

AUTONOME KI FÜR ZELLULARE ENERGIESYSTEME MIT ZUNEHMENDER FLEXIBILITÄT DURCH SEKTORENKOPPLUNG UND VERTEILTE SPEICHER

Lars QUAKERNACK¹, Jens HAUBROCK¹, Michael KELKER^{1,2}, Thomas REISINGER³, Stefan WILKER³, Wenyan YE⁴, Ping ZHANG⁴, Stephan RÖHRENBECK⁵, Stefan ÜBERMASSER⁶

Motivation

Die Elektrifizierung von Wärme- und Mobilitätssektoren sowie der Ausbau erneuerbarer Energieanlagen erfordern den Aufbau eines europäischen zellularen Energiesystems mit dezentralen Anlagen. Dies soll hohe Versorgungssicherheit bei erneuerbaren Energien gewährleisten. In Deutschland gibt es bereits erste Energiezellen, die erneuerbare Energie innerhalb einer Zelle optimieren [1], aber es fehlt ein effizientes Energiemanagement im Niederspannungsbereich für die Steuerung der Zellen, basierend auf Vorhersagen und dem Austausch mit anderen Zellen.

Zielsetzung

In dem Projekt sollen Zelloptimier/Zellmanager-Algorithmen, basierend auf künstlicher Intelligenz sowie Ansätzen des maschinellen Lernens, entwickelt und validiert werden. Zudem sollen deren Einsatzmöglichkeiten auf den unteren zellularen Ebenen, d.h. der Strang-Energiezelle und der übergeordneten Niederspannungsnetzzelle, demonstriert werden. Da konventionelle Optimierungsmethoden aufgrund der hohen Komplexität der Optimierungsaufgabe und den daraus resultierenden rechnerbezogenen Einschränkungen nicht ausreichend skalieren, wird hier ein KI-basierter Ansatz verfolgt. Auch für Vorhersagen haben sich KI/ML Methoden bewährt. Aufgrund der geringen Anzahl an zugänglichen Messdaten auf den unteren Energiezell-Ebenen wird zudem ein digitaler Zwilling dieser Ebenen erstellt [2] und genutzt, um eine ausreichende Datenbasis für den KI-Zelloptimierer zu generieren. Diese digitale Lösung, die KI-/ML-Ansätze für ein effizientes Energiemanagement von einer Vielzahl an u.a. Energiespeichern in Form eines Zellmanagers mit einem digitalen Zwilling der unteren Energiezell-Ebenen kombiniert, spielt eine Schlüsselrolle für die Energiewende, da sie eine effiziente Steuerungskomponente für das zukünftige europäische hierarchische zellulare Energiesystem darstellt [3]. Zahlreiche dezentralisierte Zellen bilden hierbei ein marktgetriebenes System, das alle Hierarchieebenen von einzelnen Gebäuden über regionalen Bezirken bis hin zu den Übertragungsnetzen für Elektrizität, Gas und Wärme umfasst. Sektorenkopplung durch Power-to-X-Technologien und Batteriespeichersysteme steigert dabei die Flexibilität in den zellularen Systemen. Durch die lokale Optimierung innerhalb eines Niederspannungsnetzes unter Beachtung der lokalen Flexibilität, sollen Netzengpässe vermieden und damit ein höherer Anteil an erneuerbaren Energien in allen Sektoren eingesetzt werden. Gleichzeitig soll die Versorgungssicherheit durch aktiven Leistungsausgleich sowie die Vermeidung von Netzüberlastungen gewahrt werden. Zudem erlaubt das System lokal ein effektives Management der vorhandenen Energie und der Austausch mit benachbarten Zellen wird planbar und kann zu ökonomischen Vorteilen für Gemeinschaften und Endkonsumenten führen.

¹ Hochschule Bielefeld, Interaktion 1, 33619 Bielefeld, Deutschland, +49.521.106-70341, lars.quakernack@hsbi.de,

² Stadtwerke Bielefeld GmbH, Schildescher Straße 16, 33611 Bielefeld, Deutschland, +49152 01543896 michael.kelker@stadtwerke-bielefeld.de

³ TU Wien, Institut für Computertechnik, Gußhausstraße 27-29, 1040, Wien, +4315880138460, stefan.wilker@tuwien.ac.at

⁴RPTU Kaiserslautern-Landau, Erwin-Schrödinger-Straße 52, 67663 Kaiserslautern, +496312054457, wenyan.ye@rptu.de

⁵ Voltaris GmbH, Voltastraße 3, 67133 Maxdorf, +49 6237 935-424, stephan.roehrenbeck@voltaris.de

⁶ AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Giefinggasse 2, 1210 Vienna, Austria, +43 50550-6275, stefan.uebermasser@ait.ac.at

Konzept

In dem entwickelten Konzept wird ein reales, strahlenförmiges Niederspannungsnetz (NS-Netz) modelliert. Die jeweiligen Stränge unterscheiden sich durch eine unterschiedliche Anzahl von Haushalten und Gewerbe sowie P2X-Technologien. Für jede P2X-Technologie werden Prognosemodelle und Steuerungsalgorithmen entwickelt, sodass eine prädiktive Steuerung möglich ist. Die hierarchisch untersten Zellmanager der Ebene 1 (ZM1) fassen einen Strang als überschaubares System zusammen und beinhalten in Summe eine signifikante Anzahl an Flexibilitäten. Daraus ergibt sich für jeden Strang ein ZM1, die alle einem übergeordneten Zellmanager der Ebene 2 (ZM2) zugeordnet sind. Über den ZM2 wird der Flexibilitätsaustausch zwischen den ZM1 geregelt. Der Freiheitsgrad des ZM1 wird vom ZM2 über ein Ampelsystem gesteuert. Dieses umfasst drei Stufen: rot = Netztrennung; gelb = Vorgaben innerhalb definierter Grenzen; grün = keine Vorgaben.

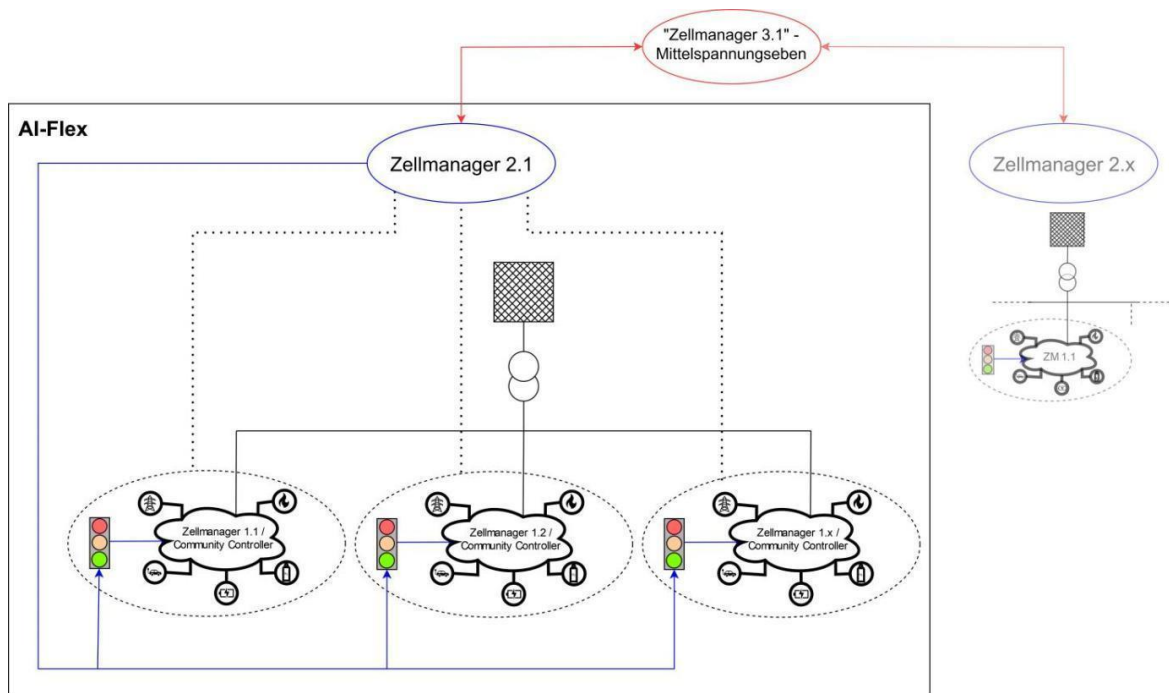


Abbildung 1: Schematische Abbildung des Konzeptes.

Zellmanager 1

Im ZM1 werden KI unterstützte Prognosen aller Erzeuger und Lasten (Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen, Power2Gas, Batteriespeicher) eines Stranges durchgeführt und zusammengefasst. Auf Basis derer, können die relevanten Anteile der verschiedenen Flexibilitäten ermittelt werden. Mit diesen Daten wird daraufhin ein „Fahrplan“ zur Erreichung eines lokalen Optimierungsziels (z.B. Auslastung der Zuleitung) erstellt. Dieser prognosebasierte „Fahrplan“ wird dann an den ZM2 gesendet.

Zellmanager 2

Der ZM2 hat die Aufgabe, die Flexibilitäten zwischen den einzelnen ZM1 auszutauschen und Überlastungen zu erkennen. Dazu summiert dieser die einzelnen Prognoseprofile vom ZM1 auf. Danach entscheidet er, welche positiven und negativen Flexibilitäten innerhalb der ZM1 ebene ausgetauscht werden müssen und entscheidet die Ampelphase (Grün=keine Steuerung notwendig; Gelb=Steuerung innerhalb gegebener Grenzen; Rot=Abschalten). Das Flexibilitätssignal wird wieder an den ZM1 gesendet, der seine Prognose als auch seinen „Fahrplan“ anpasst.

Referenzen

- [1] VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.: „Zellulares Energiesystem“, Frankfurt am Main, Mai 2019
- [2] L. Wright, S. Davidson, “How to tell the difference between a model and a digital twin,” Adv. Model. and Simul. in Eng. Sci., vol. 7, no. 1, p. 13, 2020, doi: 10.1186/s40323-020-00147-4.
- [3] „Dena-Studie Systemsicherheit 2050“, Deutsche Energie-Agentur (dena.), 2020