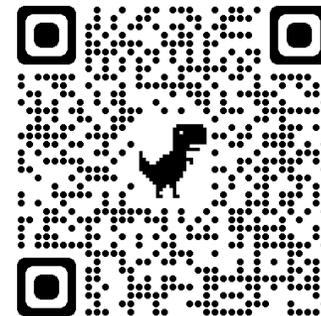




# Industrielle Künstliche Intelligenz zur Sicherheit in Gasnetzen

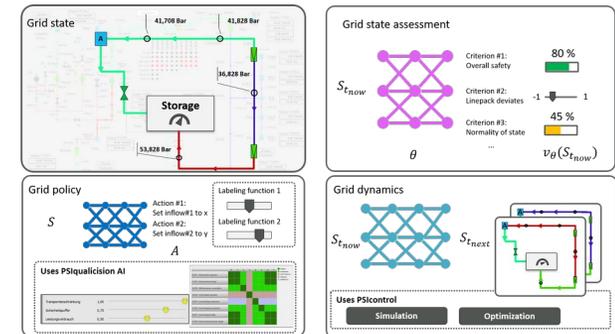
Prof. Dr. Alexander Schiendorfer



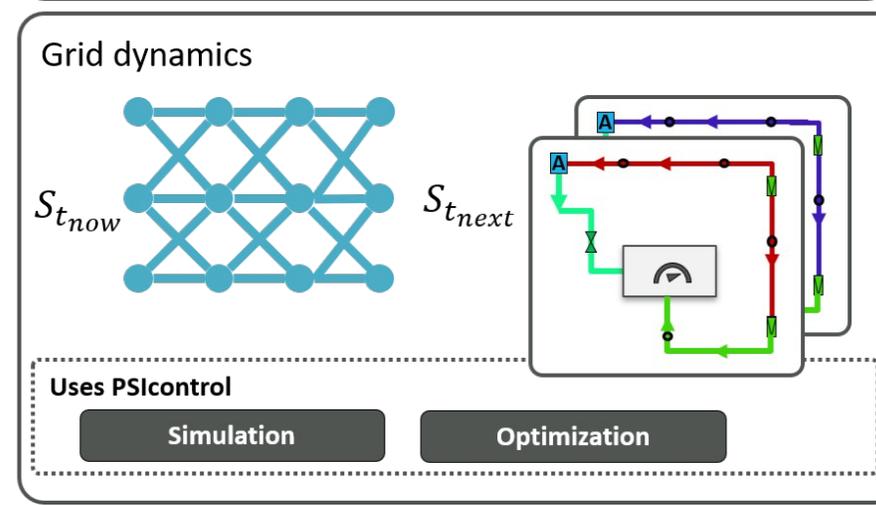
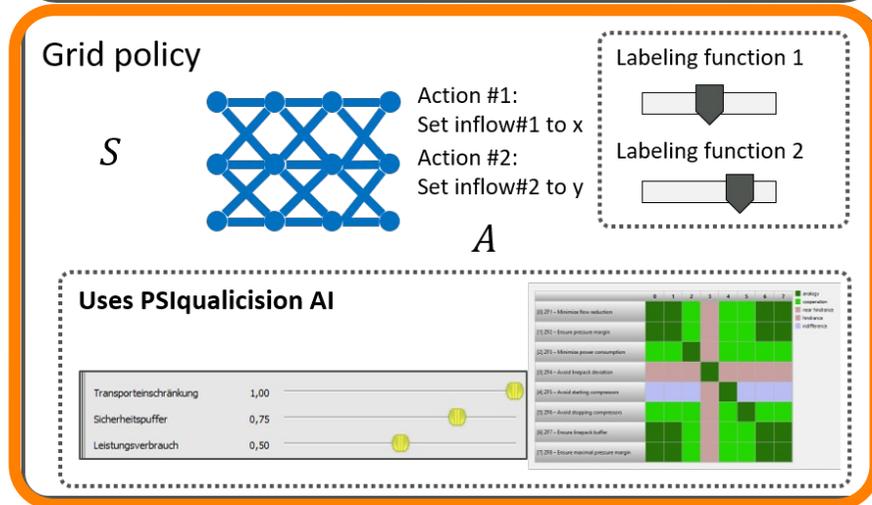
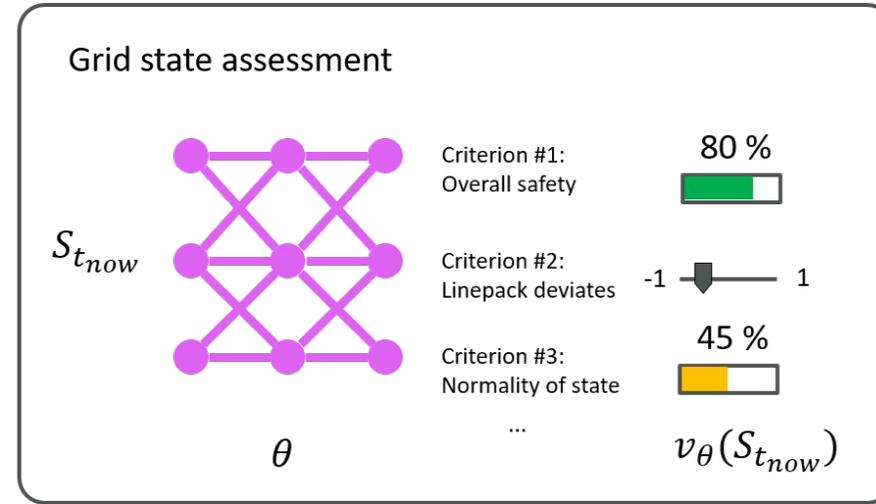
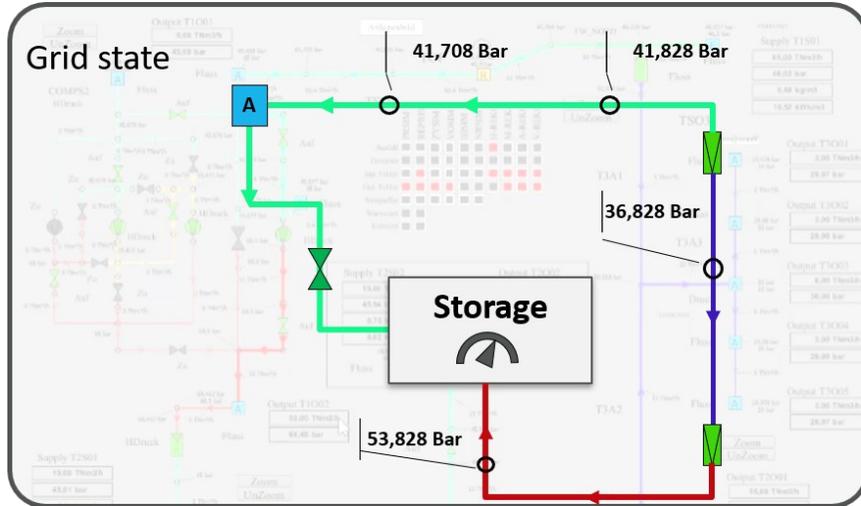
Technische Hochschule  
Ingolstadt

# Wozu überhaupt Künstliche Intelligenz in Gasnetzen?

- Einspeisung von H<sub>2</sub> und Sektorenkopplung (PtG, Elektrolyseure) führt zu
  - *großer Dynamik bei den Ein- und Ausspeisedaten*
  - *Management unterschiedlicher Gasbeschaffenheiten*
- Digitalisierung im Energiebereich
  - **Anzahl der nutzbaren Daten** für die Beurteilung des Netzzustandes steigt.
- (Cyber)-Sicherheit
  - **Attacken auf Gasinfrastruktur** aus politischen / weltanschaulichen Gründen häufiger



# Industrielle Künstliche Intelligenz zur Sicherheit in Gasnetzen



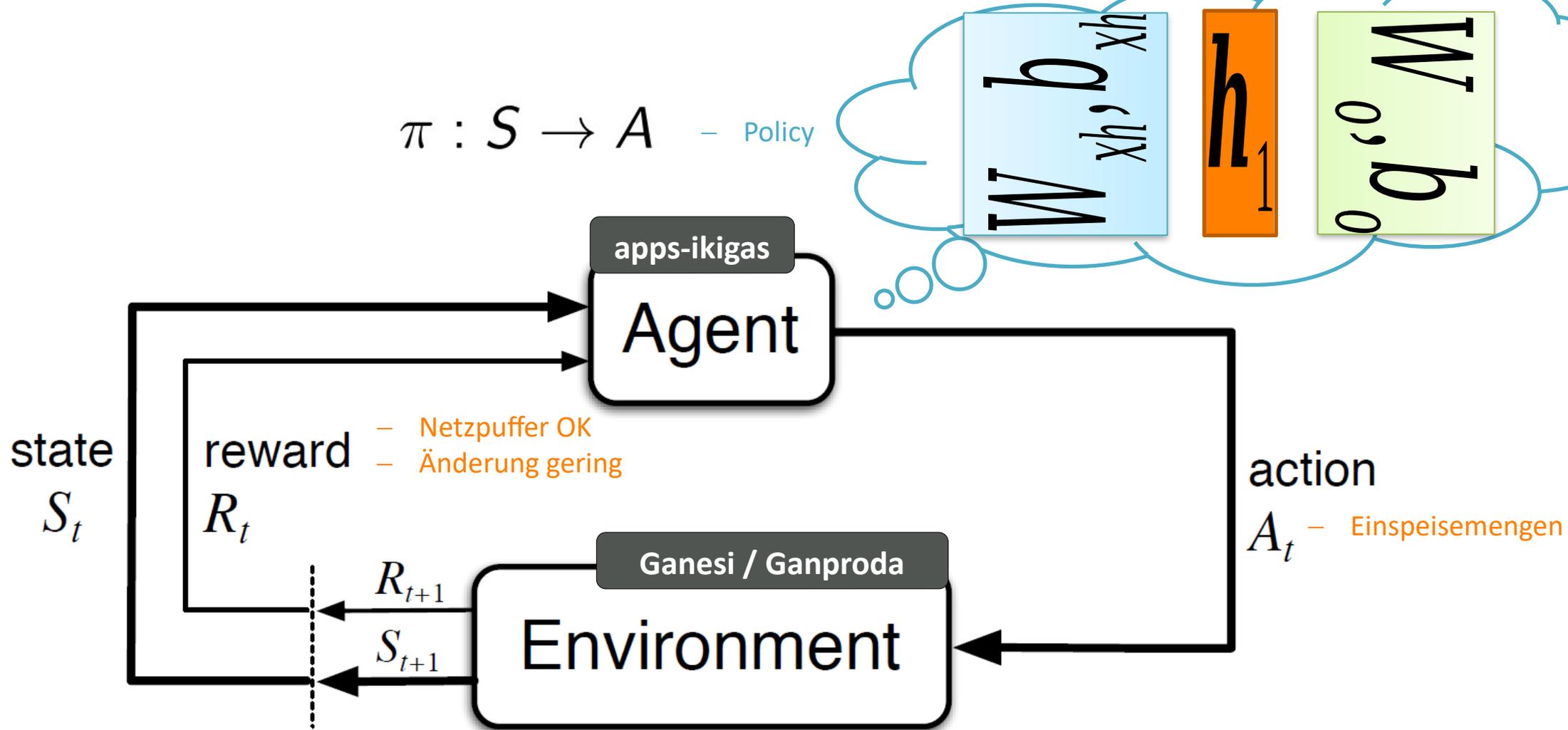
IKIGas

PSI

Bundesministerium für Bildung und Forschung

FKZ: 13N16366 bis 13N16370

- Linepack
- Druck
- Entnahme



- Netzpuffer OK
- Änderung gering

Gesucht ist eine **optimale Policy**, d.h., ein Funktion von Zuständen zu Aktionen

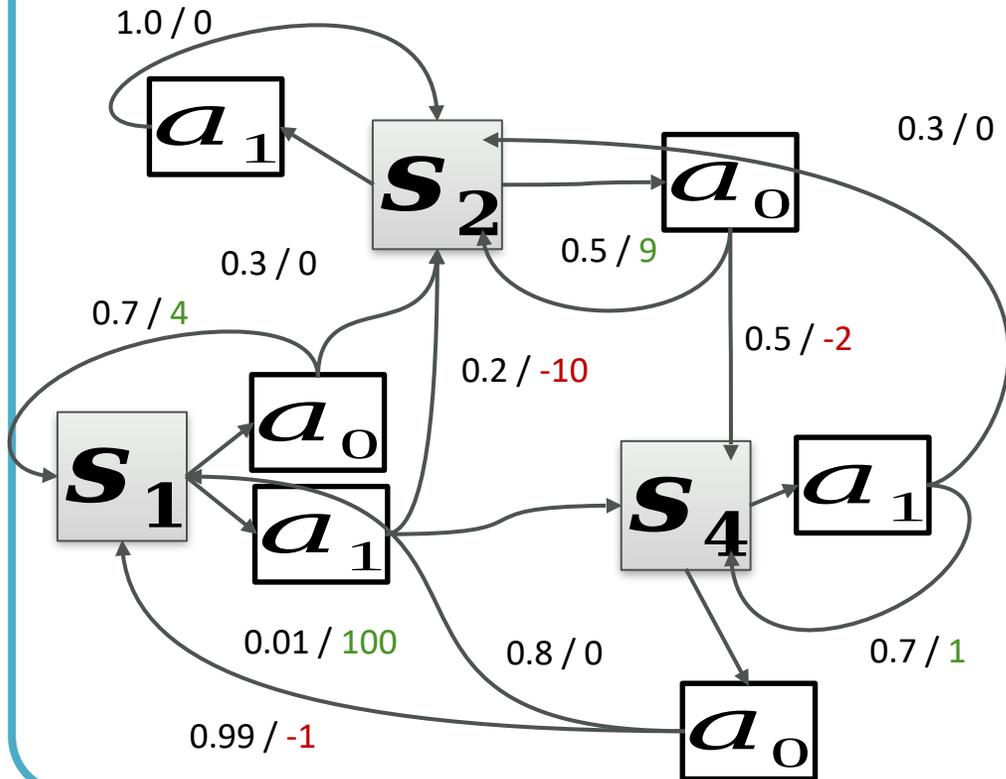
[Sutton and Barto: Reinforcement Learning, 2014]

# Reinforcement Learning?

ist der Diskontierungsfaktor für künftige Belohnungen



## Markov-Entscheidungsprozess (a priori unbekannt)



[Sutton and Barto: Reinforcement Learning, 2014]

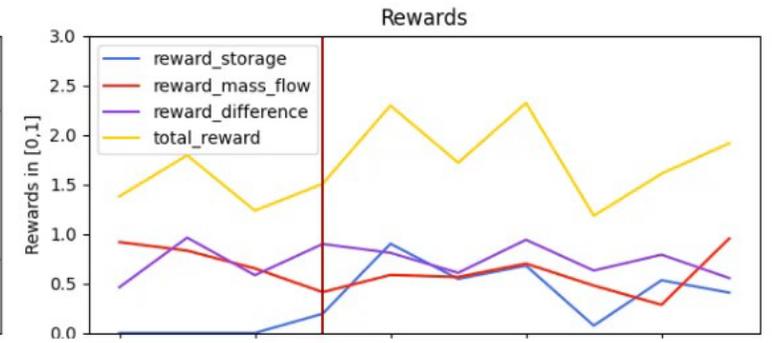
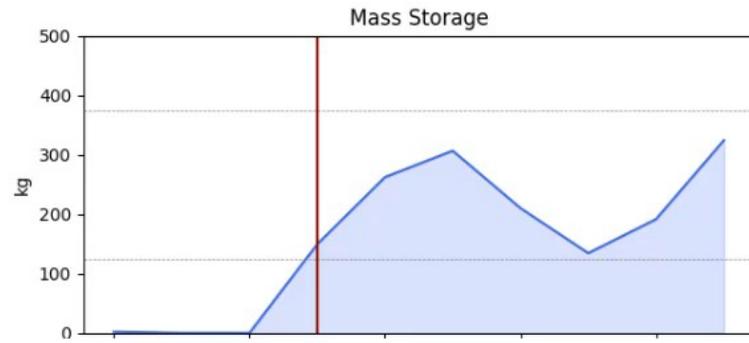
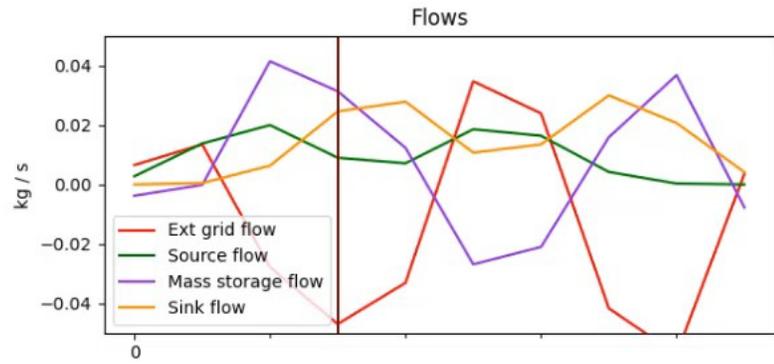
## Systeminteraktionen mit Belohnungen

$$\begin{aligned}
 &0 + \gamma \cdot 1 + \gamma^2 \cdot 0 + \gamma^3 \cdot 0 + \gamma^4 \cdot 0 + \gamma^5 \cdot 10 + \dots \\
 &4 + \gamma \cdot 1 + \gamma^2 \cdot (-2) + \gamma^3 \cdot 9 + \gamma^4 \cdot (-1) + \gamma^5 \cdot 1 + \dots \\
 &0 + \gamma \cdot 0 + \gamma^2 \cdot 0 + \gamma^3 \cdot (-5) + \gamma^4 \cdot 0 + \gamma^5 \cdot 4 + \dots \\
 &-10 + \gamma \cdot 0 + \gamma^2 \cdot 0 + \gamma^3 \cdot 100 + \gamma^4 \cdot 0 + \gamma^5 \cdot 1 + \dots \\
 &\dots
 \end{aligned}$$

## Ergebnis

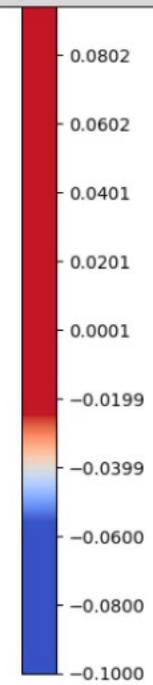
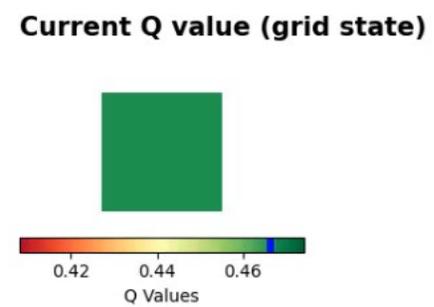
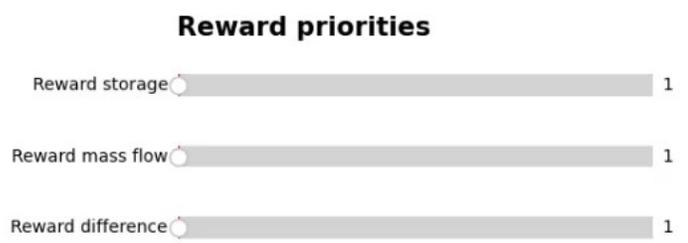
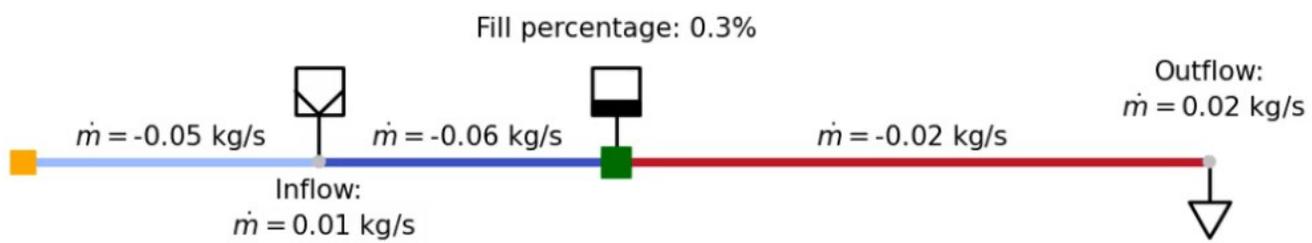
Optimale Policy

Maximiert

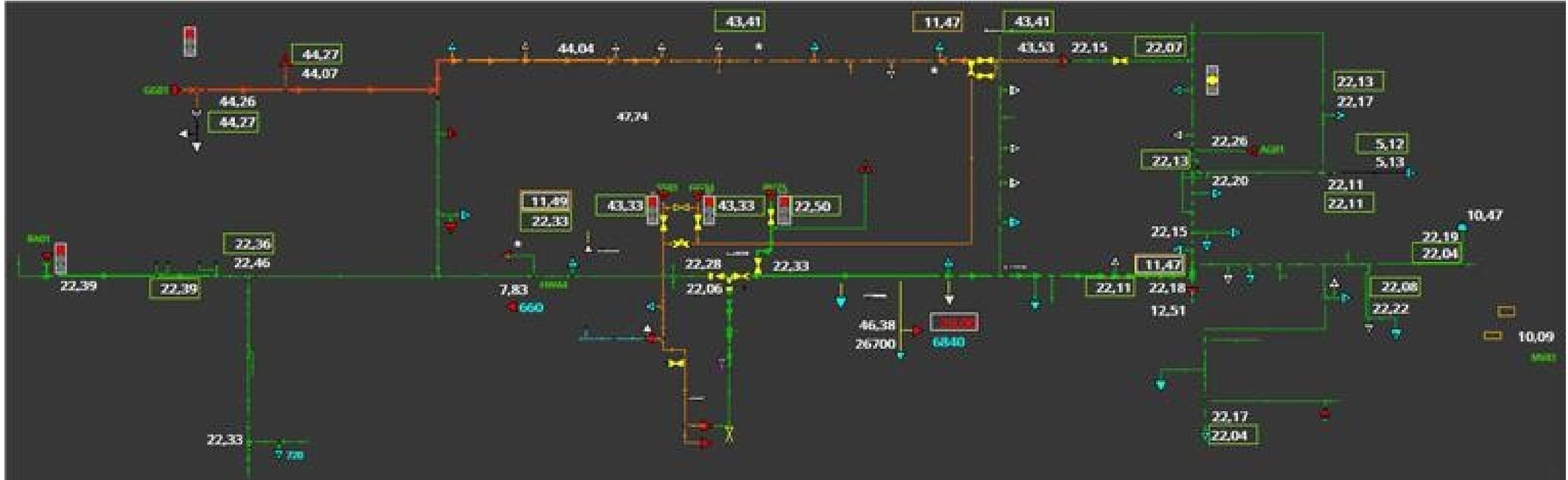


Show all reward interactions

Show model reward interactions



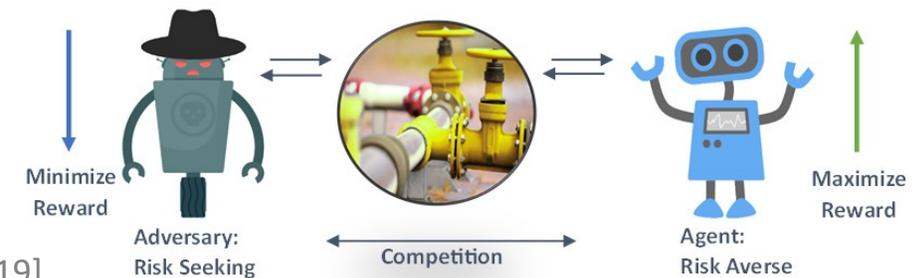
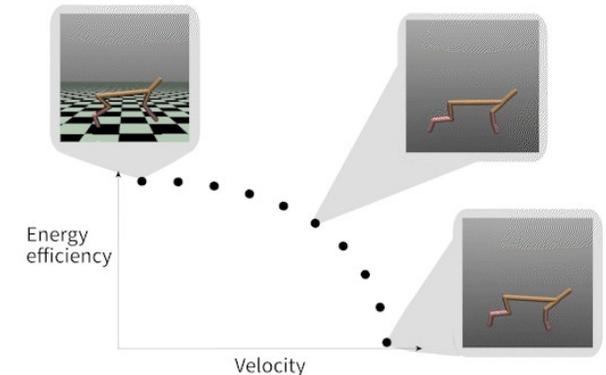
# Reales Testnetz



# Anforderungen an RL aus der Praxis



- Erfahrungswissen der Dispatcher über "ihr Netz" ist bekannt (**Imitation Learning**)
  - Policies müssen sich an etablierten Fahrweisen orientieren
- Berücksichtigung mehrerer Ziele -> Priorisierung im Vorhinein unklar (**Multi-Objective RL**)
  - vgl. Pufferung hochhalten vs. Druck in Rohrsegment
- "Normale" Betriebssituation gut im Griff – hier nur Assistenz bei Mehrfachaufgaben erwünscht
  - Vorteil durch Simulation besonders kritischer Zustände -> Adversarisches Lernen (**Multi-Agent RL**)



[Z. Ni and S. Paul, "A Multistage Game in Smart Grid Security: A Reinforcement Learning Solution" 2019]

# KI-Instrumentarium



- **Erweiterte Fuzzy-Logik** zur Ziel- und Interaktionsanalyse in Entscheidungsprozessen

- **Unüberwachtes Lernen** zur Verarbeitung von **Zeitreihendaten** zur Identifikation von normalem und anormalem Verhalten;
- **Bestärkendes Lernen** zur Entwicklung von Strategien zur Optimierung von Netzzuständen.

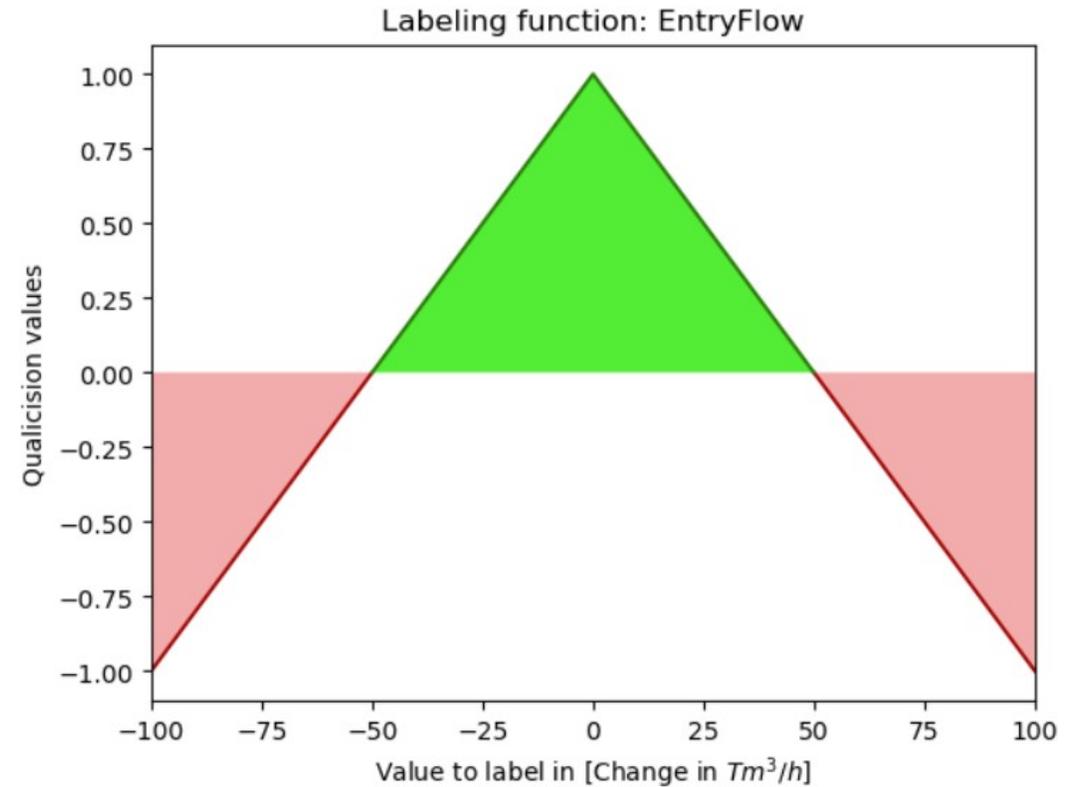
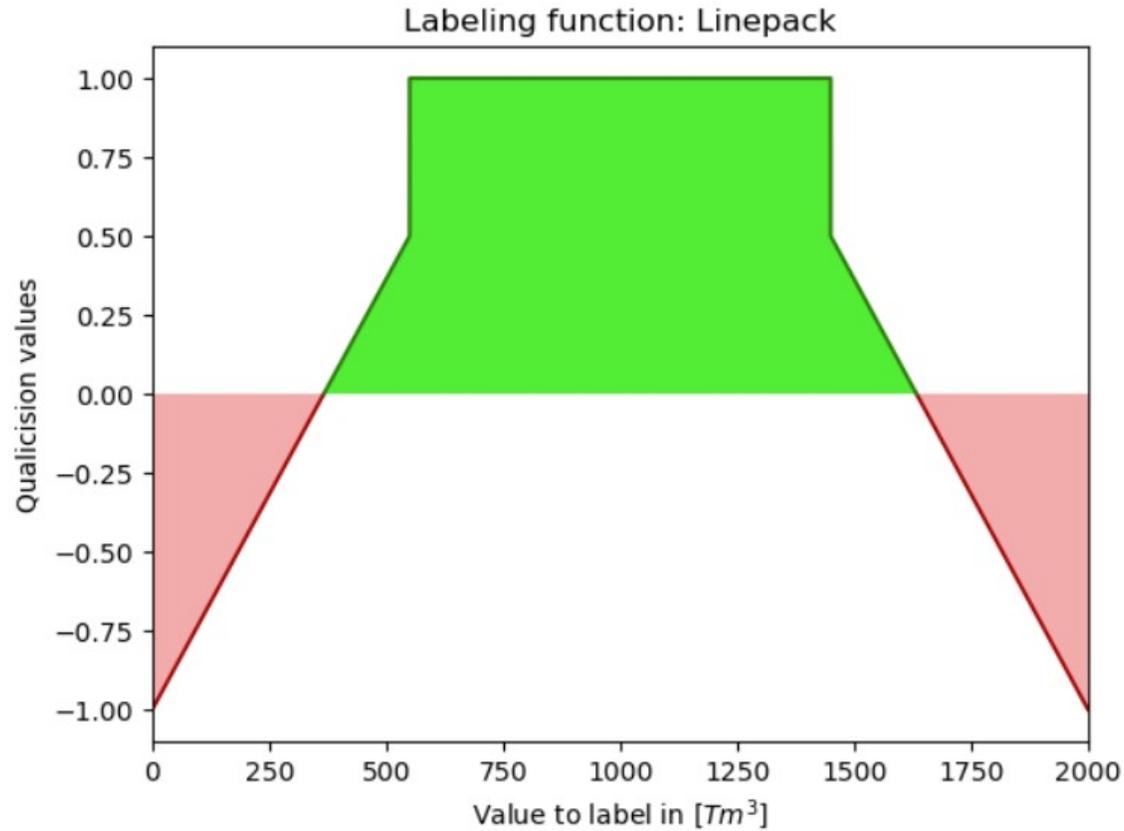
Maschinelles Lernen

Klassische Künstliche Intelligenz

# Explizite Modellierung von Zielen in Erweiterter Fuzzy-Logik



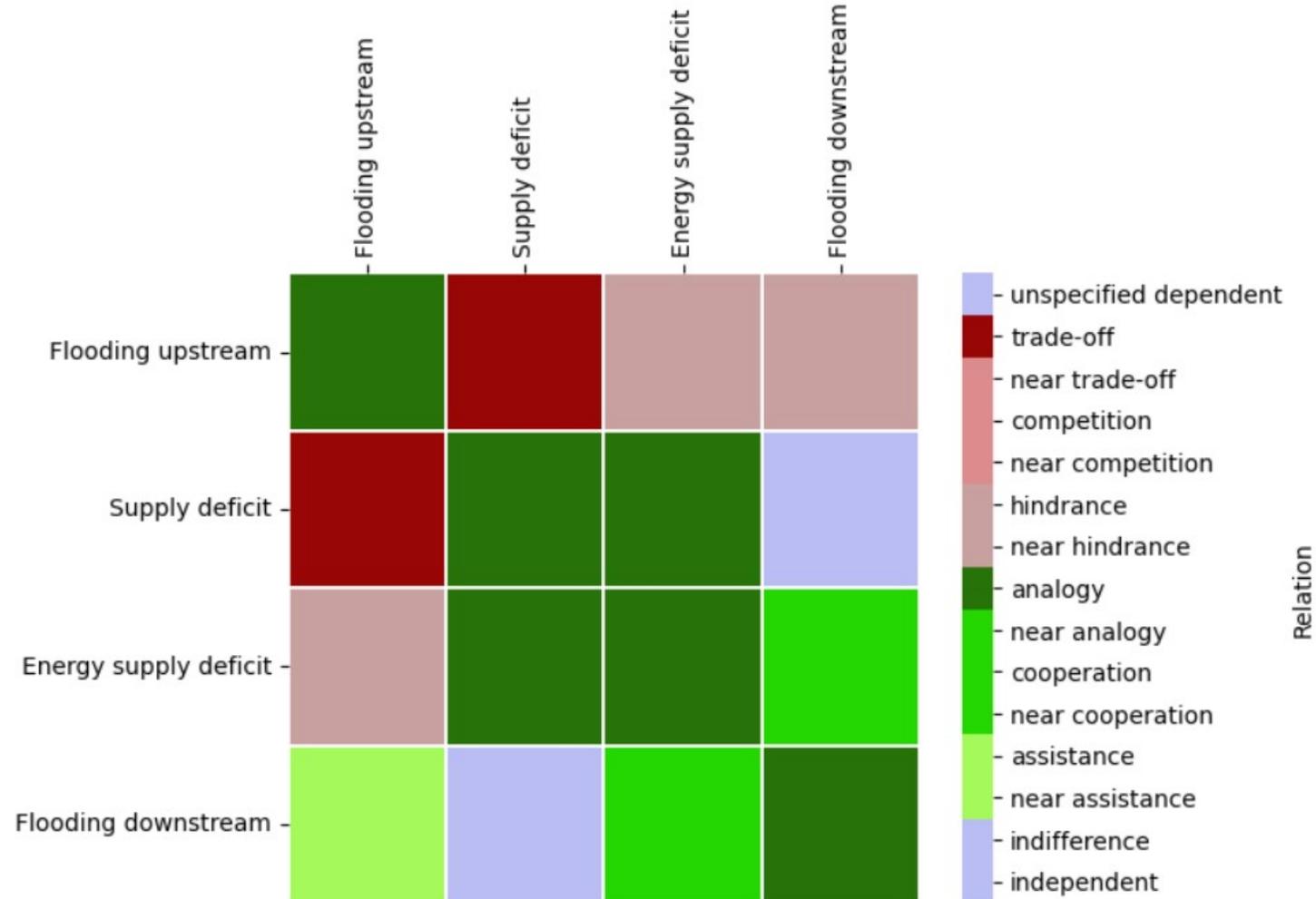
Qualicision



# Bereitstellung des LabelStudios zur Bewertung von Netzsituationen



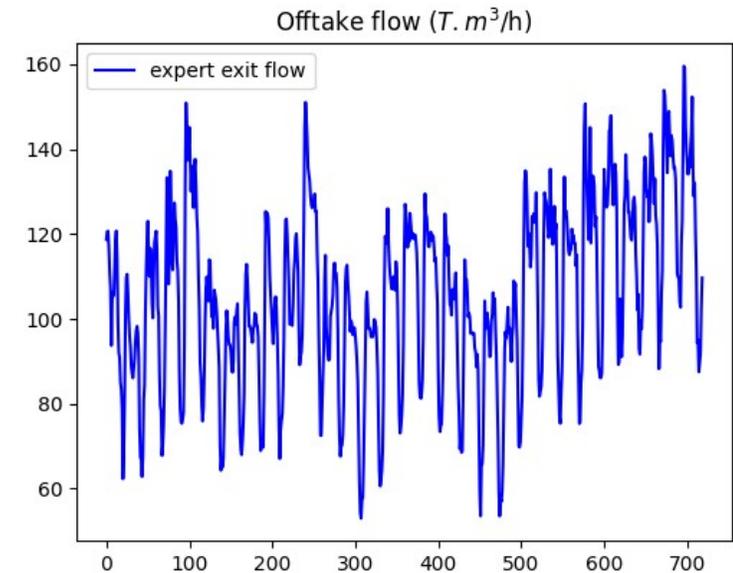
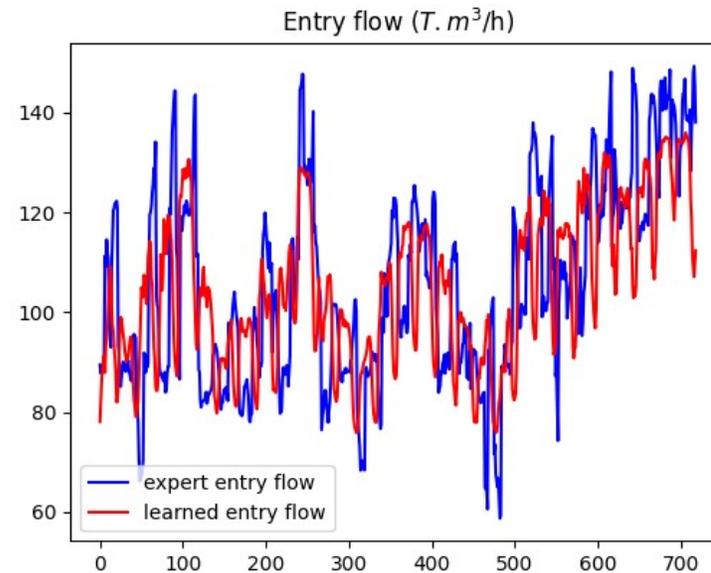
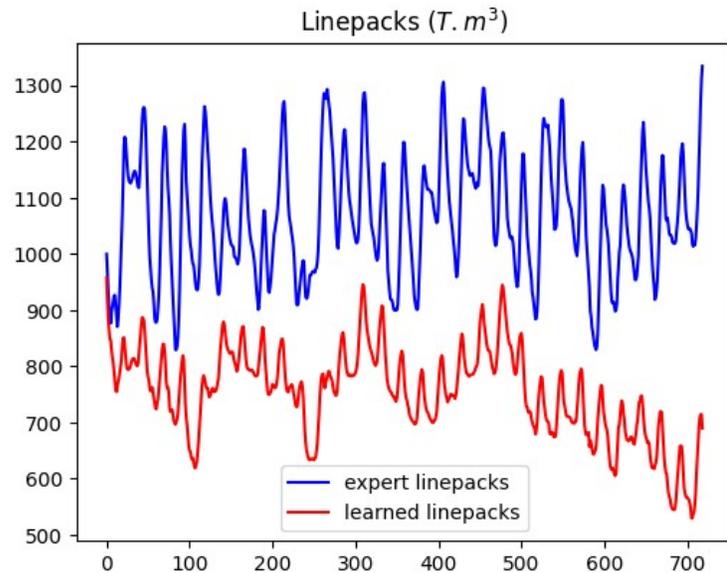
# Interaktionsmatrizen für Zielfunktionen



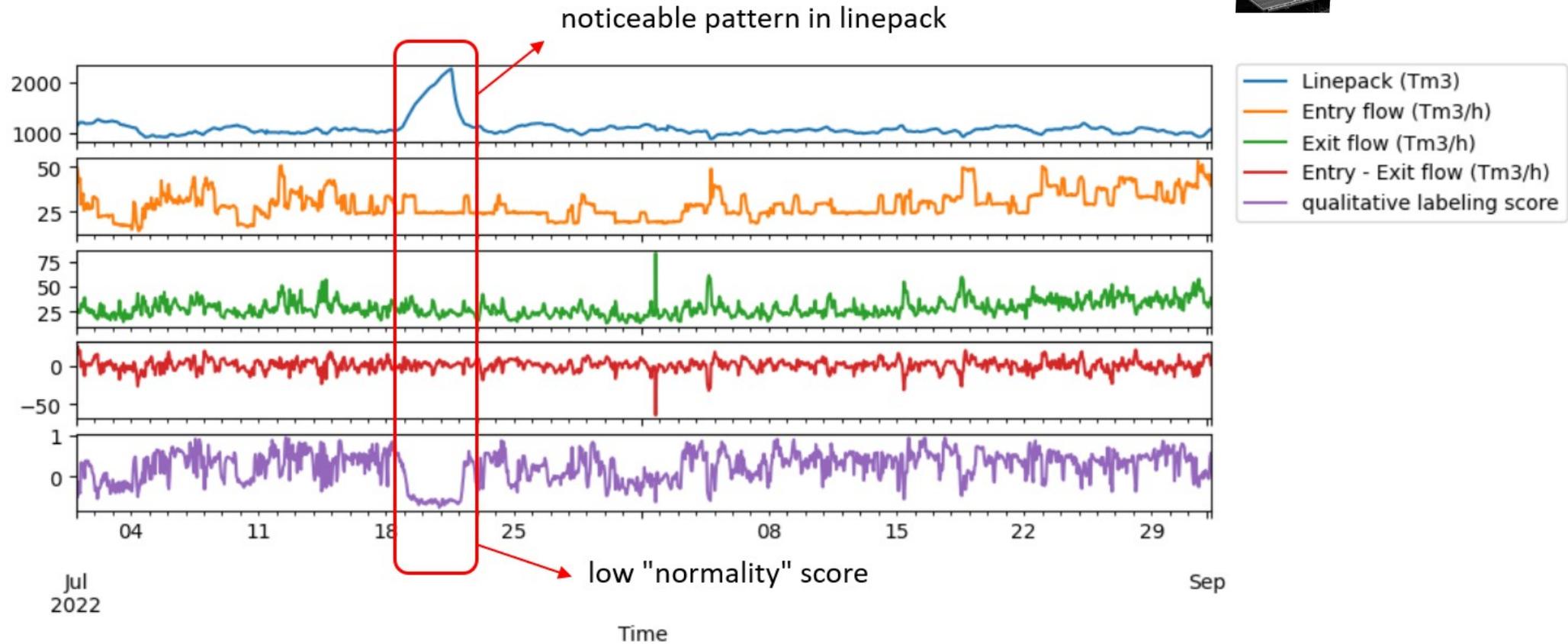
# Erste Ergebnisse

# Erste Resultate mit Realdaten

– Generative Adversarial Imitation Learning (GAIL) auf Einspeisung / Auspeisungsdaten in einem Netzabschnitt



# Gefundene Abweichungen



[Baschin ... Schiendorfer ... et al.]: Industrielle Künstliche Intelligenz zur Sicherheit in Gasnetzen, EnnInnov 2024]

# Bei Fragen: Sprechen Sie uns gerne an!



Forschungsprojekt  
**Industrielle Künstliche Intelligenz für Sicherheit in Gasnetzen**  
Selbstlernende Werkzeuge für Analyse, Prognose und Entscheidungsunterstützung



**SIFO.de**



**Backup**