

Effizientere solarthermische Heizungsanlagen durch Künstliche Intelligenz (KI)

Wolfgang Kramer

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE

Heidenhofstrasse 2 – 79110 Freiburg im Breisgau

Tel: +49 (0) 761 4588 5096 – Fax: +49 (0) 761 4588 9000

Email: wolfgang.kramer@ise.fraunhofer.de

Internet: www.ise.fraunhofer.de

Künstliche Neuronale Netze

Künstliche Neuronale Netze sind, wie das menschliche Gehirn, in der Lage, Handlungsstrategien selbstständig anhand von „erlebten“ Beispielen (i.e. Trainingsdaten) zu entwickeln. Der Aufbau eines künstlichen neuronalen Netzes orientiert sich dabei an den Erkenntnissen der Biologie über die Funktionsweise des menschlichen Gehirns. Es liegt nahe, solche Netze auch für technische Regelungen einzusetzen. Für solarthermischer Heizungssysteme kann ein solches künstliches neuronales Netz genutzt werden, um die individuelle thermische Dynamik des Gebäudes und die Auswirkung von passiver und direkter Solarstrahlung auf dessen Wärmebedarf zu erfassen und den Ladezustand des Speichers in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen zu prognostizieren. Hierfür ist keine Simulation erforderlich. Das neuronale Netz ist selbstständig in der Lage, die entsprechenden Abhängigkeiten zu erlernen.

Regelung von Heizungsanlagen mit künstlicher Intelligenz (KI)

KI-Algorithmen erlauben, individuelle Randbedingungen wie lokales Klima, thermodynamisches Verhalten eines Gebäudes sowie charakteristisches Betriebsverhalten der solarthermischen Anlage und des Wärmeverteilsystems selbstständig zu identifizieren. Im Regelungsbetrieb kann dann die Entwicklung der Raumtemperatur und des Speicherladezustandes prognostiziert werden, um damit optimalen Betrieb zu ermöglichen. Neben der Maximierung von Solarertrag und Energieeffizienz ist durch diesen Ansatz auch eine Reduzierung der Kosten bei Installation und Inbetriebnahme der Regler möglich. Die Kombination von selbstlernenden künstlichen neuronalen Netzen (Artificial Neural Network (ANN)) und einer Linearen System Identifikation (LSI) zur Analyse des nichtlinearen und linearen Teils des dynamischen Verhaltens der Anlage und des Gebäudes erlauben eine robuste KI-Lösung für Heizungsregelungen. Die benötigten Algorithmen für diesen Ansatz wurden am Fraunhofer ISE entwickelt und in einen Regelungscode implementiert.

Prognose von Raumtemperatur und Speicherladezustand

Die Prognosen von Raumtemperatur und Speicherladezustand stellen die wesentliche

Basis des entwickelten Regelungskonzeptes dar. Die genannten Größen können mit Hilfe der Kombination aus ANN und LSI in guter Genauigkeit prognostiziert werden. Für die Überprüfung dieser Aussage wurden Messdaten einer real existierenden Anlage genutzt, um ANN Netze zu trainieren. Die trainierten ANN Netze konnten folgende Genauigkeiten (jeweils für das 80% Quantil) erzielen: Raumtemperatur $\pm 0,5$ K, Speicherladezustand ± 10 K.

Nochmals zu betonen ist, dass all diese Prognoseergebnisse ohne Simulation erreicht werden. Dieser Ansatz stellt daher ein hervorragendes Instrument zur schnellen und kostengünstigen Prognose dar.

Anlagenregelung

Die ANN-Regelung übernimmt folgende Regelungsfunktionen: 1. Sollwertermittlung der Vorlauftemperatur des Heizkreises 2. Regelung der Zuschaltung der fossilen Nachheizung. Die übrigen Funktionen entsprechen im Wesentlichen denen einer konventionellen Regelung. Für die ANN-Regelung wird auf die weiter oben beschriebenen ANN-Prognosen zurückgegriffen. Bei der Ermittlung des Sollwertes der Heizungsvorlauftemperatur wird dieser Wert solange variiert, bis die prognostizierte Raumtemperatur der gewünschten entspricht. Dieser Ansatz entspricht einer automatischen Heizkurvenermittlung, welcher zusätzliche Einflüsse wie z.B. passive solare Nutzung berücksichtigt. Für die Entscheidung über die Einschaltung der fossilen Nachheizung wird überprüft, ob die notwendigen Speichertemperaturen innerhalb eines Prognosezeitraums erreicht sein werden. Unnötige Brennerstarts unterbleiben dann und solarer Ertrag wird maximiert.

Ergebnisse aus Simulation und realem Gebäudetest

In einem realen Gebäude wurde die Funktionsfähigkeit des Regelungsansatzes nachgewiesen. Bisherige Simulationsergebnisse zeigen, dass durch die Nutzung des KI-Ansatzes Energieeinsparungen bis zu 12% möglich sind.

Zusammenfassung

Künstliche neuronale Netze bieten eine hervorragende Möglichkeit, Heizungsanlagen effizienter und kostengünstiger zu regeln. Dabei ergeben sich wesentliche Vorteile durch die Möglichkeit, ohne Simulation oder Parametrisierung der Regelung automatisch Heizkurven zu erzeugen, welche gegenüber einer konventionellen Heizkurve auch Effekte wie z.B. passive solare Erwärmung des Gebäudes berücksichtigt. Darüber hinaus bietet die Prognose des zukünftigen Speicherladezustandes die Möglichkeit, die fossile Nachheizung zu minimieren und solare Erträge zu maximieren. Signifikante Energieeinsparungen von bis zu 12% konnten bisher nachgewiesen werden.