

## Press release

### Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Tobias Mickler

12/17/2024

<http://idw-online.de/en/news844941>

Research projects, Research results  
Energy  
transregional, national



## KI gesteuerte Wärmepumpen steigern die Effizienz

Wärmepumpen können mit künstlicher Intelligenz effizienter betrieben werden, da sich fehlerhafte Geräteeinstellungen vermeiden lassen und die Heizsysteme optimiert laufen können. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE forscht an einer neuen Generation von intelligenten Wärmepumpen, die sich mithilfe von künstlichen neuronalen Netzen an ihre Umgebungsbedingungen anpassen, bei verändernden Bedingungen dazulernen und dadurch Energieeffizienz und Nutzerkomfort steigern. Umfangreiche Simulationsergebnisse versprechen ein Energieeinsparungspotenzial von 5 bis 13% bei erhöhtem Komfort, was durch einen ersten Feldtest in einem realen Gebäude bestätigt werden konnte.

Im Projekt »AI4HP« hat das Fraunhofer ISE gemeinsam mit dem Unternehmen Stiebel Eltron und den französischen Forschungspartnern CEA List (Laboratory for Integration of Systems and Technologies) und Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition LPNC sowie dem Industriepartner EDF R&D; wichtige Erkenntnisse über das Potenzial, die Flexibilität und Praxistauglichkeit von neuen adaptiven, auf neuronalen Netzen basierten Regelungsverfahren bei Wärmepumpen gesammelt. Bisher werden Wärmepumpen für den Heizbetrieb im Wohnbereich hauptsächlich mit Heizkurven geregelt, die bei der Installation fest eingestellt werden. Die Heizkurven sind jedoch in den meisten Fällen nicht optimal auf das jeweilige Gebäude abgestimmt, was nur durch eine zeitaufwendige Kalibrierung erreicht werden würde. Des Weiteren berücksichtigen Heizkurven weder kurz- noch langfristige Veränderungen wie die Sonneneinstrahlung, die Nutzungsgewohnheiten der Bewohnerinnen und Bewohner sowie die Alterung oder Renovierung des Gebäudes. Das spezifische Verhalten eines Gebäudes, wie es sich beispielsweise unter Sonneneinstrahlung verhält, erlernt die künstliche Intelligenz (KI) durch die Analyse kontinuierlich erfasster Messwerte.

»KI-Methoden müssen robuster und skalierbarer werden, um kostengünstig in einer Vielzahl unterschiedlicher Gebäude implementiert werden zu können«, so Dr. Lilli Frison, Projektleiterin am Fraunhofer ISE. »Darüber hinaus werden nur zuverlässige und vertrauenswürdige Methoden, die einen sicheren Betrieb gewährleisten, von Wärmepumpenherstellern und ihren Kunden akzeptiert«, ergänzt ihr Kollege Simon Götzhäuser.

Künstliche neuronale Netze sind aufgrund ihrer Fähigkeit, komplexe und hochgradig nicht-lineare Zusammenhänge sehr genau abbilden zu können, für diesen Zweck geeignet. Im Rahmen des Projekts hat das Forschungsteam ein neuronales Netz basierend auf Konzepten zur Zeitreihenvorhersage entwickelt. Die auf der neuartigen Transformer-Architektur aufbauende Grundstruktur befähigt das Netzwerk, historische und zukünftige Input-Daten zu verknüpfen. Mit dieser Architektur kann der zeitliche Verlauf der Raumtemperatur abgeschätzt werden. Der entwickelte intelligente Wärmepumpenregler verwendet ein künstliches neuronales Netz als digitale Abbildung des thermischen Gebäudeverhaltens zusammen mit einem echtzeitfähigen Optimierungsalgorithmus, um die Vorlauftemperatur der Wärmepumpe optimal zu regeln.

### Feldtest bestätigt positive Ergebnisse

Der neue KI-Wärmepumpenregler wurde in umfangreichen Simulationstests evaluiert, bei denen drei verschiedene Gebäude aus unterschiedlichen Baujahren und mit verschiedenen energetischen Sanierungszuständen jeweils für eine Heizsaison simuliert wurden. Beide Fragestellungen, sowohl bezüglich der Selbstkalibrierung als auch der Anpassung an neue Umgebungsbedingungen, konnten positiv beantwortet werden. Je nach Gebäude zeigen die Ergebnisse eine

signifikante Energieeinsparung von durchschnittlich 13 % im Vergleich zur standardmäßig eingestellten Heizkurve. Diese Einsparung wird insbesondere durch eine bessere Übereinstimmung der Referenzraumtemperatur mit der Solltemperatur erreicht. Eine weitere Energieeinsparung ist zu erwarten, wenn der Regler so erweitert wird, dass auch die Effizienz-Charakteristik der Wärmepumpe einbezogen wird.

Zudem bestätigte ein erster Feldtest in einem realen Gebäude die Funktionalität des Heizkurvenreglers. Der einwöchige Testbetrieb zeigte, dass die Solltemperatur deutlich besser erreicht wird (mittlere Abweichung verringert sich um mehr als die Hälfte) und der COP (Coefficient of Performance) sich deutlich verbesserte. Gegenüber dem Vergleichszeitraum konnte der KI-Regler eine COP-Steigerung von 25% verzeichnen, wobei dies in weiteren längeren Monitoring-Feldtestreihen mit unterschiedlichen Gebäudetypen weiter evaluiert werden sollte. Zudem führte der Algorithmus bereits nach einigen Tagen zu stabilen Heizkurvenparametern, die auf das Gebäude optimiert sind und somit auch eine Effizienzsteigerung bei einem herkömmlichen Heizkurvenbetrieb ermöglichen. Trotz dieses großen Potenzials zeigte die Erfahrung aus dem Feldtest auch, dass eine gute Leistung des neuen Reglers hohe Anforderungen an die Genauigkeit des KI-Gebäudemodells stellt.

Die französischen Projektpartner innerhalb des binationalen Projektkonsortiums konzentrierten sich auf den optimierten Betrieb von Warmwasser-Wärmepumpen. Der intelligente Algorithmus für die Betriebsoptimierung wurde in einer Klimakammer im Rahmen eines Hardware-in-the-Loop-Laborversuchs anhand einer echten Wärmepumpe und eines realen Verbrauchsprofils getestet. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die KI-Vorhersage in Verbindung mit einer optimierten Steuerung der Wärmepumpe das Potenzial hat, den Stromverbrauch für die Warmwasserbereitstellung um bis zu 8 % zu senken.

URL for press release: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/ai4hp.html>