

IMPLEMENTIERUNG EINER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ IN DAS DIGITALE ÖKOSYSTEM DES INTERNETS DER ENERGIE AM PARADIGMA DER „WÄRMESPEICHER-STEUERUNG“

Andreas HUTTERER^{1(*)}, Anke TALLIG²

Kurzfassung

Die von der deutschen Bundesregierung initiierte Energiewende führt zu einem Transformationsprozess in der Energiewirtschaft. In Folge dessen erleben wir einen Wandel von einer zentralen zu einer dezentralen Energieversorgung. Eine stetig größer werdende Anzahl an kleinen Energieversorgern stehen Millionen von Energieverbrauchern gegenüber. Die envia Mitteldeutsche Energie AG (enviaM) synchronisiert mit der Entwicklung des Internets der Energie beide sich ergänzende Seiten und verknüpft im Rahmen der Sektorenkopplung die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Durch die Digitalisierung von Energieerzeugern und Energieverbrauchern stehen Unmengen an Daten zur Verfügung, welche als Grundlagen für eine intelligente Steuerung der Energiesysteme dienen. Mit dem Ziel, eine sichere, wirtschaftliche und umweltfreundliche Energieversorgung sicherzustellen, entwickelt die enviaM-Gruppe mit Partnern aus der Region das Internet der Energie.

Methodik

Die Digitalisierung von Nachtspeicherheizungen soll durch die 24 Stunden Freigabe der Ladezeiten netzseitig die flexible Steuerung ermöglichen und kundenseitig den Wärmekomfort erhöhen. In diesem Zusammenhang spielt der § 14a EnWG, als entscheidender Bestandteil zur effizienteren Bewirtschaftung und Neugestaltung des Verteilungsnetzes, eine ausschlaggebende Rolle. Bei Speicherheizungen sind intelligente Messsysteme verpflichtend, dadurch kann der Stromverbrauch von Verbrauchern einfach gemessen werden. Ein intelligentes Messsystem (iMSys) besteht aus einer modernen Messeinrichtung und einer Kommunikationseinheit, dem sogenannten Smart Meter Gateway. Dabei wird durch Einbringung des Tagesablaufes mit der Angabe der Temperatur des Kunden eine bedarfsgerechte Ladestrategie generiert, welche Einsparungen durch eine effektive Ladesteuerung ermöglichen. Zusätzlich werden durch Implementierung einer künstlichen Intelligenz (KI) weitere Einsparungen erzielt, welche durch spezifische Algorithmen realisiert werden. Die proprietäre künstliche Intelligenz des Internets der Energie wurde in die „Wärmespeicher-Steuerung“ integriert. Die Software der KI-Bibliothek zum Lernen und Optimieren läuft lokal auf dem Energiemanager des Kunden. Damit die vorgegebene Raumtemperatur mit einer optimierten Ladestrategie der Wärmespeicherheizung energiesparend angesteuert werden kann, registriert die KI alle Einflussparameter. Die Raumtemperatur nimmt dabei nur einen Betrachtungswinkel ein. Zusätzlich wurde die Thermodynamik des Hauses, die Außentemperatur, die Wetterprognose und das Verbrauchsverhalten in die Modellierung der Prognose implementiert. Zu dem Zweck, das Einsparpotenzial besser bestimmen zu können und auch erste Kundenreaktionen zu erhalten, wurde eine erste Version der KI-basierten Steuerung im Rahmen des Minimal-Viable-Products (MVP) „Wärmespeicher-Steuerung“ in der Heizperiode 2018/2019 getestet. Der wissenschaftliche und innovative Charakter des oben beschriebenen Ansatzes ist zugleich seine große Herausforderung. Es gilt zu beweisen, wie hoch die Wirkung der KI in diesem neuen Anwendungsfeld wirklich ist. Nachdem die Testobjekte mit den Komponenten der „Wärmespeicher-Steuerung“ ausgestattet wurden, folgte die Bereitstellung der verwendbaren Daten für das Training der Modelle zur Thermodynamik und Simulation. Die zur Verfügung gestellten Daten mussten im Vorgang vorverarbeitet werden. Hinzu implementiert wurde der Energieverbrauch und Bewölkungsgrad. Anschließend fand ein Mapping aller Daten auf das KI-Datenmodell mit Ableitung von Spezialdateien statt.

¹ Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestraße 6, 09599 Freiberg, Deutschland, andreas-klaus.hutterer@student.tu-freiberg.de, <https://tu-freiberg.de>

² envia Mitteldeutsche Energie AG, Magdeburger Straße 51, 06112 Halle, Deutschland, Anke.Tallig@enviaM.de, www.enviaM.de

Die Modellierung erfolgte über drei Faktoren:

- Zeitreihenprognose für Wetter
- Regression für Thermodynamik mit der Zielgröße Innentemperatur
- Reinforcement Learning-Simulation für Steuerung

Dazu wurden die Testdaten in eine gleichgroße Trainings- und Testmenge unterteilt. Im nächsten Schritt wurde das Modell der Thermodynamik auf der Testmenge verifiziert, anschließend erfolgte die Simulation der Steuerung. Als Ansatz dient dabei das Model Predictive Control (MPC), welches über Reinforcement Learning (RL) funktioniert. Die KI für das Energiemanagement ist dabei in der Lage über Komfort (Abweichung zur Soll-Temperatur) und Energiebedarf (Lademenge) zu optimieren. Die Gewichtung erfolgt über den Regularisierungsparameter λ . Je größer dieser ist, desto wichtiger ist die Energieminimierung im Vergleich zur Komfortmaximierung. Das Reinforcement-Optimierungsproblem dient zur Minimierung des Rewards R und kann mit nachfolgender Formel ermittelt werden:

$$\min_{\tau_1, \dots, \tau_n} R(\tau_1, \dots, \tau_n), R(\tau_1, \dots, \tau_n) = \underbrace{\sum_{i=1}^N (T_i - T_s)^2}_{\text{Komfort}} + \lambda \underbrace{\sum_{i=1}^N \tau_i}_{\text{Energieverbrauch}}$$

Ergebnisse

Schlussfolgernd aus der Umrüstung von analogen Nachtspeicherheizungen zu digitalen und flexiblen Wärmespeichern bietet die „Wärmespeicher-Steuerung“ einen entscheidenden Mehrwert, welcher von den Nutzern von Wärmespeicherheizungen sehnlichst erwartet wurde. Daraus resultierte, dass mit Hilfe einer künstlichen Intelligenz signifikante Energieeinsparungen erzielt werden, zudem verbesserte sich die Stabilität der Innentemperatur erheblich. Vor allem in der Übergangszeit wurden durch Prognosen der Wärmebereitstellung und der Wettervorhersage beachtenswerte Energieeinsparungen erzielt. Wie in Abbildung 1 verdeutlicht, liefert die KI eine zuverlässige Schätzung und prognostiziert eine robuste 7-Tages-Prognose der Innentemperatur mit einem 95 %-Korridor. Die Innentemperatur des Testobjektes liegt über dem betrachteten Zeithorizont im Toleranzbereich des Prognosefensters.

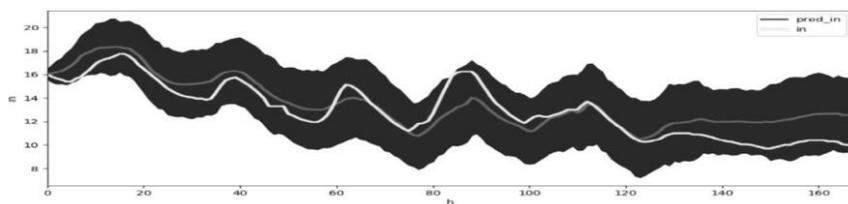


Abbildung 1: 7-Tagesprognose der Innentemperatur mit 95 %-Korridor

In der im Feldtest untersuchten Anwendungsstufe 1 wurde die technische Möglichkeit zur Steuerung der Heizung bezüglich der Komfortschaffung für den Speicherkunden untersucht. Die Einbeziehung des Verbrauchsverhaltens zur Erstellung des Energiebedarfs ermöglicht weitere Optionen von Anwendungsfällen, wie in Abbildung 2 dargestellt.



Abbildung 2: Use Cases der Wärmespeicher-Heizung

Das Internet der Energie als digitales Ökosystem der modernen Energiewirtschaft ist beeinflusst durch die Vorgaben der Politik und der Energiewende. Im Bereich der Netzbetreiber findet eine Entwicklung zum Smart-Grid statt, wobei das Niederspannungsnetz intelligent und transparent werden soll, um die Daten für die intelligente Steuerung und damit für das Internet der Energie nutzen zu können. Durch die damit mögliche netzdienliche Steuerung von Verbrauchsanlagen, kann bei Bedarf zusätzliche Flexibilität variabel eingesetzt werden, damit die Stabilität des Netzes gewährleistet werden kann. Perspektivisch ist eine Implementierung von Wärmeanlagen in den Strommarkt im Rahmen der Sektorkopplung vorstellbar.