

## „Imitationslernen zur Prädiktivregelung elektrischer Verteilnetze“ – Exposé

Die Transformation des elektrischen Energienetzes im Zuge der Energiewende führt zu einer Zunahme von dezentralen regenerativen Erzeugern und damit zu einer Verschiebung der Energieerzeugung in die Verteilnetzebene. Dadurch erhöht sich auch die Auslastung der Netzinfrastruktur und der Steuer- und Regelaufwand in diesen Spannungsebenen. Um einen sicheren und effizienten Netzbetrieb zu gewährleisten, werden neue Konzepte für die Betriebsführung nötig. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Möglichkeit betrachtet, im Verteilnetz auftretenden Engpässen durch die Regelung flexibler Netzkomponenten entgegenzuwirken. Wegen der, unter anderem wetterbedingten, zeitlichen Schwankungen des regenerativen Leistungsangebotes ist für eine optimale Regelung auch der Einbezug von Vorhersagen wichtig.

In der Forschung gibt es bereits zahlreiche Ansätze für die netzdienliche Nutzung von flexiblen Komponenten im Energienetz. Eine Möglichkeit ist die modellprädiktive Regelung (MPC). Dabei handelt es sich um eine Closed-Loop-Regelung, bei der, unter Einbezug von Vorhersagen, iterativ ein Optimierungsproblem gelöst wird. Die Energieerzeugung und die Leistungsflüsse im Energienetz werden somit dynamisch optimiert. Im Fokus der Forschung steht dabei meist die Formulierung des zentralen Optimierungsproblems und seiner Nebenbedingungen. Bei der Implementierung von Closed-Loop-Verfahren wie MPC ist vor allem die Echtzeitfähigkeit problematisch. Die Rechenzeit zur Bestimmung der optimalen Regelstrategie darf hier nicht zu hoch werden, was die Größe der modellierten Netze und die Modellierungstiefe beschränkt.

Die vorliegende Arbeit betrachtet den Einsatz einer Prädiktivregelung zur optimierten Speichernutzung in Energieverteilnetzen. Im Zentrum steht die Frage, inwieweit die Echtzeitfähigkeit und Skalierbarkeit der dynamischen Prädiktivregelung durch den Einsatz neuronaler Netze verbessert werden kann. Dazu wird im ersten Schritt ein modellprädiktiver Regler entworfen, welcher das Optimierungsproblem in Form eines Quadratic Program mit linearen Nebenbedingungen löst. Ziel der Optimierung ist eine minimierte Austauschleistung des betrachteten Verteilnetzes mit der überlagerten Netzebene, was zu einer Entlastung der Netzinfrastruktur beiträgt. Das Regelverhalten des MPC-Reglers wird anschließend mithilfe von Imitationslernen durch ein neuronales Netz imitiert. Nach abgeschlossenem Training ist dieses in der Lage, die Optimierungsaufgabe des MPC-Reglers zu übernehmen. Der resultierende KI-basierte Regler kommt somit ohne das iterative Lösen eines Quadratic Program in jedem Optimierungsschritt aus und ersetzt diesen Prozess durch ein explizite Abbildungsvorschrift.

Um den entwickelten Ansatz zu validieren, wird dieser auf ein Energieverteilnetz aus dem ©SimBench Benchmark Datensatz angewendet. Eine Gegenüberstellung von modellbasiertem und KI-basiertem Prädiktivregler zeigt, dass durch den Einsatz des neuronalen Netzes eine Regelung mit deutlich verbesserter Zeiteffizienz bei nur geringen Einbußen der Optimierungsgüte ermöglicht wird. Durch eine Reduzierung der benötigten Rechenzeit auf weniger als zwei Prozent eröffnen sich neue Möglichkeiten für die echtzeitfähige Prädiktivregelung von Energienetzen. Die entwickelte Methode erlaubt es, auch sehr große Netze mit hoher Modellkomplexität und Dynamik zu optimieren. Gerade für aufwändige nichtlineare und gemischt ganzzahlige Probleme bietet sich hier ein großes Potential. So können hohe Anteile regenerativer Energie effizient in das Stromnetz integriert werden. Die vorliegende Arbeit kann dabei als Grundlage dienen, um das aufgezeigte Potential der KI-basierten Prädiktivregelung tiefergehend zu untersuchen.

Karlsruhe, den 22. September 2020,

**Anna Hlawatsch**

