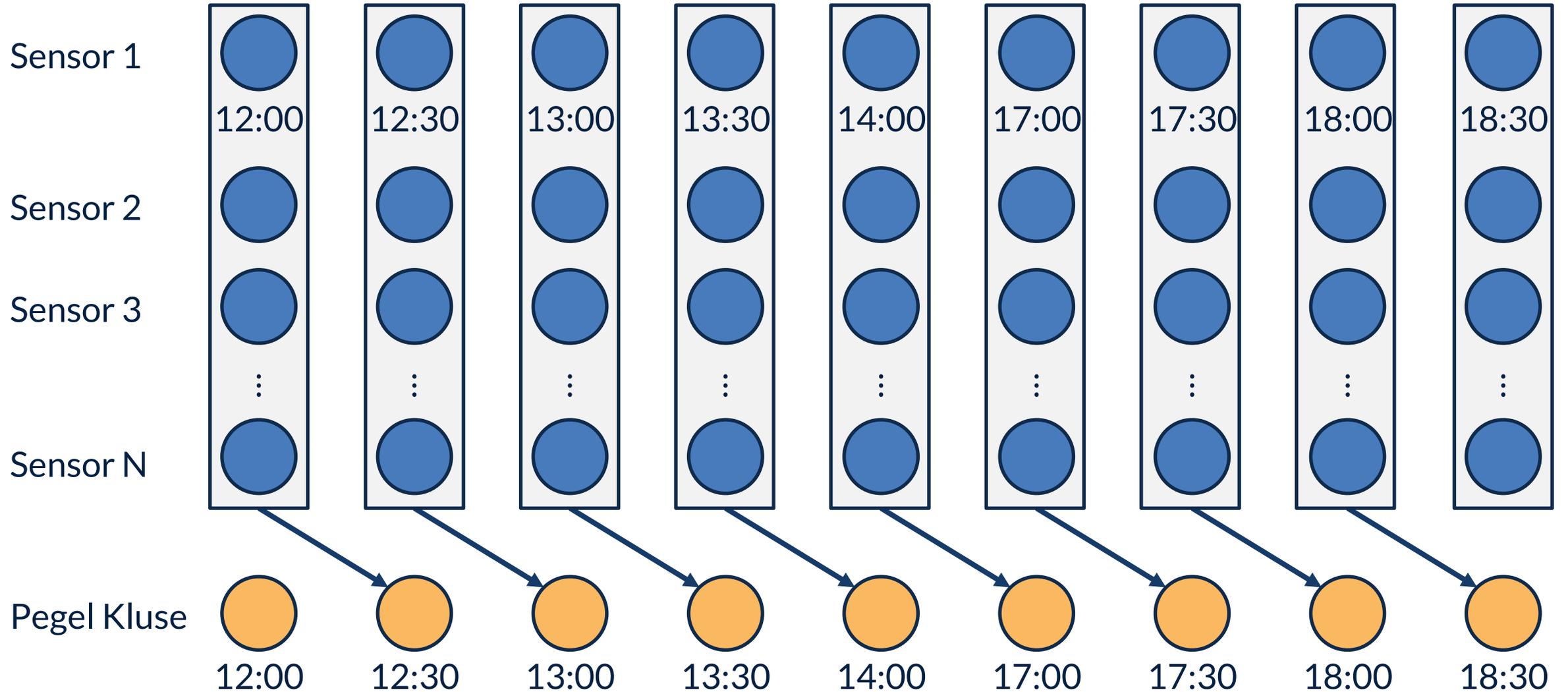
# Vorhersage von Pegelständen

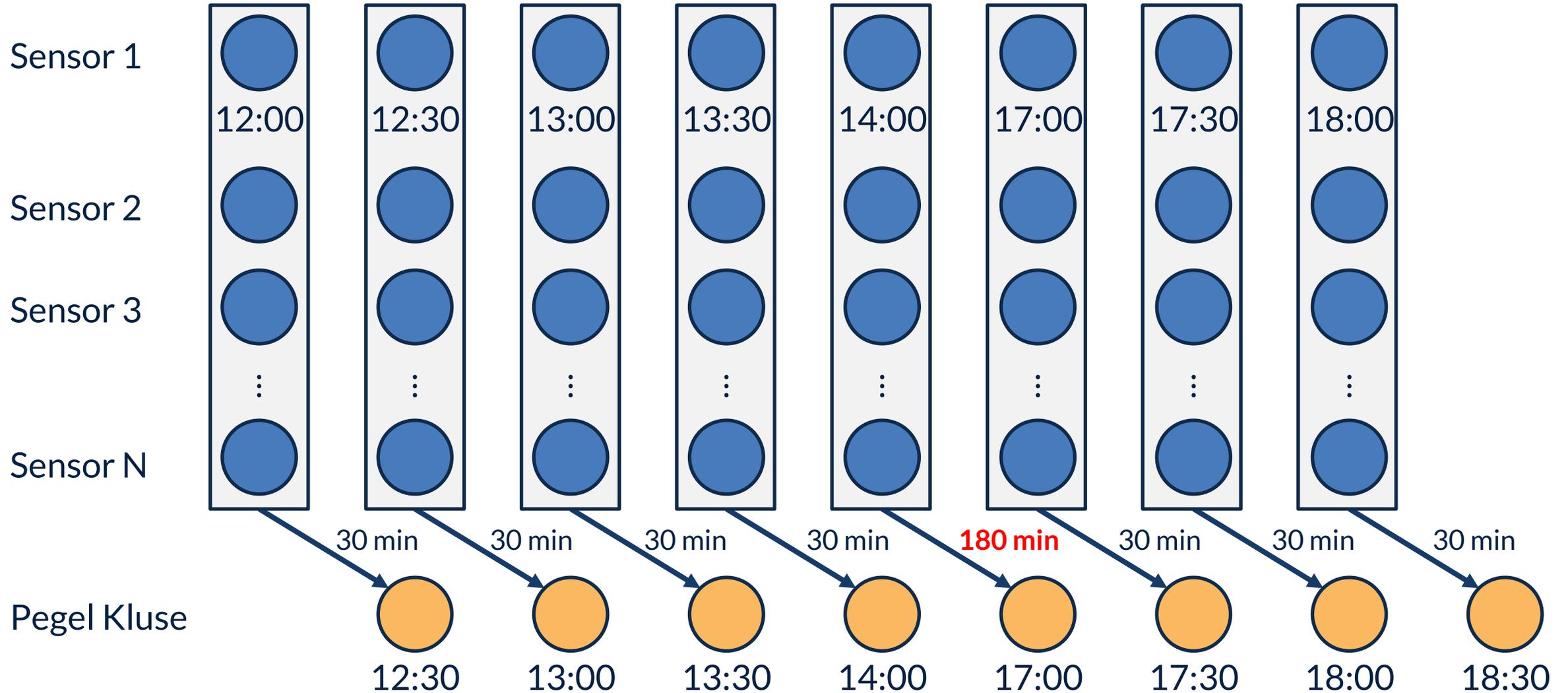


# Lernaufgabe & Methodik

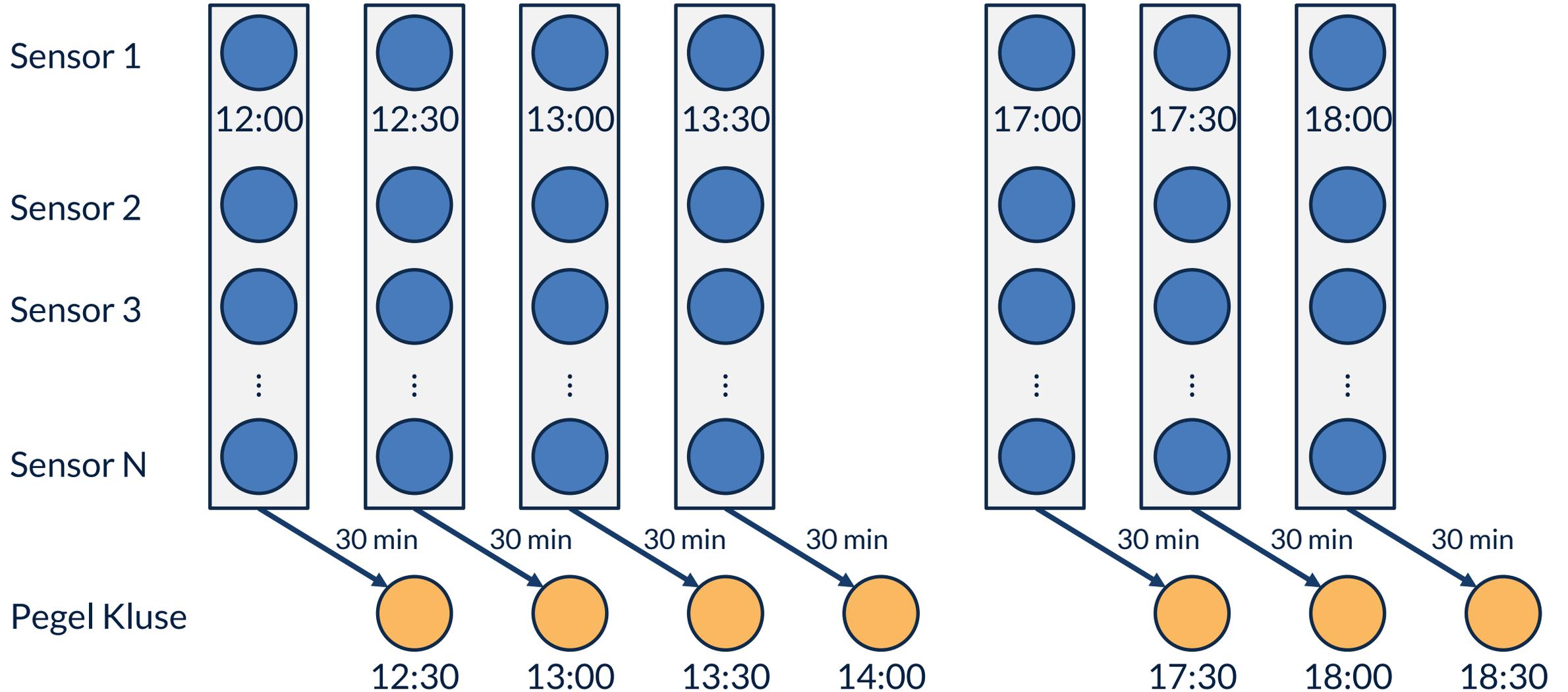


# Lernaufgabe & Methodik

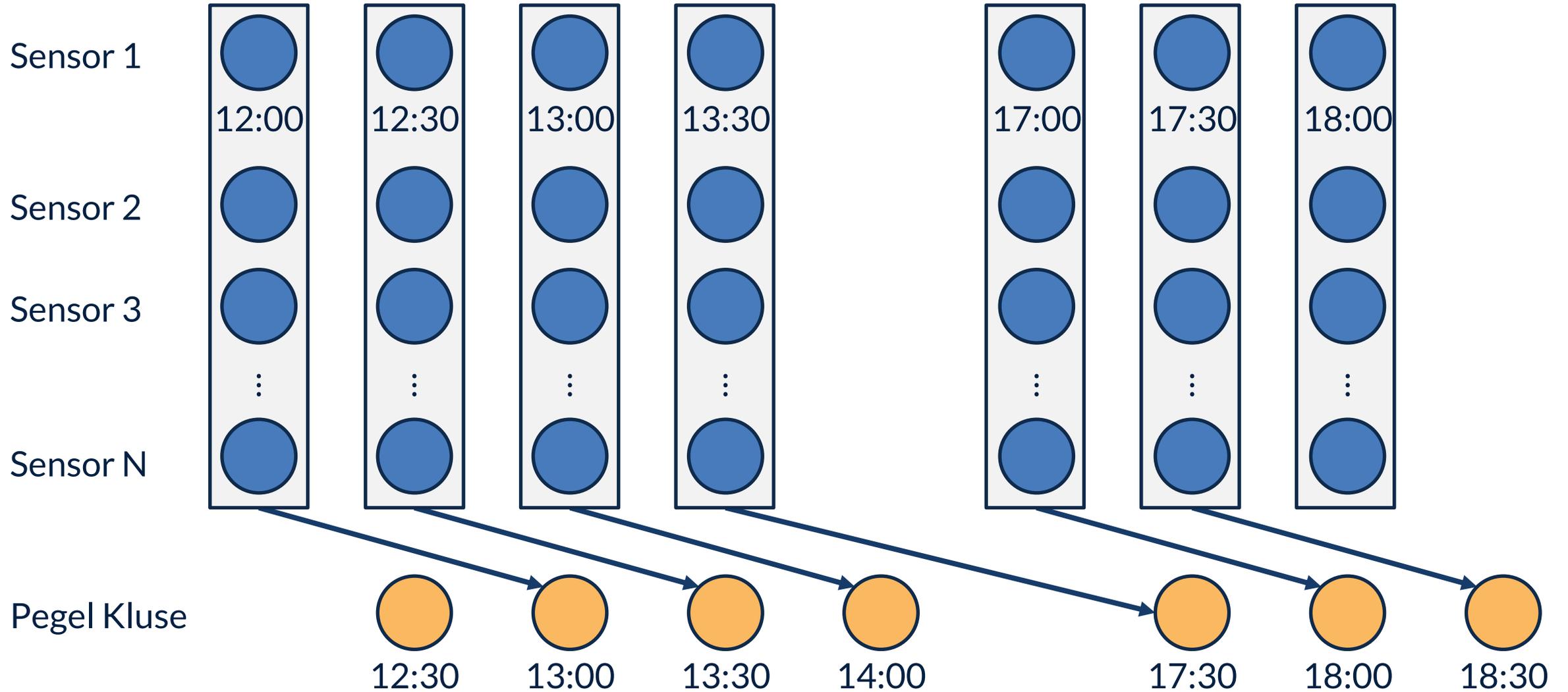




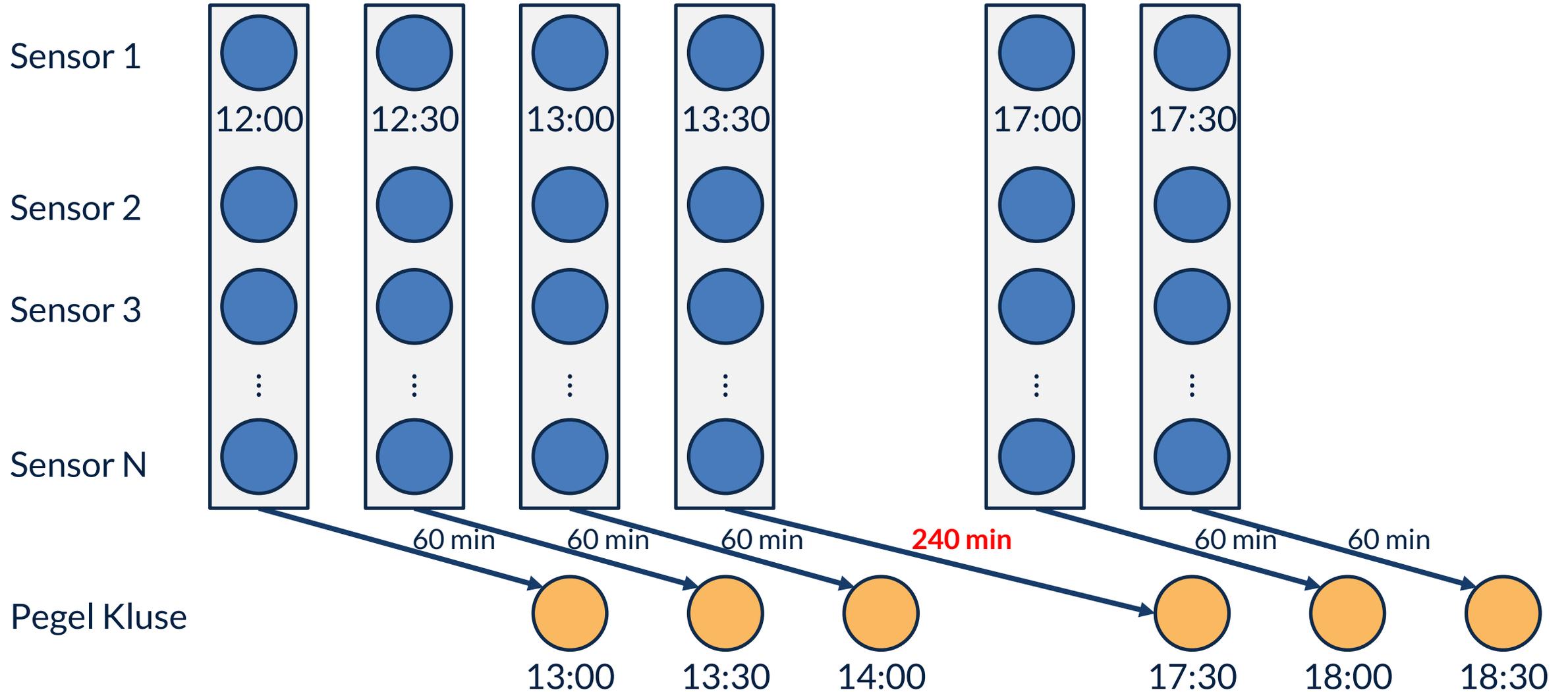
# Lernaufgabe & Methodik



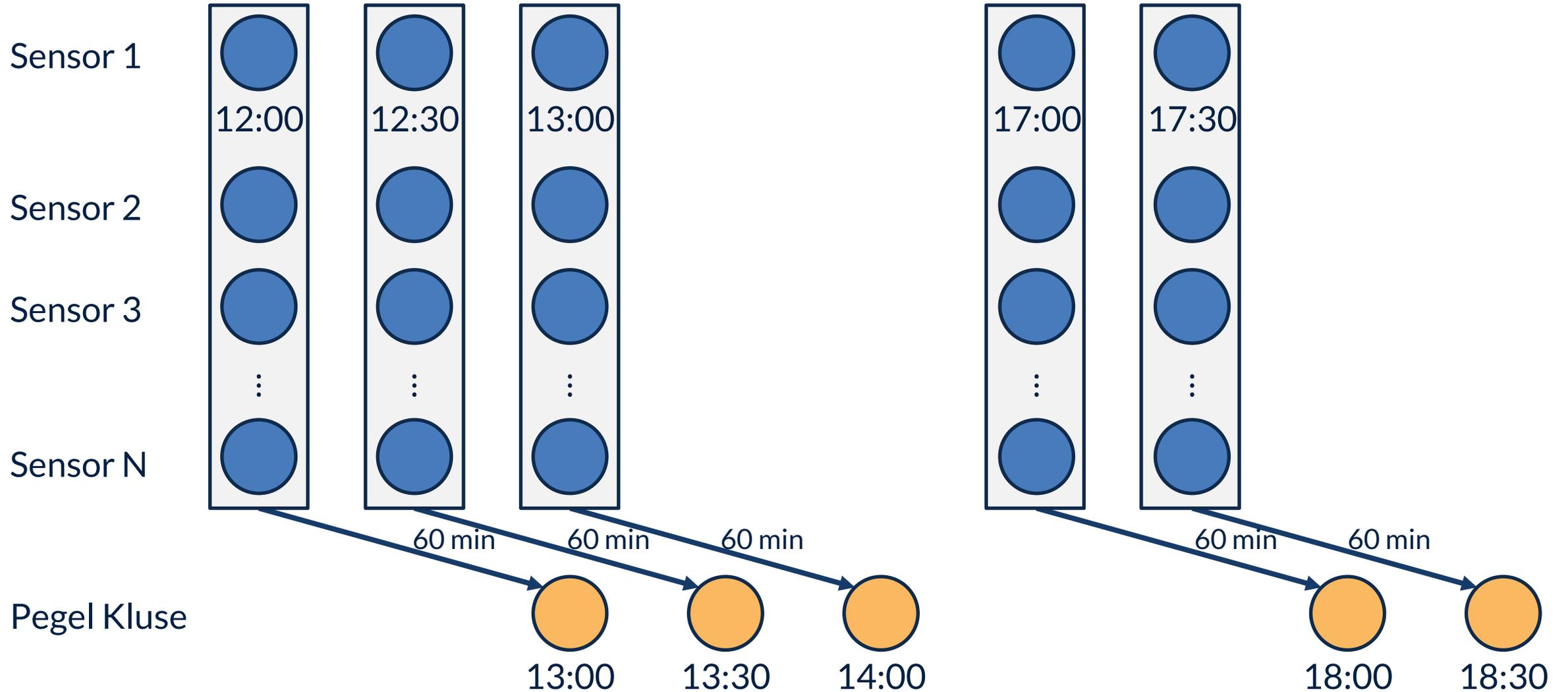
# Lernaufgabe & Methodik



# Lernaufgabe & Methodik



# Lernaufgabe & Methodik





Modellvorhersage im Mittel etwa  
3 Zentimeter daneben.

Zeitversatz	Abweichung Pegelstand (RMSE)
Kein Versatz	3.01 cm
30 Minuten	3.02 cm
60 Minuten	3.03 cm
90 Minuten	3.03 cm
120 Minuten	2.90 cm
150 Minuten	2.94 cm
180 Minuten	3.04 cm



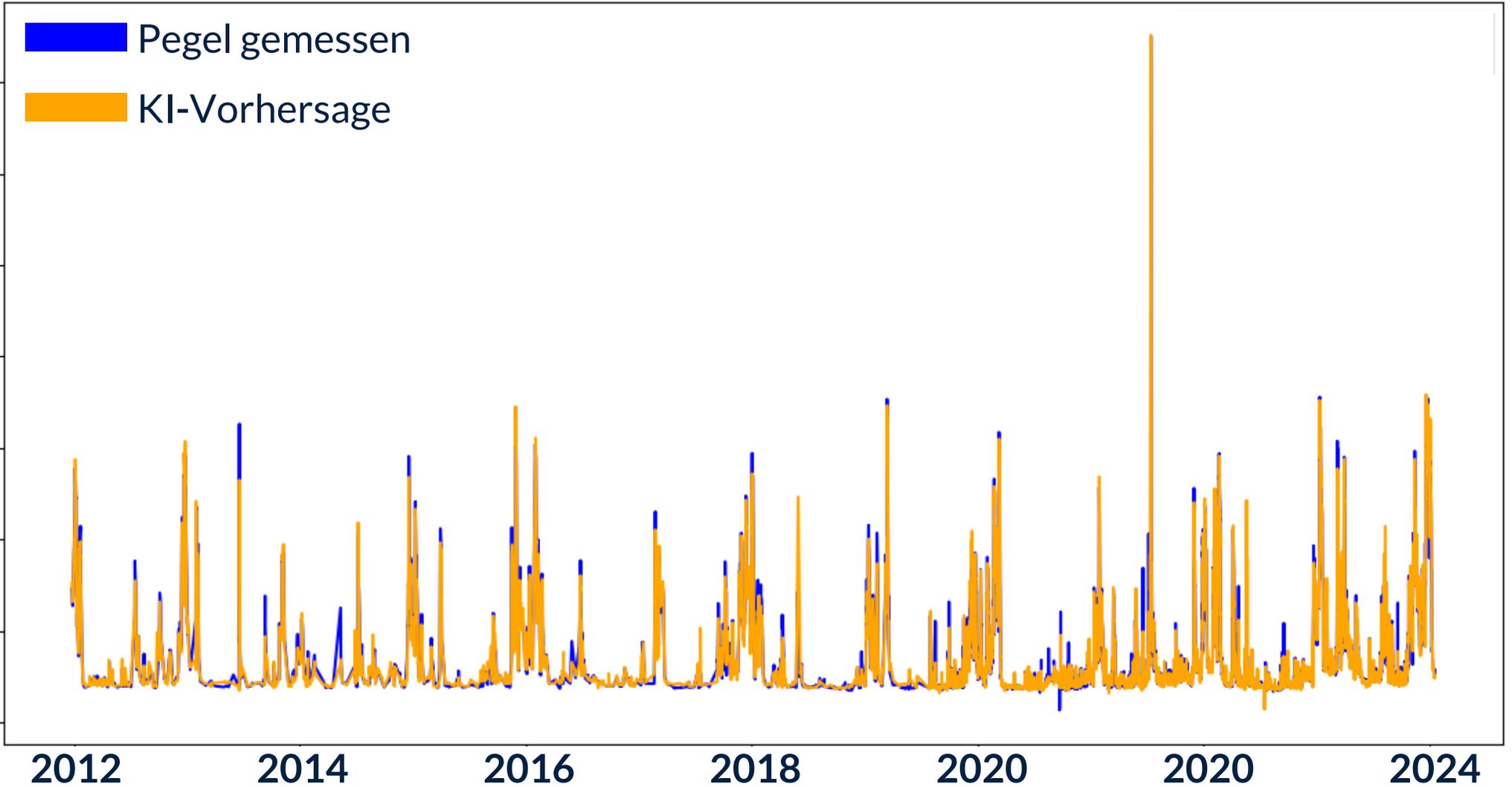
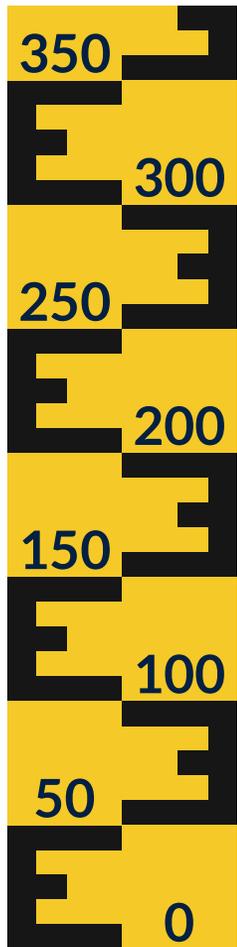
Sind diese Fehler überall gleich groß/klein?

Gibt es Bereiche, bei denen die Fehler größer sind?

# Ergebnisse

Kein Zeitversatz

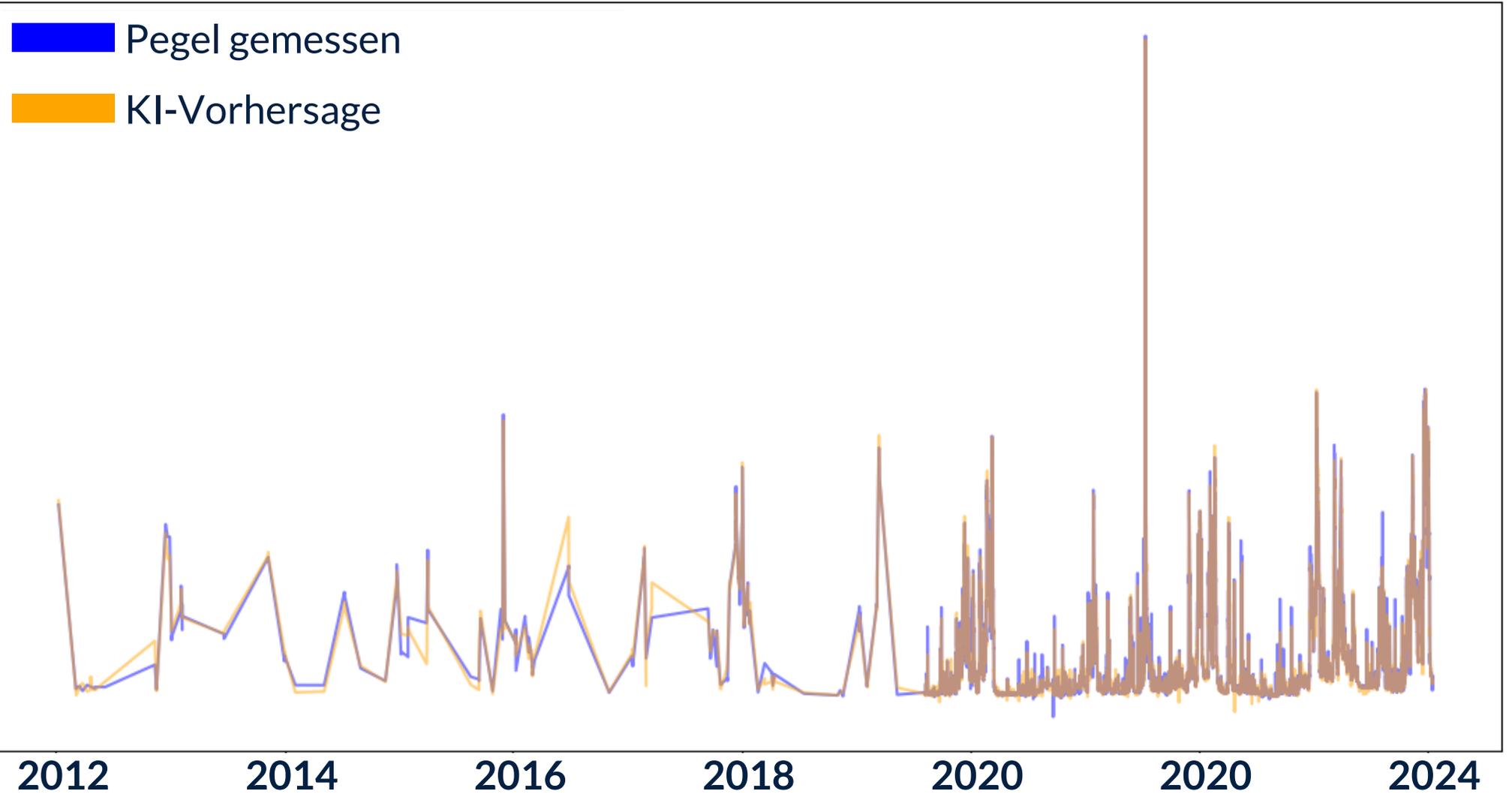
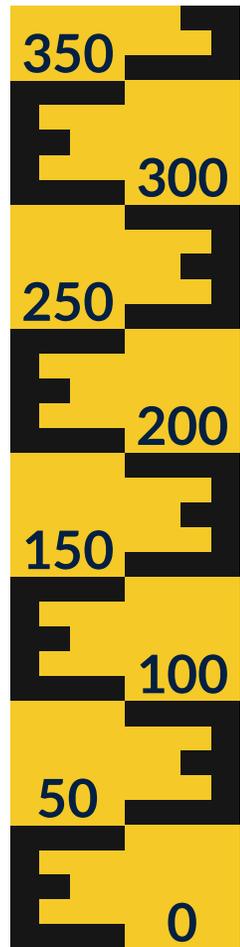
## Pegel Kluse [cm]



# Ergebnisse

180 Minuten Vorhersagehorizont

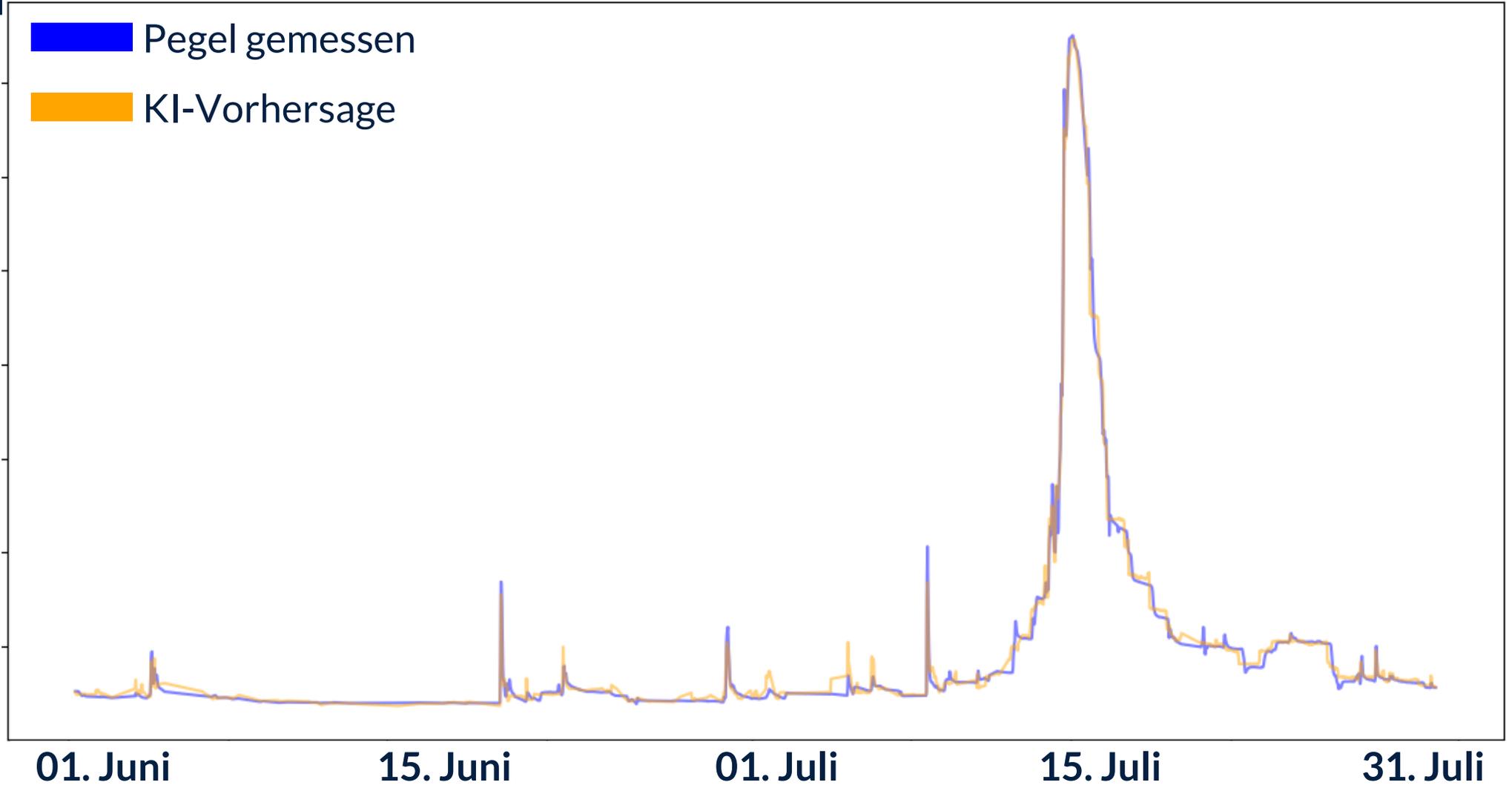
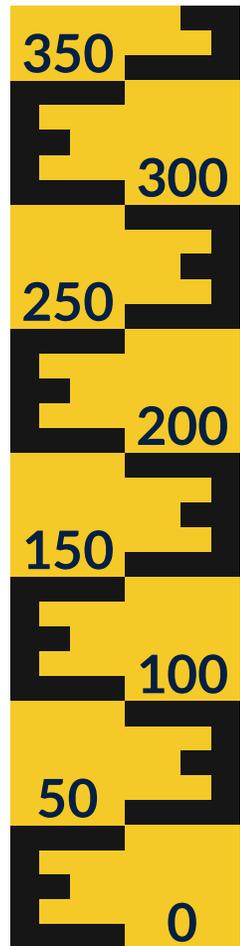
## Pegel Kluse [cm]



# Ergebnisse

180 Minuten Vorhersagehorizont – Juli 2021

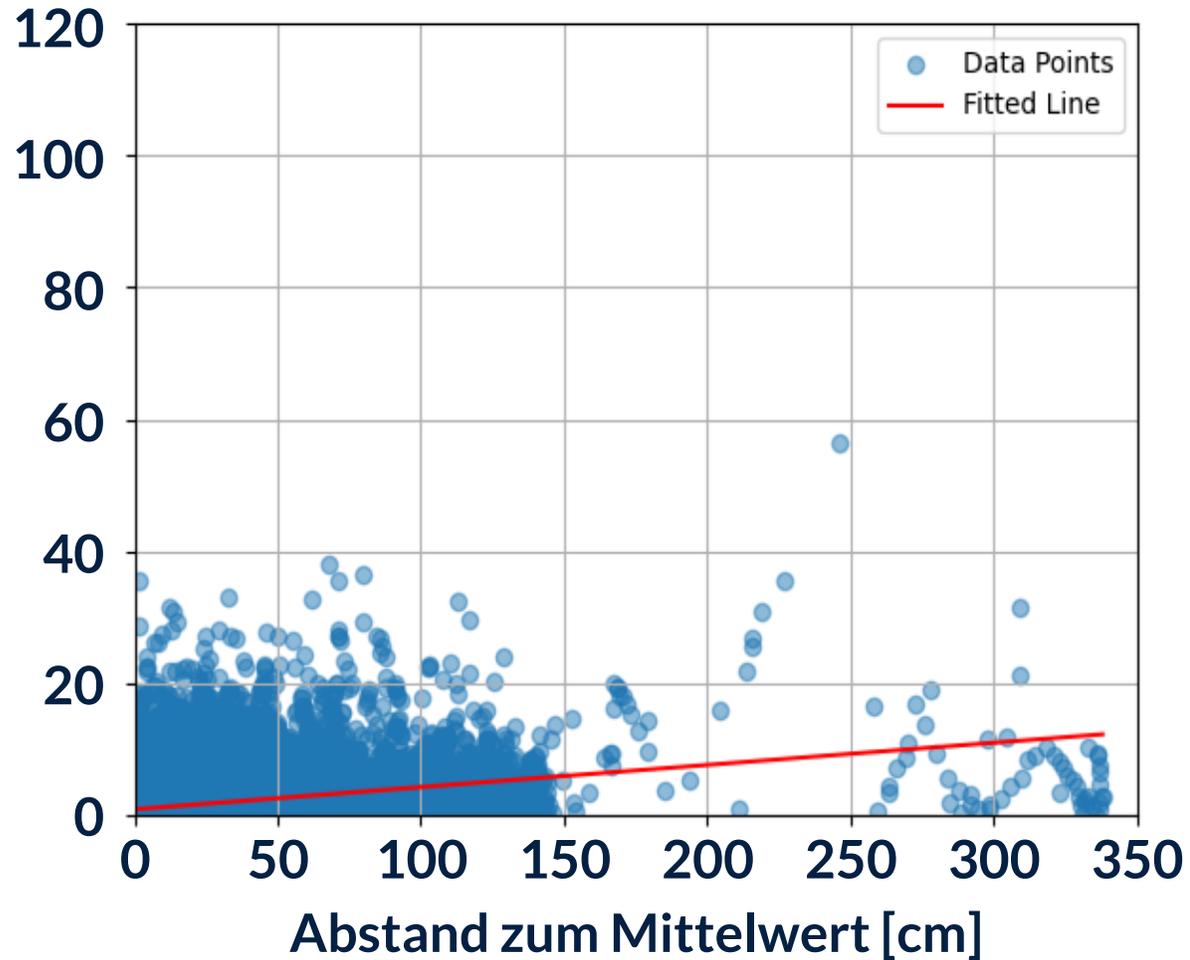
Pegel Kluse [cm]



# Ergebnisse

Verteilung der Fehlerwerte

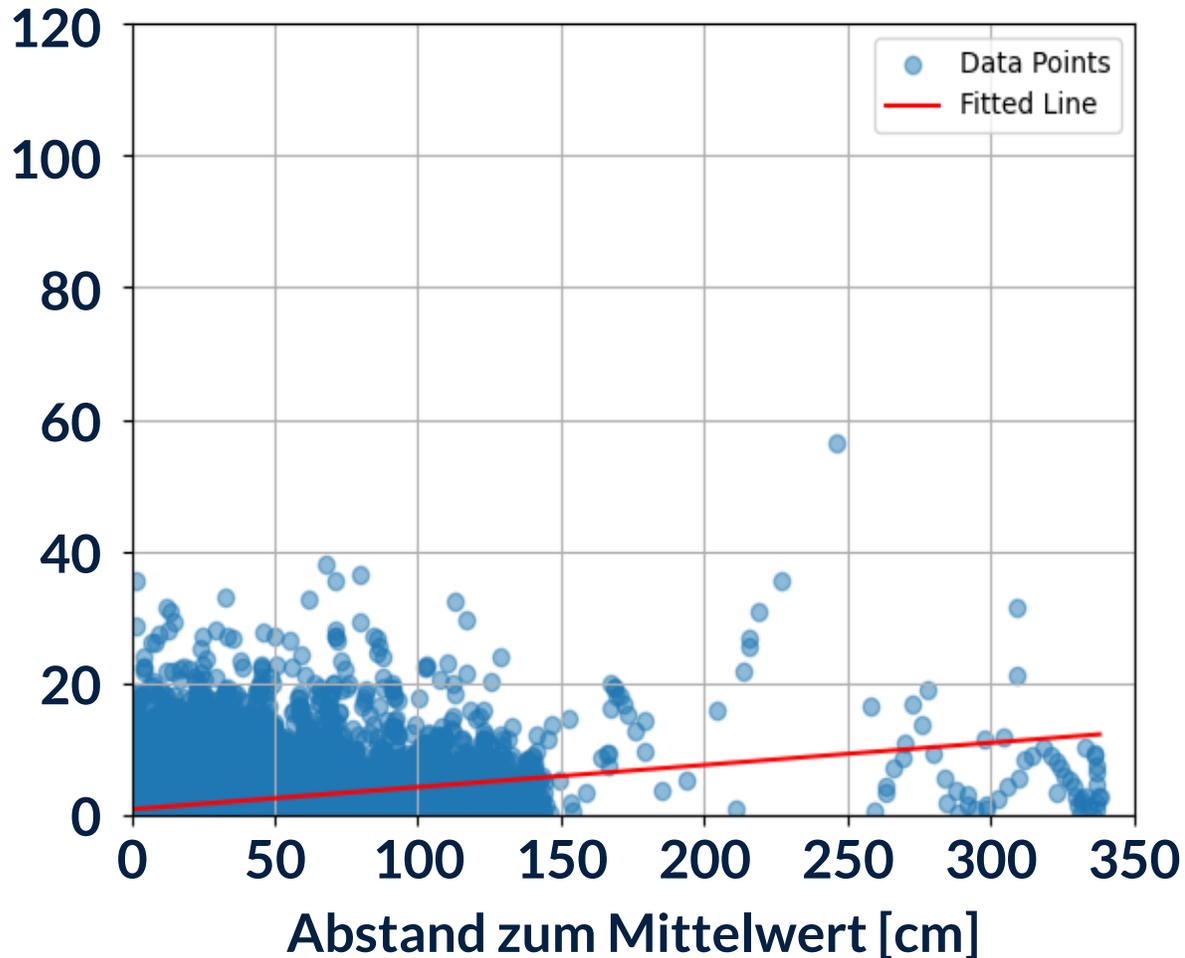
## Vorhersagefehler [cm]



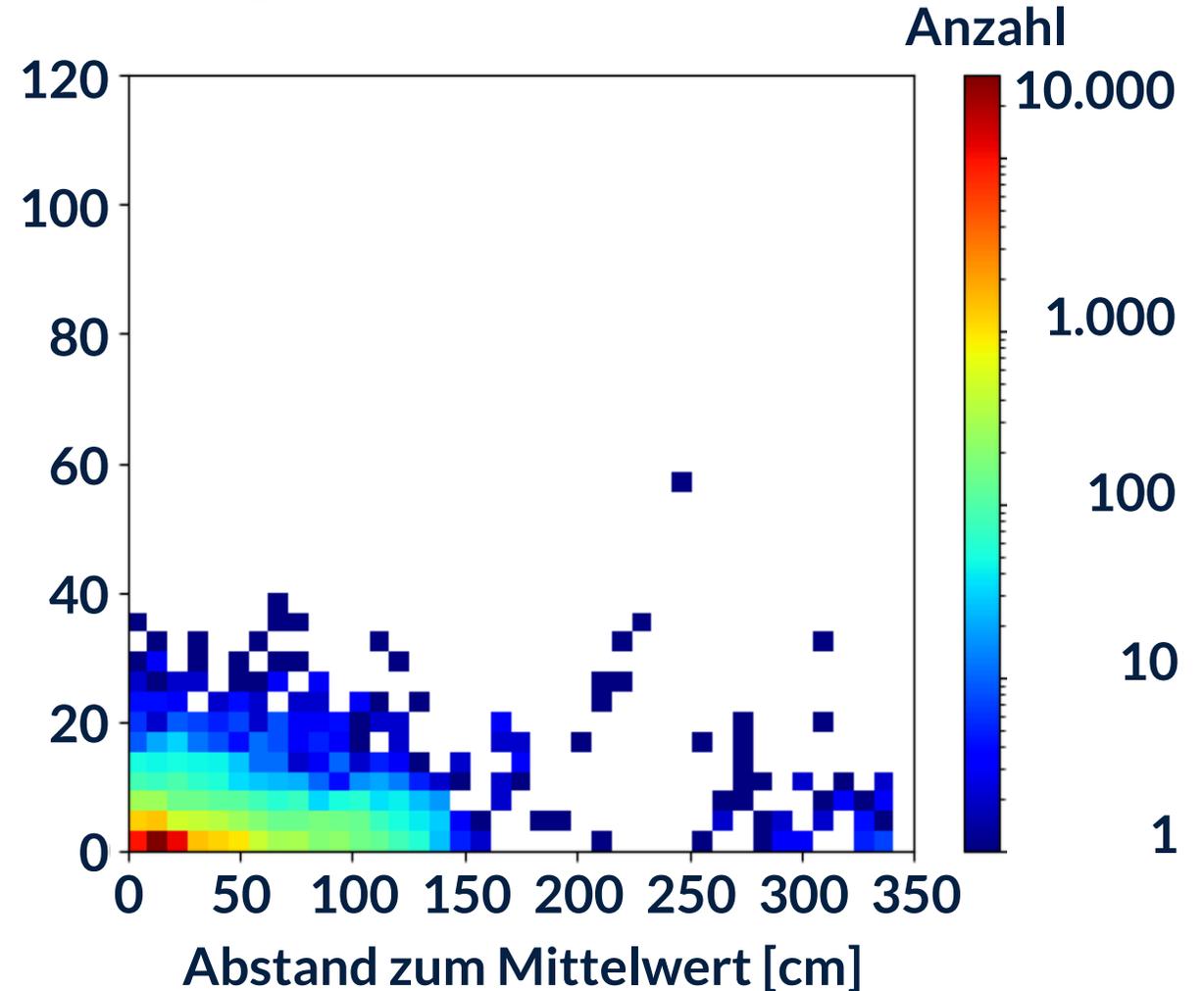
# Ergebnisse

Verteilung der Fehlerwerte

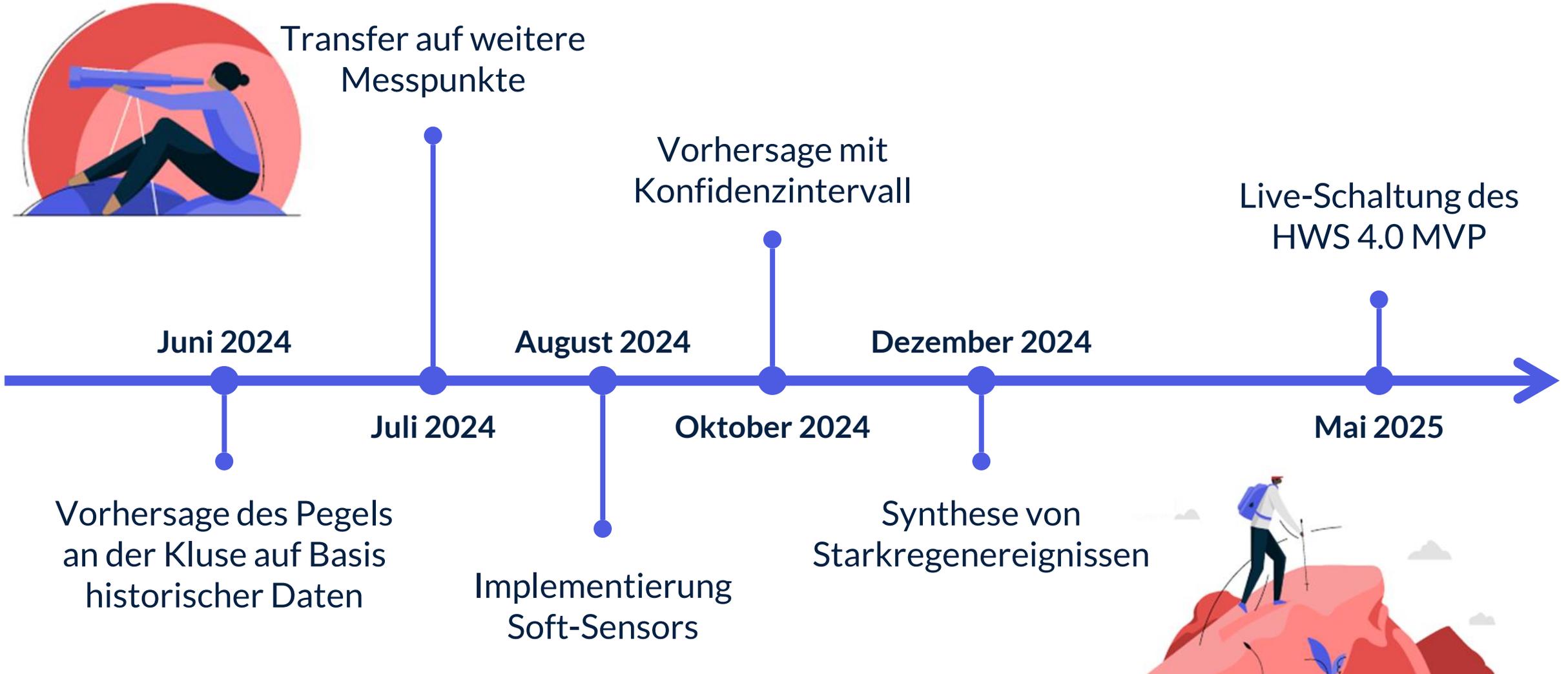
## Vorhersagefehler [cm]



## Vorhersagefehler [cm]



# Ausblick





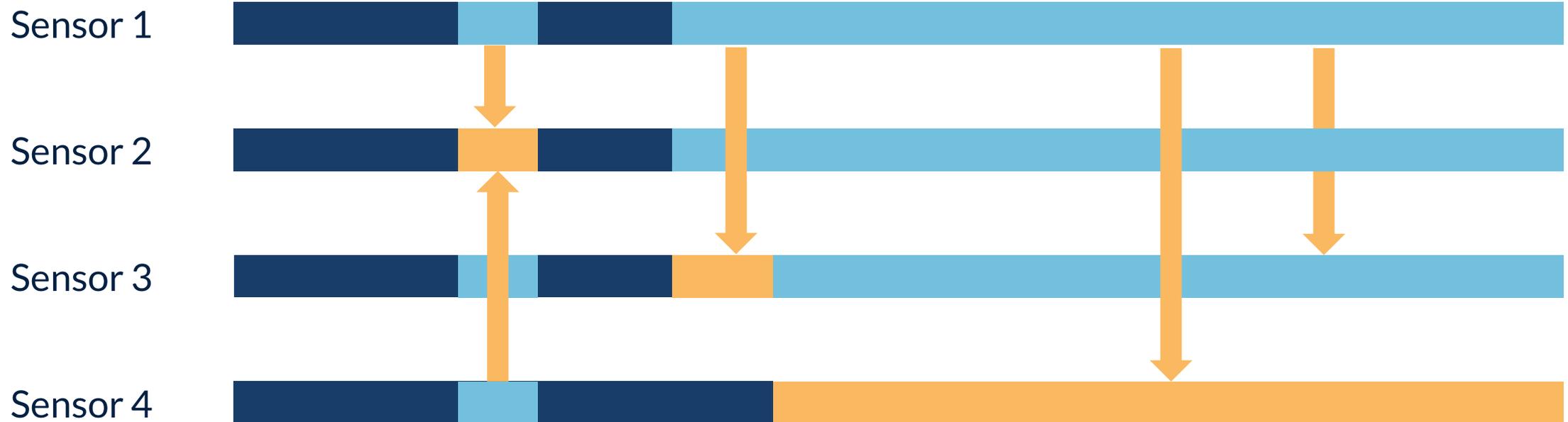
Sensoren liefern unter Umständen nicht durchgehend Daten.

KI-Modell benötigt zu jedem Zeitpunkt Daten von jedem Sensor.





*Soft-Sensors* zur Berechnung von zeitgleichen Werten anderer Sensoren.



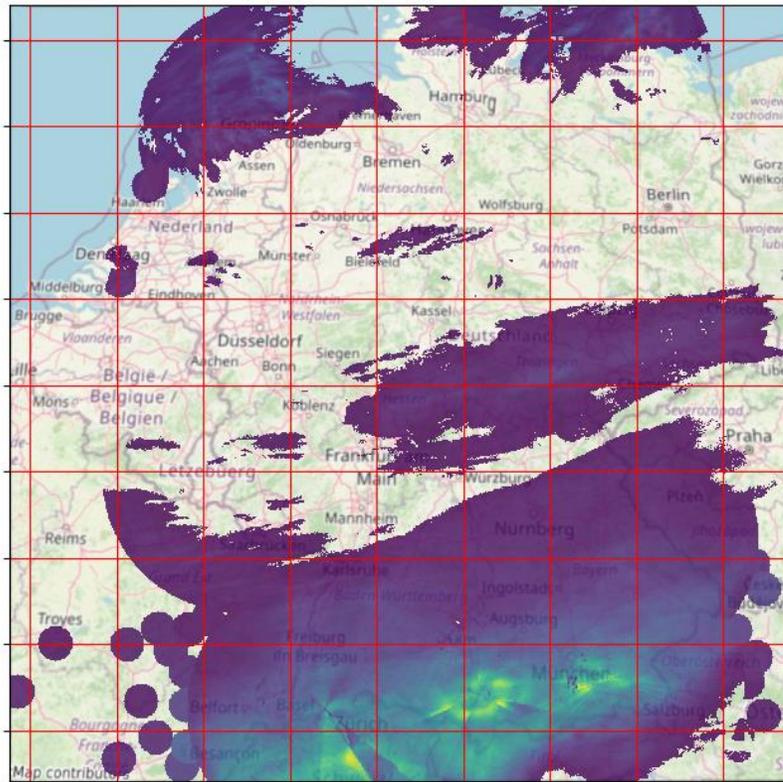
# Berechnung von Pegeldaten aus Radardaten des DWD



Es gibt nur vereinzelte Starkregenereignisse in der Vergangenheit.



Synthese von künstlich generierten Starkregenereignissen.



Radardaten

Reflexionsmessungen der Wolkendichte und -größe



Regendaten

Niederschlagswerte auf einer Fläche von  $1 \text{ km}^2$



Pegeldaten

Simulation mit dem hydrologischen Modell TALSIM (Wupperverband)

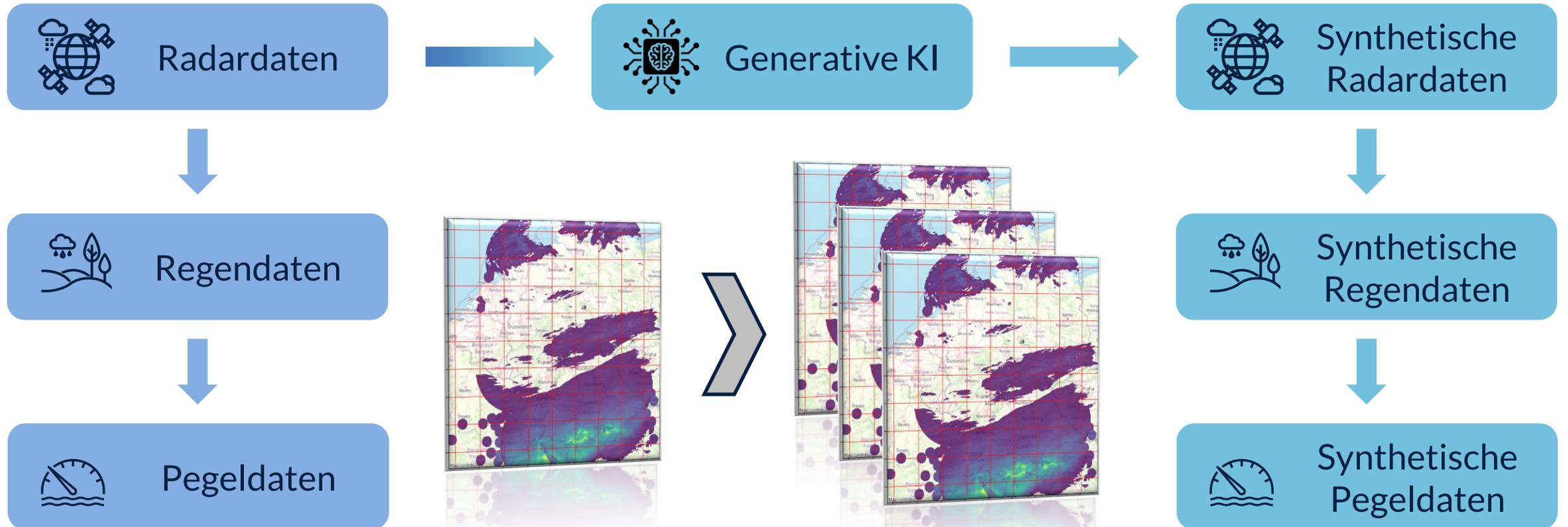
# Berechnung von Pegeldaten aus Radardaten des DWD



Es gibt nur vereinzelte Starkregenereignisse in der Vergangenheit.



Synthese von künstlich generierten Starkregenereignissen.



# Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!



Kontakt

Institute for Technologies &  
Management of Digital Transformation

 [www.tmdt.uni-wuppertal.de](http://www.tmdt.uni-wuppertal.de)

**Dr.-Ing. Richard Meyes**  
Geschäftliche Leitung „Industrial Deep Learning“

 [meyes@uni-wuppertal.de](mailto:meyes@uni-wuppertal.de)