Intelligente Lastflussoptimierung durch Steigerung der Energieflexibilitäten im Gebäudesektor

Matthias Primas[1], Gernot Hofer[1], Stefan Hausegger[1]

Einleitung

Vorgestellt wird ein Ansatz zur Lastflussoptimierung basierend auf KI und prädiktiven Modellen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor. Das Ziel ist, die zeitliche Flexibilität der am Standort erzeugen regenerativen Energie zu steigern und dadurch das übergeordnete elektrische Verteilernetz zu entlasten. Anhand von Closed-Loop Reglern und Multi-Objective-Optimierungsansätzen werden die internen Lastflüsse und die Nutzung von lokalen Energiespeichermöglichkeiten optimiert.

Stichwörter

Lastflussoptimierung, Energieeffizienz, Energieflexibilitäten, KI, Maschine-Learning Algorithmen

1 Problemstellung

Rezente Entwicklungen fordern speziell im Energiesektor enorme Anpassungen. Entwicklungen mit Fokus auf nachhaltigen Lösungen haben dazu geführt, dass die dezentrale Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien, leistungselektronische Geräte und Energiespeicher immer mehr an Bedeutung gewinnen. [1] Um den Eigenverbrauch und den Autarkiegrad maßgeblich zu steigern, bedarf es neben der Einbindung meist kostspieliger Energiespeicher auch die effektive Analyse der zeitlichen Gebäudenutzung und beeinflussender, externer Umwelteinflüsse. [2]

Der grundsätzliche Ansatz zur Optimierung derartiger Lastflüsse basiert auf der Erweiterung der vorhandenen elektrischen Energiespeicher des Energy Analyics & Solution Labs der FH CAMPUS 02 (kurz EAS-Lab) mit thermischen Speichermöglichkeiten, um eine Steigerung der Energieflexibilität des Gebäudes zu erreichen. Hierbei wird untersucht, inwiefern sich die Steuerung der Raumtemperatur von Labor- und Büroräumen durch Integration von Maschine Learning Algorithmen optimieren lässt. Ein Ansatz besteht darin, mit vorhandener Überschussenergie aus lokalen erneuerbaren Energiequellen (PV-Anlage) ausgewählte, aktuell ungenutzte Räumlichkeiten überdurchschnittliche stark zu kühlen bzw. zu beheizen, sodass in Zeiten mit lokalem Energiemangel und aktiver Nutzung diese Räume weniger Kühl bzw. Heizenergie benötigen.

2 Methodik

Das EAS-Lab ist ein elektrotechnisches Energielabor mit umfangreicher Infrastruktur (automatisierte Gebäudetechnik, PV-Anlagen, elektrischen Energiespeichern, IR-Paneelen, Klimaanlage, Ladestationen für E-Mobilität und umfangreiches Messequipment). Durch die Implementierung der gesamten Laborinfrastruktur und Einbindung weiterer Komponenten aus Labor- und Büroräumen in ein zentrales, übergeordnetes Prozessleitsystem können alle vorhandenen Sensoren und Aktoren ausgelesen und gesteuert werden. Hierdurch ist die Basis für ein intelligentes Lastmanagementsystem geben, welches durch Maschine-Learning Algorithmen (MLA) sowie prädiktive Modelle gesteuert und optimiert wird.

[1] Fachhochschule der Wirtschaft, Körblergasse 126, 8010 Graz

Open Access. © 2023 Matthias Primas, Gernot Hofer1, Stefan Hausegger1
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License. +

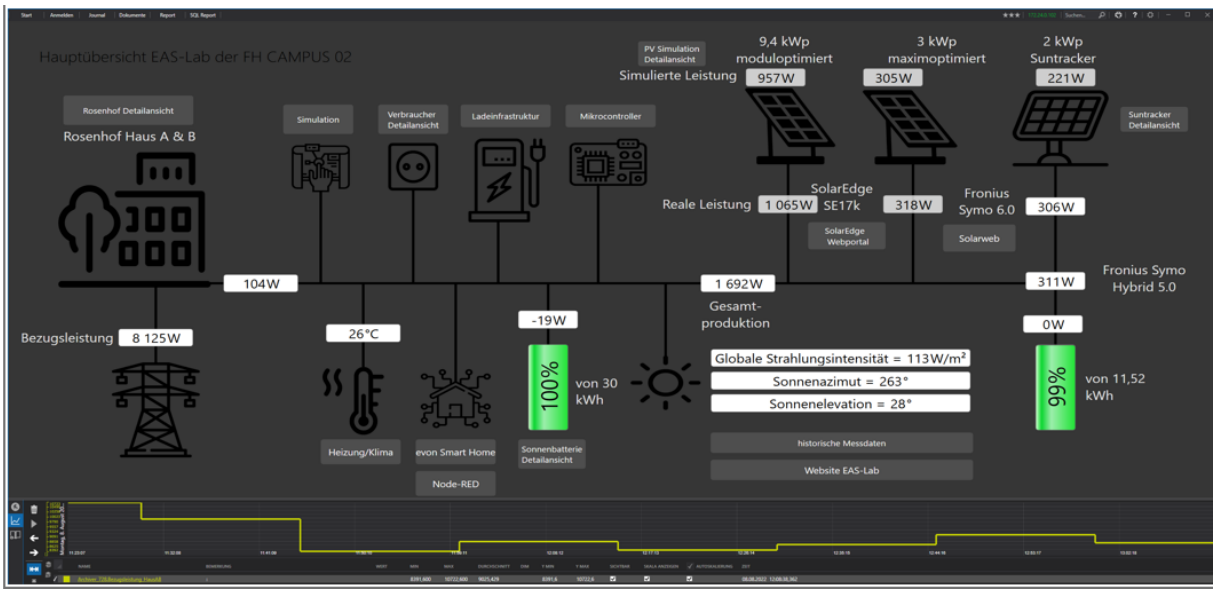

Bild 1: Prozessleitsystem zur Steuerung der Lastflüsse innerhalb der Labor- und Büroräume an der FH CAMPUS 02 (Quelle: Matthias Primas)

Anhand gesammelter Messdaten werden zeitliche Verbrauchs- und Nutzungsmuster der Labor- und Büroräume mittels MLA analysiert und vorhergesagt. Zusätzlich werden prädiktive Modell u.a. zur Vorhersage des PV-Ertrages und der Raumtemperatur integriert. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Konfiguration der Steuerung der Lastflüsse innerhalb des Modellbereichs. Damit werden die Energieflüsse zwischen den Verbrauchern (Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität, Klimaanlage, Infrarot-Heizung) und Speichern (elektrisch, thermisch) optimiert. Durch die Integration einer Feedbackmöglichkeit (z.B. aktuelle Raumtemperatur) wird der Regelungsalgorithmus angepasst und iterativ optimiert.

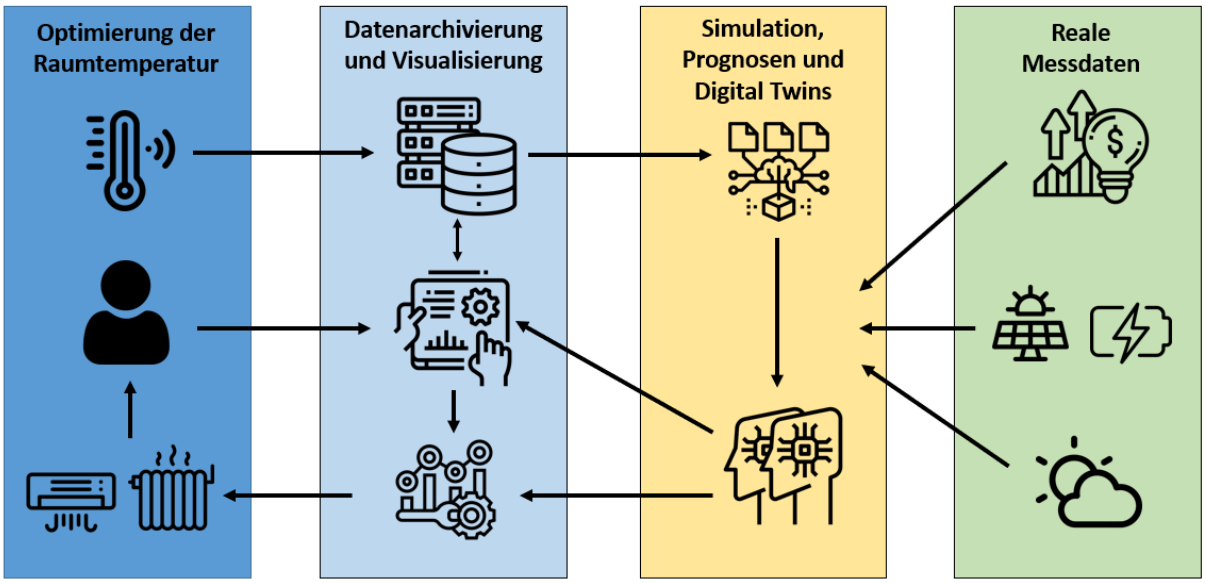

Bild 2: Schematische Darstellung der Informationsflüsse zur Optimierung der Lastflüsse, insbesondere zur Heizung und Kühlung (Quelle: Matthias Primas)

So wird beispielsweise ein Überschuss an erzeugter elektrischer Energie zur prädiktiven Raumtemperierung genutzt. Ein mittels Präsenzerfassung erstelltes Nutzungsprofil dient als Basis der Temperaturregelung. Zum Beispiel kann hierdurch an Wochenenden die Raumtemperatur signifikant erhöht bzw. gesenkt werden, sodass zum Wochenbeginn weniger Energie zur Erreichung der Soll-Temperatur benötigt wird. Durch diesen Ansatz kann das Gebäude als thermischer Speicher

Open Access. © 2023 Matthias Primas, Gernot Hofer1, Stefan Hausegger1
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License. +

verwendet werden. Damit wird die Energieflexibilität zur Optimierung des Lastflusses bzw. zur Entlastung der Verteilnetze erhöht.

3 Ergebnisse und Ausblick

Prädiktive Simulationsmodelle zur PV-Produktionsprognose wurden erfolgreich in das System integriert. Weiters wurde eine Personendetektion auf KI basierenden Algorithmen entwickelte, welche die Raumnutzung automatisiert erfasst. Eine im Zuge des Projektes entwickelte Sensorik erfasst die im Raum vorherrschenden Komfortparameter und übermittelt diese an das übergeordnete System. Erste ML-Algorithmen zur Optimierung der Raumtemperatur wurden in das Gesamtsystem integriert und werden auf ihre Effizienz untersucht. Des Weiteren wurden digitale Zwillinge unterschiedlicher Gebäudeinfrastrukturen (PV-Anlage, elektrischer Energiespeicher, Verbraucher) erstellt. Auf Basis dieser digitalen Abbildungen können unterschiedliche Szenarien und Konfigurationen betreffend das Gebäude und seine Ausstattung untersucht werden.

Im Rahmen des internationalen, kooperativen Forschungs- & Entwicklungsprojektes I-Greta werden diese Forschungsergebnisse weiterverfolgt und die Energieflexibilitäten bzw. die Verschiebung der zeitlichen Lastflüsse von einzelnen Gebäuden bis hin zu Energiegemeinschaften u.a. durch Multi Objective Optimierungsansätzen untersucht. Dabei werden die Energiekennzahlen, insbesondere Energieflexibilitäten von privaten und gewerblichen Objekten erhoben und dadurch versucht, den übergeordneten Energiefluss innerhalb der Energiegemeinschaft zu optimieren.

4 Literatur

[1] Smart Home Energy Management Systems in Internet of Things networks for green cities demands and service, M.Aliero et al., Environmetal Technology & Innovation 22 (2021)
[2] Sustainable Energy, Grids and Networks, R. Ramadan et. Al., Sustainable Energy, Grids and Networks 31 (2022)

Open Access. © 2023 Matthias Primas, Gernot Hofer1, Stefan Hausegger1
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 License. +