

## EVOControl

EVOControl: Data-Driven Approaches for Adaptive and Self-Evolving Control of Grid-Connected Inverters

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschungsprogramm 2025 (KLIEN AV 24)	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.01.2026	<b>Projektende</b>	31.12.2026
<b>Zeitraum</b>	2026 - 2026	<b>Projektlaufzeit</b>	12 Monate
<b>Keywords</b>	Datengetriebene Regelung, netzgekoppelte Wechselrichter, optimale Abstimmung der Regelparameter, Dezentrale Stabilitätsbedingungen, skalierbare Simulations- und Trainingsumgebungen.		

### Projektbeschreibung

Durch die Energiewende werden Stromnetze zunehmend dynamisch und von Stromrichtern wie Wechsel-, Gleich- und Umrichtern dominiert. Viele Netze operieren inzwischen in hochvariablen Zuständen, zeitweise dominiert von Synchronmaschinen und zeitweise von stromrichterbasierten Erzeugern wie Wind und Sonne. Da beide Technologien sehr unterschiedliche dynamische Eigenschaften aufweisen, reichen klassische Netzregelstrategien mit fest eingestellten Parametersätzen, die bei der Inbetriebnahme einmalig gewählt werden, unter heutigen Bedingungen mitunter nicht mehr aus, um die Stabilität und Leistungsfähigkeit zu garantieren.

Netzbetreiber und Forschende erkennen zunehmend die Grenzen solcher starren Ansätze. Neue Regelwerke wie die erwartete RfG 2.0 weisen bereits auf einen Wandel hin, indem sie statt fixer Parameter, etwa für Dämpfung oder Trägheit, Wertebereiche zulassen. Obwohl der Anpassungsbedarf klar ist, fehlen allerdings bislang systematische Rahmenbedingungen, die bestimmen, wann eine Anpassung nötig ist, wie sie erfolgen kann und wie dabei die Betriebssicherheit gewahrt bleibt.

Das Projekt EVOControl greift diese Lücke auf und schlägt einen Paradigmenwechsel vor: weg von statischer „fit-and-forget“-Steuerung hin zu einem kontextsensitiven, adaptiven Regelansatz für stromrichterbasierte Erzeugung. Ziel ist es, fundiert zu definieren, unter welchen Netzbedingungen eine Anpassung notwendig ist und wie sie sicher und effizient durchgeführt werden kann. Dabei werden netzweite Zustandsdaten genutzt, um durch zentral koordinierte Parameterupdates Stabilität und Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems zu sichern.

Die Kerninnovationen von EVOControl beinhalten: a) Identifikation kritischer Instabilitätsszenarien, in denen fixe Steuerparameter versagen – mittels theoretischer Analyse und simulationsgestützter Validierung. b) Entwicklung adaptiver Steuerverfahren, u. a. auf Basis sicheren Reinforcement Learnings mit eingebetteten Sicherheitsgarantien und interpretierbaren Entscheidungsregeln. c) Weiterentwicklung lokaler Parametrisierungsstrategien zu einer zentrale Adaptionarchitektur unter Berücksichtigung netzweiter Betriebsdaten und detaillierter Systemmodelle, die gezielte und koordinierte Parameteranpassungen ermöglichen. d) Aufbau einer hyperskalierbaren Simulations- und Modell-Trainingsumgebung, die das Training hochkomplexer KI-Modelle erleichtert und realistische Bedingungen für adaptive

Steuerstrategien bietet.

Statt auf vereinfachte Modelle oder intransparente KI-Methoden zu setzen, kombiniert EVOControl bewährte Regelungstheorie mit modernsten KI-Techniken wie Graph-Neuronalen Netzen, Attention-Mechanismen und erklärbarem Reinforcement Learning. Die Lösung adressiert nicht nur technische, sondern auch operationale Anforderungen und schafft so einen nachvollziehbaren Rahmen für systemweite Regelanpassungen. Damit stärkt EVOControl die Netzstabilität und -flexibilität, ermöglicht eine höhere Integration erneuerbarer Energien ohne teure Infrastrukturmaßnahmen und unterstützt damit die Energieziele Österreichs und Europas durch ein skalierbares, robustes und zukunftssicheres Steuerungskonzept für klimaneutrale Stromsysteme.

## **Abstract**

The energy transition is making power grids increasingly dynamic and dominated by converter-based generation. Traditional grid control strategies with fixed parameters - typically set once during commissioning - are no longer sufficient to ensure stability and performance under today's conditions. Power systems now operate under highly variable states, sometimes dominated by synchronous machines and at other times by inverter-based generators such as wind and solar. Since these technologies exhibit fundamentally different dynamic behaviors, a single fixed parameter set is becoming increasingly unsuitable.

Grid operators and researchers are increasingly recognizing the limitations of such rigid approaches. New regulations, such as the anticipated RfG 2.0, already point to a shift by allowing parameter ranges - e.g., for damping or inertia - instead of fixed values. Yet despite the clear need for adaptability, there is still no systematic framework that defines when adaptation is necessary, how it should be implemented, and how operational safety can be ensured.

The EVOControl project addresses this gap by proposing a paradigm shift: from static, "fit-and-forget" control schemes to a context-sensitive, adaptive control approach for inverter-based generation. The goal is to clearly define under which grid conditions parameter adaptation is necessary and how it can be carried out safely and efficiently. System-wide state data will be leveraged to enable centrally coordinated parameter updates that ensure overall system stability and performance. The core innovations of EVOControl include: a) Identification of critical instability scenarios where fixed control parameters fail - using both theoretical analysis and simulation-based validation. b) Development of adaptive control strategies, including safe reinforcement learning (RL) methods with embedded safety limits and interpretable decision logic. c) Evolution of local parameterization strategies into a centralized control tuning architecture that leverages system-wide operational data and detailed system models to enable targeted and coordinated parameter adjustments. d) Development of a hyperscalable simulation and model-training environment that provides realistic conditions for training highly complex AI-Models and testing adaptive control strategies to facilitates their practical deployment.

Instead of relying on simplified models or opaque AI techniques, EVOControl combines proven control theory with state-of-the-art machine learning methods such as graph neural networks (GNNs), attention mechanisms, and explainable reinforcement learning. The solution addresses not only technical but also operational and regulatory challenges, creating a transparent framework for system-wide parameter adaptation.

EVOControl strengthens grid stability and flexibility, enables greater integration of renewable energy without the need for expensive infrastructure investments and thus supports Austria's and Europe's energy transition goals through a scalable, robust, and future-proof control concept for climate-neutral power systems.

## **Projektpartner**

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH