



Fehlerdetektion in Fernwärmenetzen mit neuronalen Netzen

Dominik Stecher

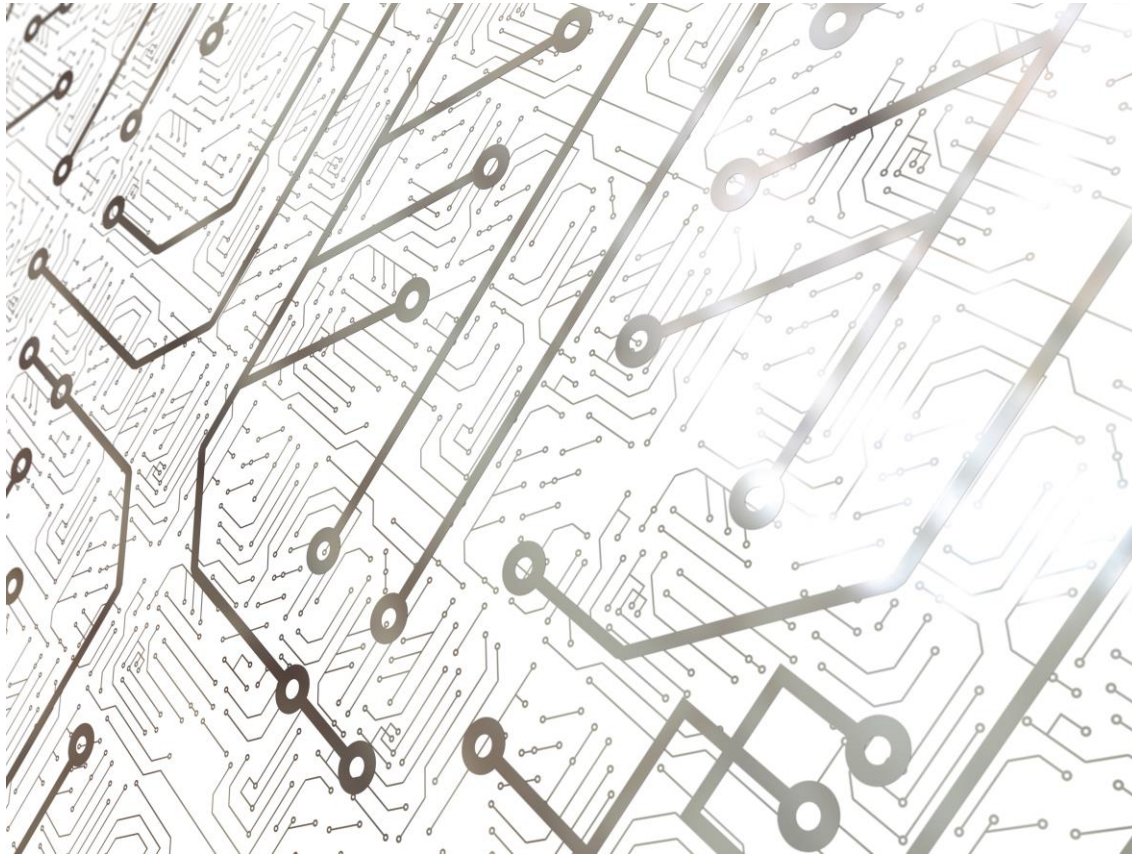
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

(FKZ 03EN3033)



Agenda

- Zielsetzung
- Zeitreihen-Verarbeitung
- Ansätze und Dead Ends
- Aktueller Stand
- Stärken und Schwächen
- Zukunftsausblick



Zielsetzung

Initial

Störungserkennung in Fernwärmenetzen

- Erkennen der Einträge im Störmeldebuch
- Daten einzelner HAST
- Früher als Meldungseingang im Störmeldebuch
- Klassifikation der Störungsursache

Stand der Technik

- 1) Störungsmeldung durch Kunden
- 2) Manuelle Störungssuche
- 3) Reparaturvermerk



Zielsetzung

Technische Ergänzungen

Störungserkennung (Echtzeit)

Problem: Zeitliche Auflösung 1h
→ Keine Details

Lösung: Erkennung nach Eintritt
Minimierung der Zeitverzögerung

Beispiele: Umwälzpumpe, Ventilmotoren

Störungsvorhersage (Prädiktiv)

Problem: Langsamer Prozess über Monate
→ Kontextgröße/Referenz

Lösung: Separater Detektor
Langzeitreferenz als extra Input

Beispiel: Verkalkung

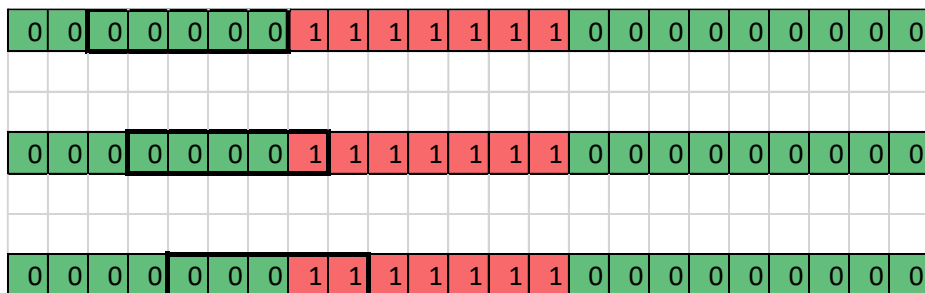


Zeitreihengrundlagen

Labeling/Encoding

Gleitendes Fenster

- Jeder Zeitpunkt zwischen Start und Ende Fehler
- Neuester Zeitpunkt definiert Fehler-Label



Auswertung

- Vorhersage für jede Stunde
 - Abgleich mit Fehler-Label
 - Confusion Matrix
-
- Nicht auf Störungsbasis!
 - Störungseintritt = 0 → 1



Zeitreihengrundlagen

Zeitlicher Verlauf

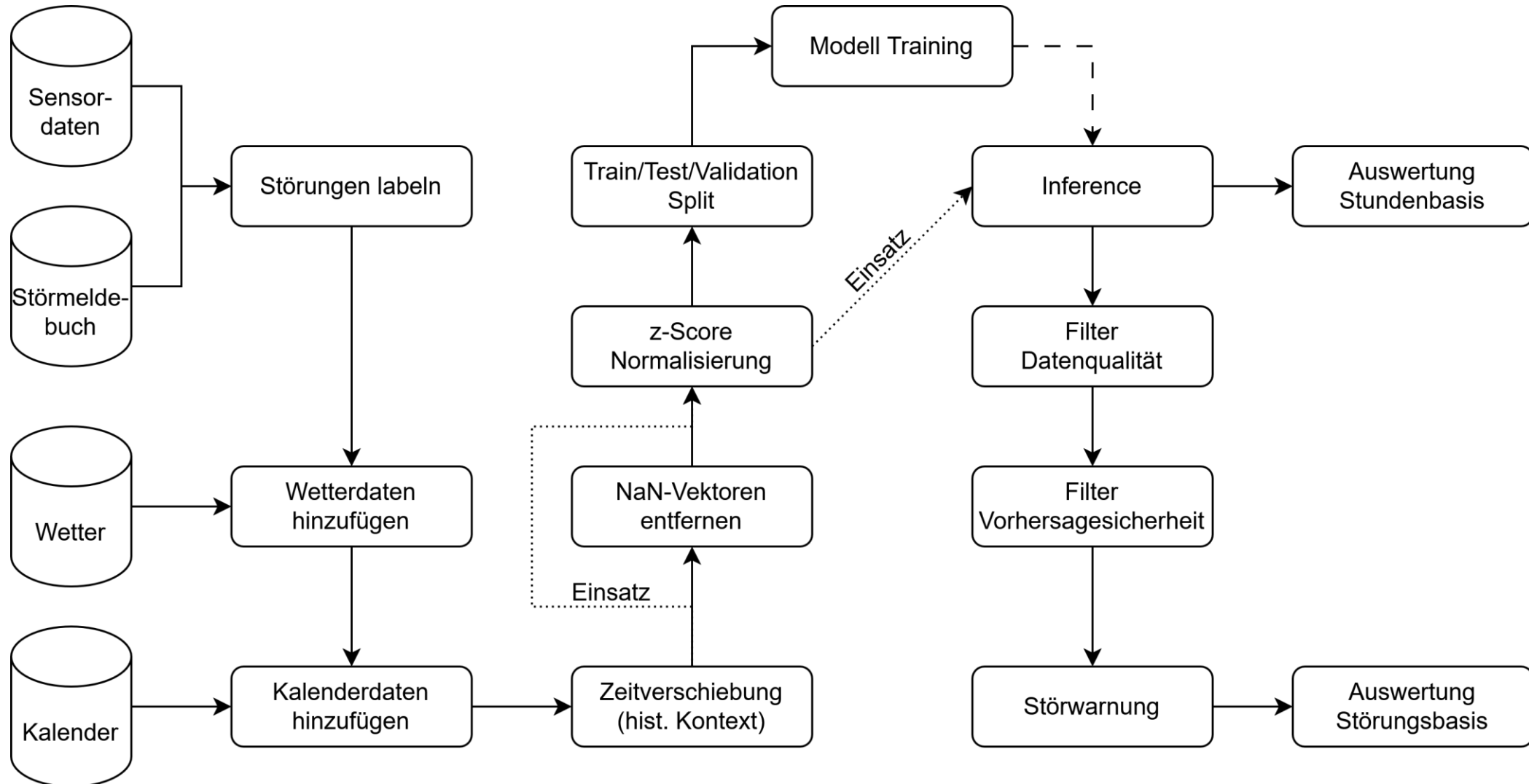
Generell

- Zeitlicher Kontext in Vektor enthalten
 - ✓ Kontext Feature-abhängig einstellbar
 - ✓ Für viele Lernverfahren einsetzbar
- Große Vektoren (5 Features, 1 Woche → 840)

	T-5	T-4	T-3	T-2	T-1	T-0
Feature 1	0.5	0.6	0.3	0.2	0.5	0.2
Feature 2	0.5	0.6	0.7	0.9	0.4	0.4
Feature 3	0.2	0.5	0.2	1	0.6	0
Feature 4	0.3	0.3	0.9	0.8	0	0.9

RNN / LSTM / GRU

- Internes Gedächtnis
 - ✓ Können vergangene Werte speichern
 - ✓ Lernen die Erinnerungsdauer
 - ✓ Aktuellste Werte → kurze Vektoren
- Rechenaufwändig



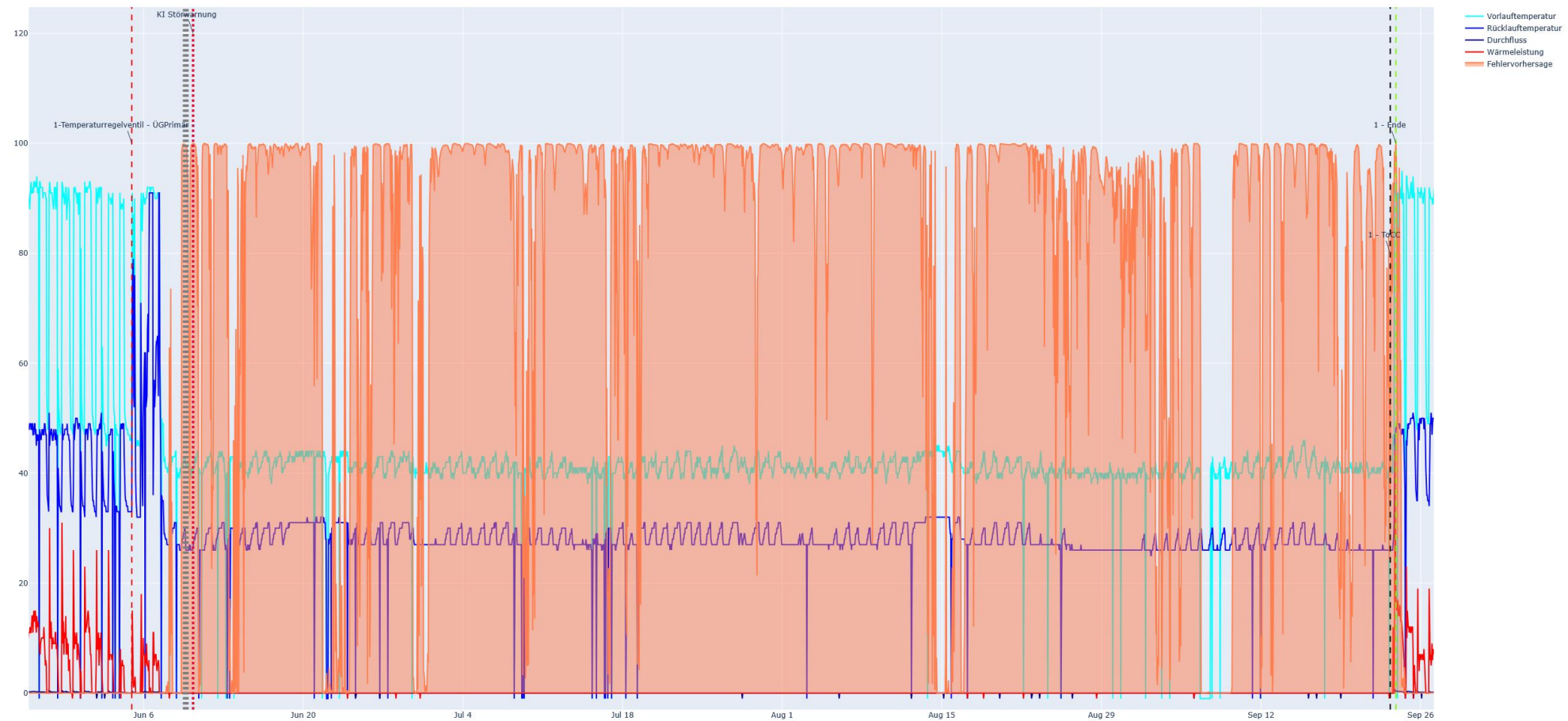
Aktueller Stand

Beispiel Störungsdetektion



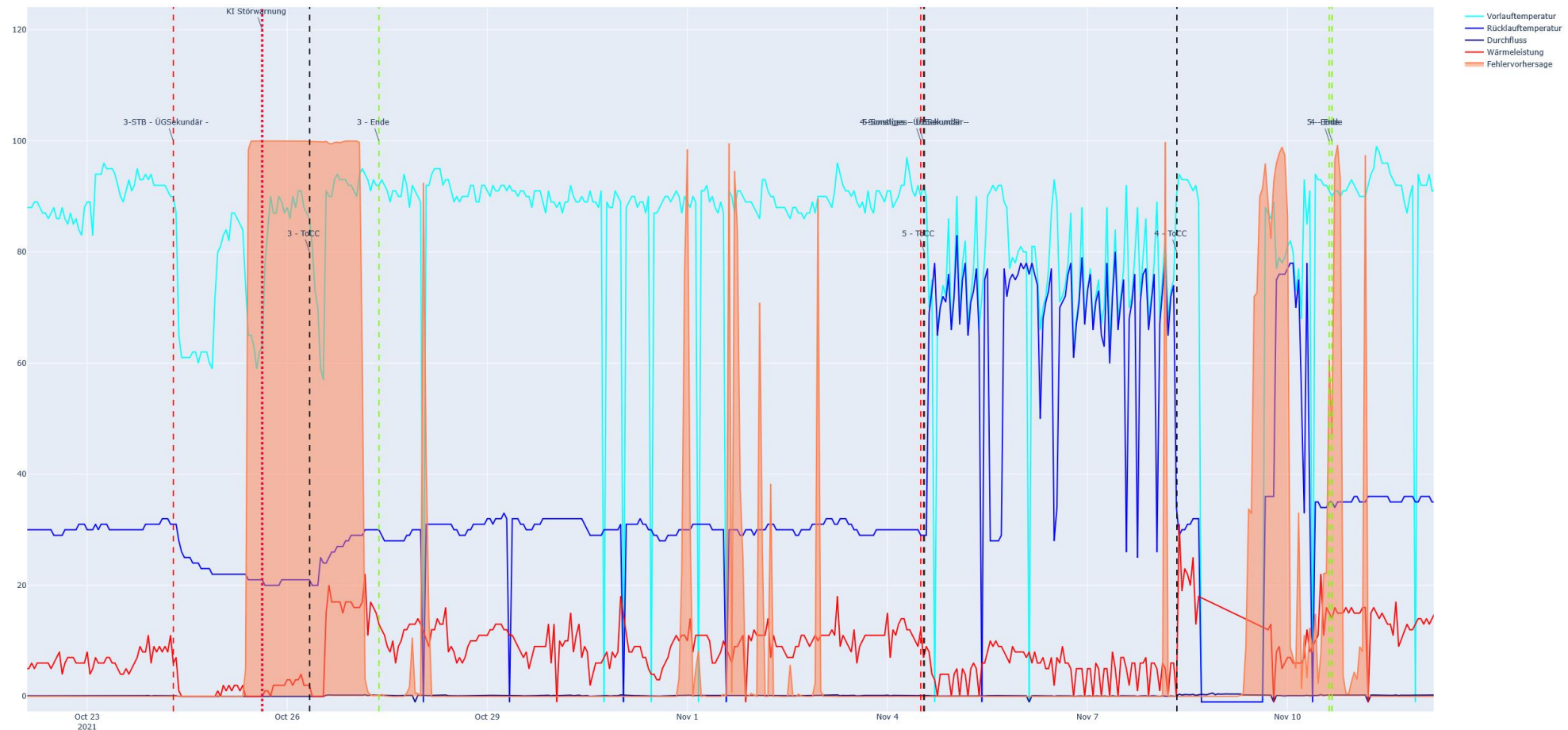
Aktueller Stand

Beispiel Störungsdetektion



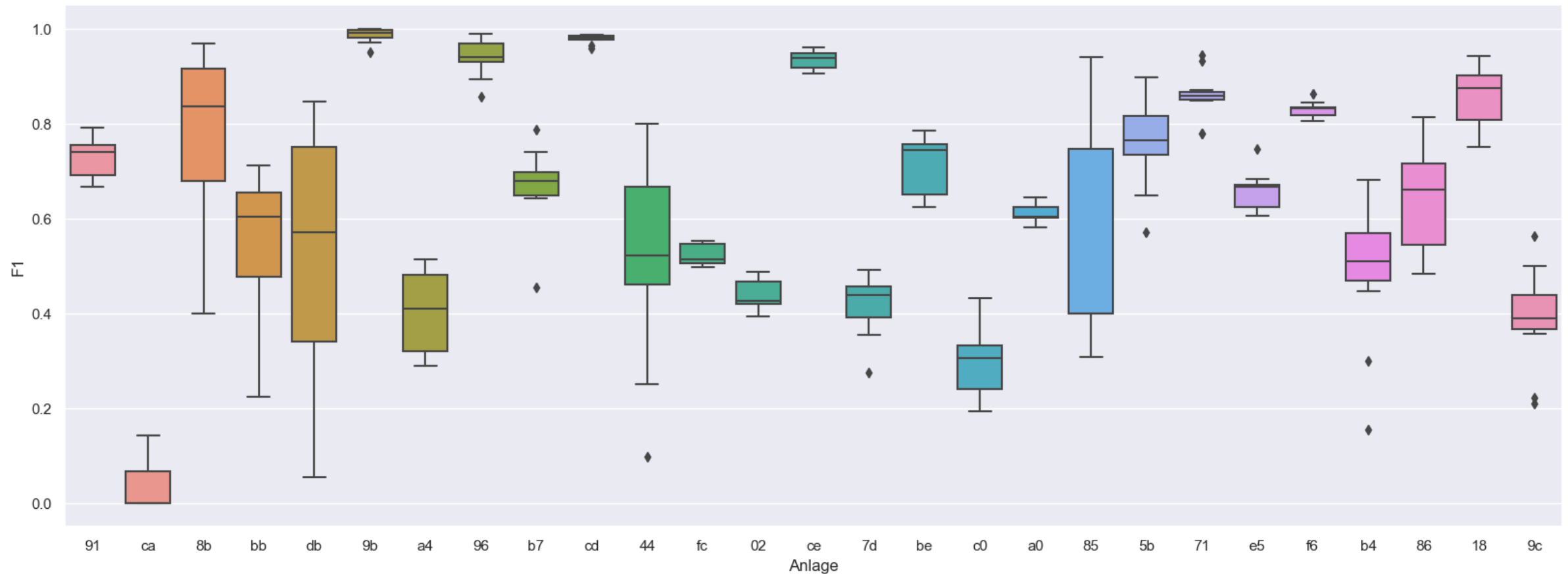
Aktueller Stand

Automatische Auswertung



Einfluss der HAST

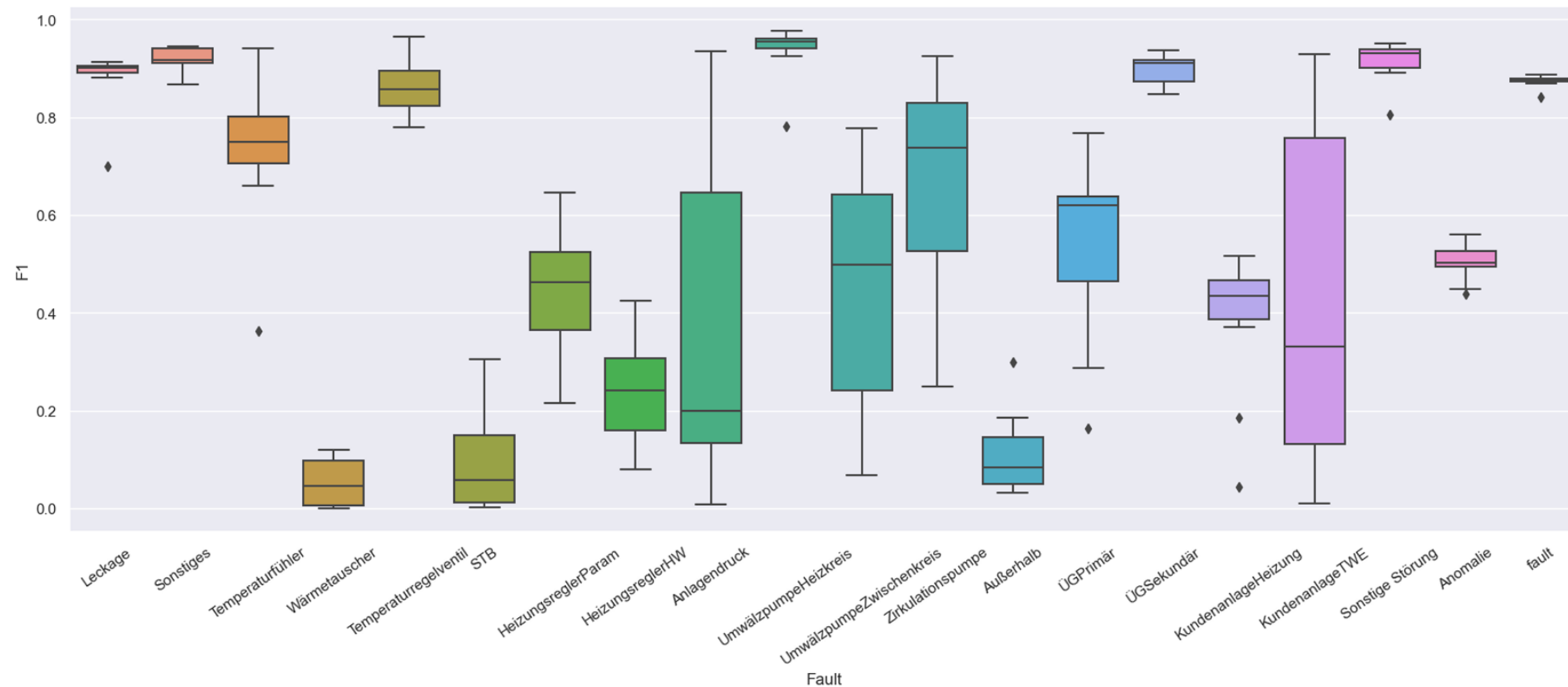
Statistische Auswertung





Einfluss der Störungsursache

Statistische Auswertung





Stärken und Schwächen

Fehlerklassifikation

Herausforderung

- 1 Störungsort
- 1-4 Störungsursachen

Technische Hürden

- Geringe zeitliche Auflösung
- Eingeschränkte Sensoren

Systematische Hürden

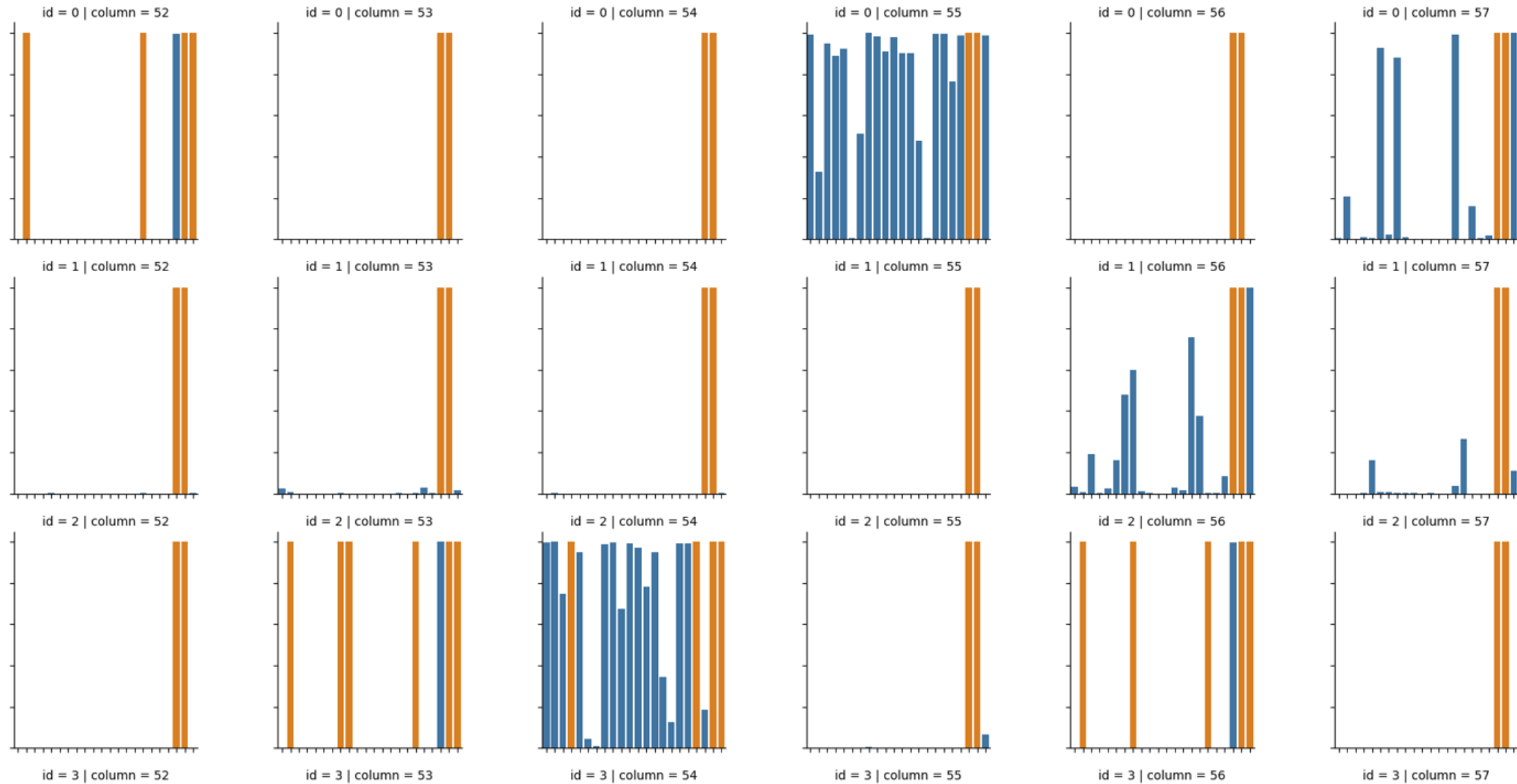
- Falsche Fehlerkategorien
- Überlagernde Fehler

Aktueller Stand

- Klassifikation zum Erkennungszeitpunkt
 - 24-72h vor Störung
 - 4-12h Störung
- Derzeit nicht praxistauglich

Störungsklassifikation

Aktueller Stand





Zukunftsausblick

Offene Punkte – Nächste Schritte

Ensemble

- Störungsdetektoren für jeden Typ
- Typ-spezifische Ausgaben + Messwerte in zweiter Stufe als Modell-Input

TimeLLM

- LLM-Modelle mit großen Mengen Zeitreihen-Daten
- Benötigt hohe Kontextgröße
- Rechen-/Datenintensiv

Störungen Clustern

- Umgehen von fehleranfälligen Ursachen-Labels
- Training:
 - Auf homogenen Clustern mit ähnlicher zeitlicher Störungssignatur
 - Bessere Leistung
- Inference:
 - Störungssignatur wird Cluster zugewiesen
 - Labels der anderen Störungen ergeben mögliche Ursache



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

Dominik Stecher

Fakultät für Informatik

Dominik.Stecher@th-rosenheim.de

Hochschulstraße 1

83024 Rosenheim