

## AI-State-Estimation

Transparenz im Netz der Stadtwerke Kapfenberg durch die Anwendung einer Zustandsabschätzung mit künstlicher Intelligenz

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschungsprogramm 2024 (KLIEN)	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.11.2025	<b>Projektende</b>	31.10.2028
<b>Zeitraum</b>	2025 - 2028	<b>Projektaufzeit</b>	36 Monate
<b>Projektförderung</b>	€ 509.425		
<b>Keywords</b>	State Estimation, Verteilernetzbetreiber, künstliche Intelligenz		

### Projektbeschreibung

Das Forschungsprojekt AI-State-Estimation setzt die Arbeiten des Sondierungsprojekts AI4Grids (FFG Nr. 899944) fort und hebt die KI-gestützte Netzzustandsschätzung (State Estimation) auf ein neues technologisches Niveau. In AI4Grids wurde bereits das Potenzial einer Kombination aus Lastflussrechnungen und neuronalen Netzen für die Netzzustandsschätzung an einem kleinen Netzbereich der Stadtwerke Kapfenberg aufgezeigt. Die Anwendung und die Auswertung des Use-Cases zeigten, dass eine flächendeckende Anwendung im Verteilnetz methodische Weiterentwicklungen und eine verbesserte Datenverfügbarkeit bei den Stadtwerken erfordert.

Das Forschungsprojekt „AI-State-Estimation“ adressiert diese Herausforderungen durch die Entwicklung eines hybriden Ansatzes mit Physics-Guided Neural Networks, der eine präzisere und echtzeitfähigere Zustandsschätzung ermöglicht. Bis zum Projektende soll der State-Estimator auf TRL 7 angehoben werden, wobei er mindestens 90 % kritische Netzzustände zuverlässig erkennen und gleichzeitig die Rate falscher Alarme unter 10 % halten soll.

Die Schaffung einer verbesserten Datenlage bildet die Grundlage für diese Innovationen. Dies wird im Projekt durch die Schaffung zusätzliche Messpunkte im Netz erreicht, dadurch erhöht sich die Informationsdichte. Außerdem erfolgt eine Weiterentwicklung eines Lastprofilgenerator. Dieser transformiert Netzbezugs- und Netzeinspeisedaten unterschiedlicher zeitlicher Auflösung in hochauflöste (15-Minuten) Last- und Generatordaten. Diese dienen als Initialwerte für die Netzzustandsschätzung.

Darüber hinaus wird eine Recommendation Engine entwickelt, die auf Basis der Netzzustandsschätzung adaptive Steuerungsmaßnahmen für das Netz vorschlägt. Diese nutzt Reinforcement Learning (RL) zur vorausschauenden Optimierung von Netzschaltungen und der Ansteuerung verfügbarer Flexibilitäten. Die Integration von RL ermöglicht eine dynamische, selbstlernende Netzsteuerung, die weit über den aktuellen Stand der Technik hinausgeht.

Mit AI-State-Estimation wird ein entscheidender Schritt hin zu intelligenter, KI-gestützter Netzsteuerung gemacht. Die Kombination aus State Estimation, Physics-Guided Neural Networks und Reinforcement Learning ermöglicht nicht nur eine verbesserte Transparenz über den Netzzustand, sondern auch eine effiziente, proaktive Netzbewirtschaftung – und leistet

damit einen signifikanten Beitrag zur Digitalisierung und Flexibilisierung von Verteilnetzen.

## **Abstract**

The AI State Estimation research project continues the work of the AI4Grids exploratory project (FFG No. 899944) and takes AI-supported grid state estimation to a new technological level. AI4Grids has already demonstrated the potential of a combination of load flow calculations and neural networks for grid state estimation in a small grid area of Stadtwerke Kapfenberg. The application and evaluation of the use case showed that a comprehensive application in the distribution grid requires further methodological developments and improved data availability at the municipal utilities.

The 'AI State Estimation' research project addresses these challenges by developing a hybrid approach with physics-guided neural networks that enables more precise and real-time state estimation. By the end of the project, the state estimator is to be raised to TRL 7, reliably recognising at least 90% of critical network states while keeping the rate of false alarms below 10%.

The creation of an improved data situation forms the basis for these innovations. This is achieved in the project by creating additional measuring points in the grid, which increases the information density. A load profile generator is also being further developed. This transforms grid reference and grid feed-in data with different temporal resolutions into high-resolution (15-minute) load and generator data. These serve as initial values for estimating the grid status.

In addition, a recommendation engine is being developed that proposes adaptive control measures for the grid based on the grid state estimation. This uses reinforcement learning (RL) for the predictive optimisation of grid circuits and the control of available flexibility. The integration of RL enables dynamic, self-learning grid control that goes far beyond the current state of the art.

AI state estimation is a decisive step towards intelligent, AI-supported grid control. The combination of state estimation, physics-guided neural networks and reinforcement learning not only enables improved transparency of the grid status, but also efficient, proactive grid management - and thus makes a significant contribution to the digitalisation and flexibilisation of distribution grids.

## **Projektkoordinator**

- 4ward Energy Research GmbH

## **Projektpartner**

- EnliteAI GmbH
- Stadtwerke Kapfenberg GmbH