

# INDUSTRIELLE KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR SICHERE GASNETZE

Anja BASCHIN<sup>1</sup>, Michelle BASCHIN<sup>1</sup>, Reinhard BÖSELT<sup>1</sup>, Rudolf FELIX<sup>2</sup>, Cesareo FERNANDEZ<sup>3</sup>, Sven GEHRING<sup>1</sup>, Alexander GÖRTZ<sup>2</sup>, Lars HARPENG<sup>3</sup>, Yuguang HEI<sup>1</sup>, Niclas HILDEBRANDT<sup>2</sup>, Thomas HÜGGING<sup>4</sup>, Pascal KÄTZEL<sup>2</sup>, Kristoffer-Robin KOLBERG<sup>4</sup>, Leonid KUOZA<sup>1</sup>, Lukas LUZIUS<sup>2</sup>, Gheorghe LISCA<sup>5</sup>, Lilia MICHAILOV<sup>2</sup>, Werner MULTHAUP<sup>1</sup>, Karima OUTAFRAOUT<sup>5</sup>, Fabian PROCH<sup>1</sup>, Alexander SCHIENDORFER<sup>5</sup>, Marcel SIMANNEK<sup>4</sup>, Tom STREUBEL<sup>1</sup>

## Einleitung und Motivation

Gas ist heute noch der zweitwichtigste Primärenergieträger in Deutschland. Um die Klima- und Energieziele zu erreichen, müssen nicht-fossile Gase wie Biogas oder grüner Wasserstoff aus Power-to-Gas mittelfristig fossile Gase ersetzen. Dieser Wandel erfordert ein zunehmend effizientes und zuverlässiges Management der bestehenden und neu zu errichtenden Gasinfrastruktur. Dabei geht es nicht nur um die ausreichende Verfügbarkeit von Gas, sondern auch um die Sicherheit der Gasnetze. Um ein effizientes Management der Transport- und Verteilungsinfrastrukturen der Gasversorgung zu gewährleisten und Versorgungsunterbrechungen vorzubeugen, bedarf es einer Kombination von Maßnahmen, u.a. der Digitalisierung.

Um diese Probleme zu adressieren, haben die PSI Software Gas Grids and Pipelines, PSI FLS Fuzzy Logik & Neuro Systeme, Avacon, Thyssengas und die Technische Hochschule Ingolstadt (THI) im Rahmen des Forschungsprojektes IKIGas (Industrielle Künstliche Intelligenz für Sicherheit in Gasnetzen) damit begonnen, ein auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierendes Entscheidungsunterstützungssystem für den Betrieb von Gasnetzen und -pipelines zu entwickeln: Modelle des Maschinellen Lernens (ML) werden anhand historisierter Betriebsdaten darauf trainiert, die Qualität und Sicherheit der Netzbetriebszustände kontinuierlich zu bewerten und mögliche Anomalien zu identifizieren. Sogenannte Software-Agenten werden anhand einer physikalischen Simulation zur Steuerung eines Gasnetzes sowohl durch Imitationslernen aus vergangenen Steueraktionen als auch durch Versuch und Irrtum trainiert, um insbesondere in der Realität unerwünschte Situationen simulativ zu betrachten. Beide Ansätze werden mit einer auf erweiterter Fuzzy-Logik basierenden Methodik kombiniert, die eine transparente, qualitative Charakterisierung wünschenswerter Zustände und Ziele sowie die Analyse potenziell widersprüchlicher Ziele ermöglicht.

## Forschungsfragen

Abbildung 1 zeigt die Bandbreite der Modelle, die im Rahmen des IKIGas-Projektes für die Gasnetzanalyse eingesetzt werden.

*Netzbewertung:* Das Konzept des Netzzustandes umfasst alle Parameter, die das Gasnetz zu einem bestimmten Zeitpunkt beschreiben. Diese Zustände werden im SCADA-System von PSIcontrol über die Zeit aufgezeichnet. Mit Hilfe dieser historisierten Daten wird ein ML-Modell damit beauftragt, jeden Netzzustand hinsichtlich Sicherheit und Effizienz zu bewerten und mögliche Anomalien zu identifizieren. Die dazu notwendige Annotation der Zustände, im ML „Label“ genannt, kann teilweise automatisiert über vorprogrammierte Kennzahlen oder aus unüberwacht ermittelten, datenorientierten Labeling-Funktionen in der Software *PSIqualicision AI* gewonnen werden. Teilweise ist jedoch Expertenwissen von Dispatchern erforderlich, die vergangene Zustände manuell bewerten müssen. Um die Belastung

---

<sup>1</sup> PSI Software SE, Gasnetze und Pipelines, Berlin, <https://www.psigasandpipelines.com/>

<sup>2</sup> PSI FLS Fuzzy-Logik & Neuro Systeme GmbH, Dortmund, Germany, <https://fuzzy.de/>

<sup>3</sup> Avacon Netz GmbH - Standort Salzgitter, Germany, <https://www.avacon-netz.de/>

<sup>4</sup> Thyssengas GmbH, Dortmund, Germany, <https://thyssengas.com/>

<sup>5</sup> Technische Hochschule Ingolstadt, Germany, <https://www.thi.de>

dieser ohnehin stark ausgelasteten Fachkräfte gering zu halten, wird im Projekt eine ergonomische Methodik für das Labeling erforscht. Als Basis dient eine in der Industrie bewährte Methodik [1]: Anstatt Leitwartenmitarbeiter mit einem direkten Abbild des Netzzustandes zu konfrontieren, werden relevante Metriken aus der Repräsentation eines Zustandes mittels qualitativer Labeling-Funktionen abgeleitet.

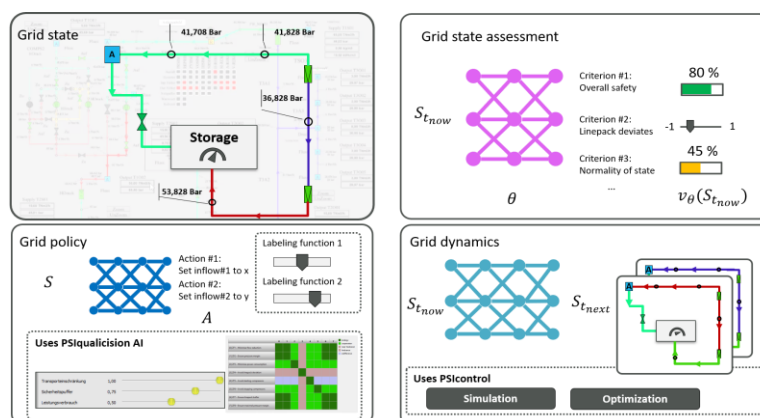


Abbildung 1: Die Übersicht über die verschiedenen Modelle, die in IKIGas zusammenarbeiten.

**Netzdynamik und Entscheidungsvorschläge:** Neben der Bereitstellung von datenbasierten Bewertungen des aktuellen Zustands für Dispatcher ist eine Lösung vorgesehen, die mögliche Entscheidungen (z.B. Änderung der Einspeisemenge oder Anpassung von Druckregelventilen) anleitet. Dazu wird bestärkendes Lernen eingesetzt, um Steuerungsmaßnahmen in der Gasnetzsimulation PSIgnesi [3] zu erlernen und zu empfehlen, welche ein Dispatcher einsetzen könnte, um sicherheitskritische Situationen präventiv zu bewältigen. Im Gegensatz zu erfolgreichen und bekannten KI-Anwendungen, z.B. aus Brettspielen, spielen in realen Systemen eine Vielzahl von interagierenden Zielen (z.B. Versorgungssicherheit versus Überpufferung) eine Rolle. Dazu wird eine multikriterielle Konflikt- und Interaktionsanalyse [2] durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Ziele positiv miteinander korrelieren ("Harmonisierung der Ziele") oder im Konflikt zueinander stehen (z.B. Befriedigung eines plötzlichen Nachfrageanstiegs eines großen Industriekunden vs. Aufrechterhaltung des Netzpuffers in einem wünschenswerten Bereich) - wie in der Matrix in der linken unteren Ecke von Abbildung 1 dargestellt. In IKIGas beschäftigt sich eine Forschungsfrage damit, wie die von Dispatchern gewünschte Priorisierung von Zielen interaktiv als Spezifikation für lernende Softwareagenten übergeben werden kann. Nach Etablierung dieser Softwarearchitektur können damit auch *böswillige* Agenten simulativ trainiert werden, d.h. Agenten, die durch Manipulation des Systems (z.B. durch sog. False-Data-Injektionen von fehlerhaften Wetter-/Temperaturprognosen) gezielt kritische Zustände herbeiführen – welche natürlich dementsprechend abgewendet werden müssen.

Zusammengefasst nutzt das Projekt zentrale KI-Techniken (die keinen Bezug zu aktuell medial im Vordergrund stehenden großen Sprachmodellen aufweisen), wie in Abb. 1 skizziert: 1. Erweiterte Fuzzy-Logik zur Ziel- und Interaktionsanalyse in Entscheidungsprozessen; 2. unüberwachtes Lernen zur Verarbeitung von Zeitreihendaten zur Identifikation von normalem und anormalem Verhalten; und 3. bestärkendes Lernen zur Entwicklung von Strategien zur Optimierung von Netzzuständen. Erste empirische Ergebnisse zur Anomalieerkennung und zum Reinforcement Learning zeigen das Potenzial von IKIGas, den Betrieb und die Resilienz heutiger und vor allem zukünftiger Gasnetze zu verbessern. Die vorgestellte Methodik kann künftig insbesondere auch für die Sektorenkopplung und Wasserstoffnetze eine wichtige Rolle spielen.

## Referenzen

- [1] Felix, R.: Business-Entscheidungen und Optimierungen mit Qualicision von F/L/S. K<sup>2</sup> unstliche Intell. 21(4), 71–72 (2007)
- [2] Felix, R.: On consistency of decision goals and separability of preferences of decision alternatives. In: Proc. IFSA-EUSFLAT-15. pp. 844–850. Atlantis Press (2015)
- [3] Scheibe, D., Weimann, A.: Dynamic gas network simulation with ganesi. GAS UND WASSERFACH GAS ERDGAS 1999, 610–617 (1999)