

# Künstliche Intelligenz für Vorhersage und Regelung im Energiemanagement

Dr. Jan Kurzidim

Research Engineer

Forschungsfeld „Digitalisierung und Klimatechnik in Gebäuden“

# Das Projekt „mAIntenance“



- **laufendes** kooperatives F&E-Projekt (FFG 886903)  
Projektpartner: **AIT** und **PKE Facility Management**
- Projektziel: Gebäudeversorgungssysteme optimieren  
Ansatz: **Machine Learning auf Sensordaten**
- Entwicklungsgrundlage: Bürogebäude **FUTUREbase** ▶
  - Betreiber PKE, Nutzer AIT
  - Gebäudeautomationssystem, Cloud-Anlagenmonitoring
  - IoT-Sensorik-Netzwerk (für Projekt installiert)
  - Wasser-Wasser-Wärmepumpe für Wärme & Kälte
  - Auflagen für Grundwasser-Entnahmemenge



die FUTUREbase

- 3 Anwendungsfälle in „mAIntenance“ mit jeweils anderen Machine-Learning-Typen, hier vorgestellt: 1. Anwendungsfall
- Ziel: elektrischen Energieverbrauch der **zentralen Energiebereitstellung** optimieren, dabei Grundwasserauflagen einhalten
- Ansatz:
  - Betriebsfahrplan für nächste Tage empfehlen
  - Betriebsfahrplan = Folge von Betriebszuständen
  - Betriebszustand = manuelle Steuergröße im Gebäudeautomationssystem

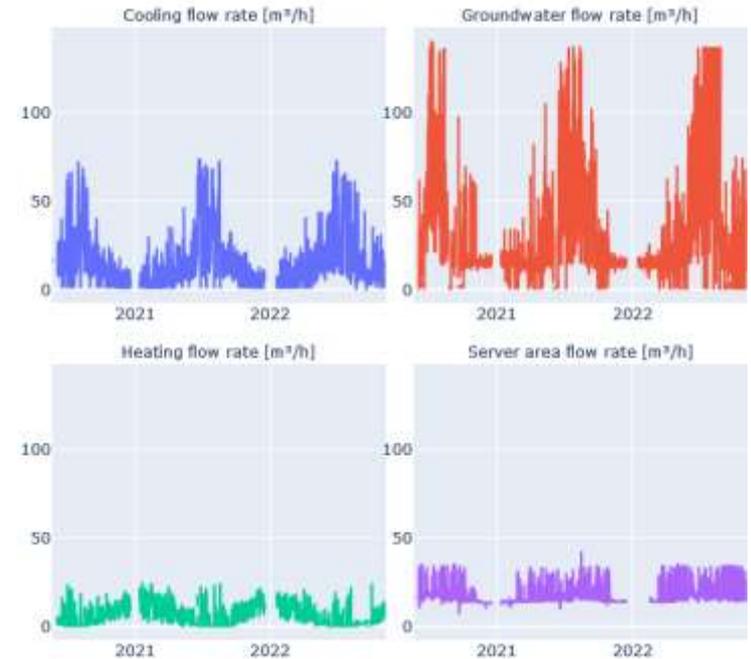
- Schritte:



# Die Datenaufbereitung

## Teil 1

- Datenaufbereitung ist **zeitaufwändig**
- Zeitreihen aus Anlagenmonitoring:
  - zu optimierende Größen  
elektrischer Energieverbrauch, Grundwassermenge
  - Steuergrößen  
Betriebszustand, ...
  - Interna der zentralen Energiebereitstellung  
thermische Leistungen, Volumenströme, Temperaturen, ...
  - Wetterdaten



*einige Zeitreihen*

# Die Datenaufbereitung

## Teil 2

- Sensorbeschreibungen & physikalische Einheiten aus Gebäudeautomationssystem
- Bereinigungen
  - Zeitraster
  - Datenformat
  - Redundanzen
  - Ausreißer
  - fehlende Werte
- Datenmenge nach Bereinigung:  
47 Größen & 44.000 Zeitpunkte

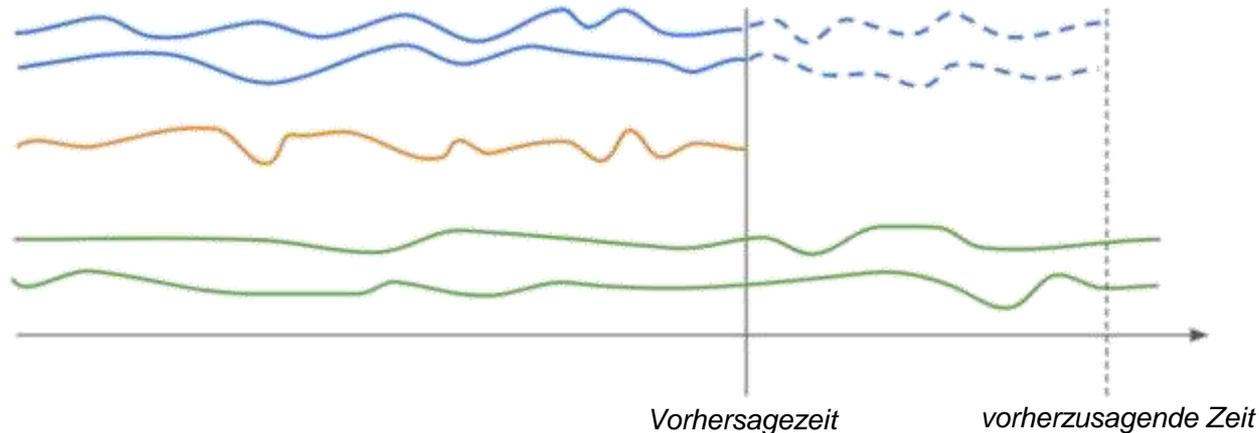
```
1 Ausbaugrad []
2 Cooling flow rate [m³/h]
3 Cooling mixing valve position [%]
4 Cooling power [kW]
5 Cooling return temp [°C]
6 Cooling supply temp CCA after mixing [°C]
7 Cooling supply temp before mixing [°C]
8 Dehumidification outdoor humidity limit [g/kg]
9 Groundwater extraction temp [°C]
10 Groundwater flow rate [m³/h]
11 Groundwater return temp [°C]
12 Groundwater thermal power [kW]
13 Heat buffer tank bottom temp [°C]
14 Heat buffer tank top temp [°C]
15 Heat pump cold water return temp [°C]
16 Heat pump cold water supply temp [°C]
17 Heat pump control signal [%]
18 Heat pump electric power [kW]
19 Heat pump hot water return temp [°C]
20 Heat pump hot water supply temp [°C]
21 Heating flow rate [m³/h]
22 Heating mixing valve position [%]
23 Heating power [kW]
24 Heating return temp [°C]
25 Heating supply temp CCA after mixing [°C]
26 Heating supply temp before mixing [°C]
27 Heating supply temp from buffer to CCA system [°C]
28 MSR Rückkühlung electric power [kW]
29 MSR zentrale electric power [kW]
30 Meteonorm Diffuse Horizontal Radiation [W/m²]
31 Meteonorm Direct Normal Radiation [W/m²]
32 Meteonorm Dry Bulb Temperature [°C]
33 Meteonorm Global Horizontal Radiation [W/m²]
34 Meteonorm Relative Humidity [%]
35 Meteonorm Total Sky Cover [%]
36 Meteonorm Wind Speed East-West [m/s]
37 Meteonorm Wind Speed North-South [m/s]
38 Operation mode []
39 Outdoor humidity [g/kg]
40 Outdoor relative humidity [%]
41 Outdoor temp [°C]
42 Server area flow rate [m³/h]
43 Server area return temp [°C]
44 Server area supply temp [°C]
45 Server area thermal power [kW]
46 Summer operation outdoor temp [°C]
47 Winter operation outdoor temp [°C]
```

# Die Vorhersage

## Teil 1

- Vorhersageprinzip: datengetriebene Modelle (Machine Learning)
- Größen in 3 Gruppen aufteilen
  - **vorherzusagende** Größen
  - zur vorherzusagenden Zeit **unbekannte** Größen
  - zur vorherzusagenden Zeit **bekannte** Größen

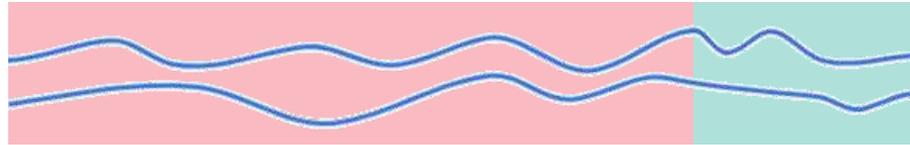
Verbrauch von elektrischer Energie und Grundwasser  
Anlagendaten  
Steuerparameter, Wettervorhersagen



# Die Vorhersage

## Teil 2

- vorherzusagende Größen entlang Zeitachse in **Trainingsdaten** und **Validierungsdaten** aufteilen

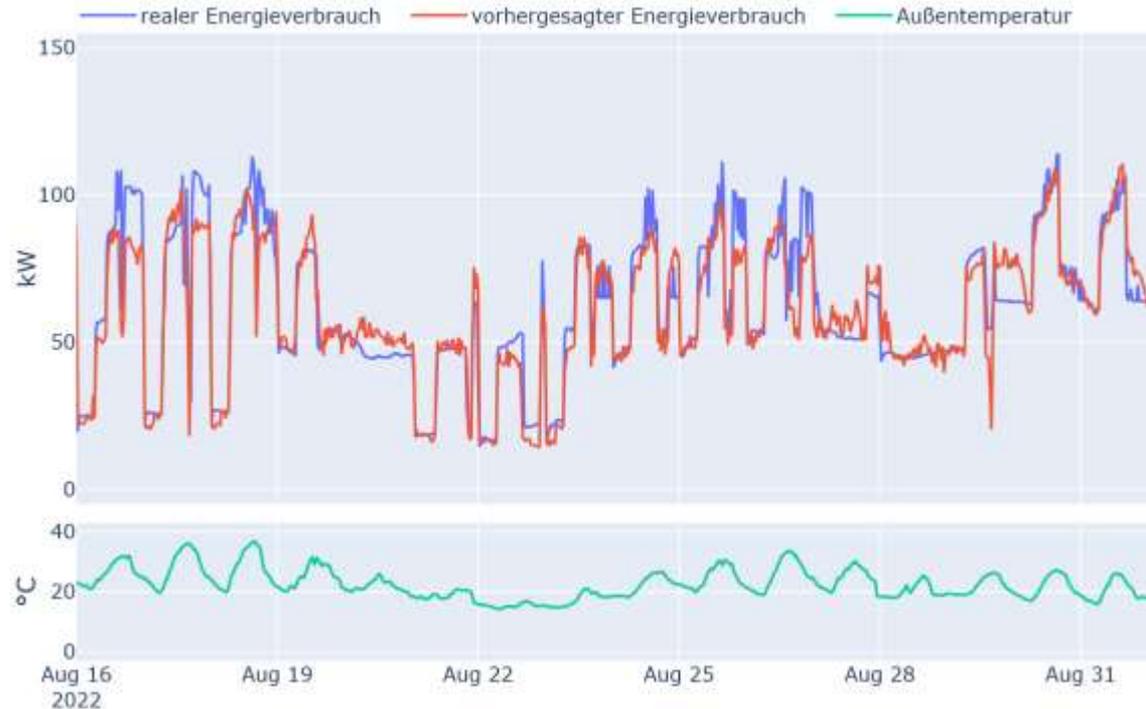


- Machine-Learning-Modelle mit den **Trainingsdaten** trainieren, z.B.
  - Lineare Regression
  - Entscheidungsbaum-Ensembles
  - Neuronale Netzwerke
- **Vorhersagegüte**: vorhergesagte Daten mit **Validierungsdaten** vergleichen

# Die Vorhersage

## Teil 3

- Art der Vorhersage:  
gesamtes Zeitraster der  
vorhergesagten Tage –  
vorläufig 192 Werte wegen
  - 30-Minuten-Raster
  - 24h-Vorhersagehorizont
  - 4 vorherzusagenden  
Größen

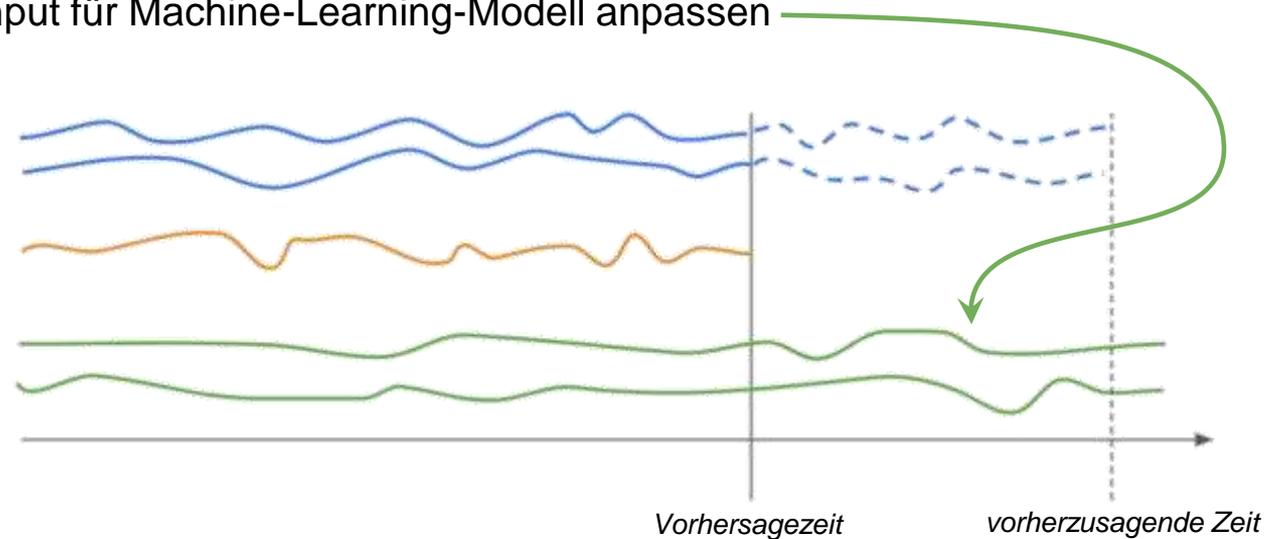


*Beispiel: Energieverbrauchsvorhersage im Spätsommer 2022  
(Vorhersage jeweils einen Tag weit in die Zukunft)*

# Die Regelung

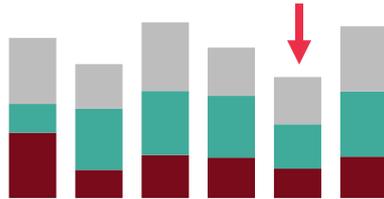
## Teil 1

- zulässige Werte jeder **Steuergröße** definieren
- für jede Steuerwerte-Kombination:
  1. Steuerwerte in Input für Machine-Learning-Modell anpassen
  2. Vorhersage berechnen



# Die Regelung Teil 2

- Vorhersage mit geringstem elektrischem Energieverbrauch unter Einhaltung der Grundwasserauflagen bestimmen



→ dazugehörige Steuerwerte  
= Regelungsempfehlung



*Beispiel: Energieverbrauchsoptimierung für einen heißen Sommertag*

Danke!