

## 18-TEILIGE SERIE

## WÄRMEPUMPEN: DEINE FRAGEN JETZT BEANTWORTET

10/18

## Wärmepumpen und KI – ein Traumpaar?

Author: Dr.-Ing. Marek Miara, erschienen am 19.01.2026

**Altes Bedürfnis, neue Werkzeuge**

Wärme im Winter, Kühle im Sommer – diese Bedürfnisse begleiten die Menschheit seit Jahrtausenden. Die Wärmepumpe erfüllt sie mit einer ausgereiften Technologie. Künstliche Intelligenz dagegen ist jung, in vielen Bereichen noch experimentell. Können beide Welten sinnvoll zusammenfinden?

Die Antwort erfordert Differenzierung. Von der Entwicklung bis zum Betrieb gibt es verschiedene Schritte: Design, Produktion, Planung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung. An jeder dieser Stellen gibt es Potenzial für Optimierung und auch für Nutzung der unterschiedlichen Formen der künstlichen Intelligenz. Häufig wird „KI“ jedoch mit anderen Prinzipien verwechselt oder als *Buzzword* zu Vermarktungszwecken benutzt. Dieser Artikel untersucht, wo echtes maschinelles Lernen zum Einsatz kommt – und zeigt die unterschiedliche Marktreife der verschiedenen Anwendungen.

## Was „Intelligenz“ eigentlich bedeutet

Echte künstliche Intelligenz zeichnet sich durch drei Eigenschaften aus: Sie lernt aus Erfahrung. Sie erkennt Muster, die niemand explizit programmiert hat. Und sie passt sich an neue Situationen an.

Die meisten als „intelligent“ beworbenen Systeme sind jedoch regelbasiert: Sie folgen fest programmierten Anweisungen – etwa schwellwertbasierte Steuerungen, die bei bestimmten Außentemperaturen die Vorlauftemperatur um einen festen Wert anheben. Solche parametrischen Regelungen sind Automatisierung, kein maschinelles Lernen.

Der entscheidende Unterschied: Regelbasierte Systeme arbeiten nach vordefinierten Logiken. Lernende Systeme erkennen Zusammenhänge aus Daten und passen ihr Verhalten ohne explizite Programmierung an.

## Die Wertschöpfungskette: Vom Design bis zur Wartung

Der Weg von der Entwicklung bis zum laufenden Betrieb einer Wärmepumpe umfasst mehrere Phasen: Produktdesign und Produktion beim Hersteller, Planung und Dimensionierung für ein konkretes Gebäude, Installation vor Ort, Inbetriebnahme und Parametrierung, Betrieb über Jahre hinweg, regelmäßige Wartung. An jedem dieser Schritte gibt es spezifische Optimierungsansätze – und unterschiedliche Möglichkeiten, wo maschinelles Lernen einen Beitrag leisten kann.

2

Die folgenden Abschnitte untersuchen diese Kette systematisch. Für jeden Schritt wird analysiert, welche KI-Anwendungen bereits existieren, welche in der Forschung entwickelt werden – und wo der Begriff lediglich Marketingzwecken dient.

### 1. Design und Produktion

Die Herstellung einer Wärmepumpe umfasst zahlreiche Schritte: von der Entwicklung optimierter Komponenten über die Fertigung einzelner Bauteile bis zur Montage und Endkontrolle. Jeder dieser Schritte birgt Potenzial für Optimierung – sei es durch effizientere Designs, präzisere Fertigung oder zuverlässige Qualitätssicherung.

In der Produktentwicklung geht es darum, das Beste aus den Bauteilen herauszuholen. Besonders bei Wärmetauschern oder Kompressoren sucht man nach der perfekten Form: Sie sollen so viel Wärme wie möglich übertragen, dem Luft- oder Wasserstrom aber kaum Widerstand entgegensetzen. Nur so arbeitet die Wärmepumpe mit höchster Effizienz und verbraucht wenig Strom. Um dieses Ideal zu erreichen, müssen Ingenieure unzählige Kombinationen aus Formen und Winkeln prüfen. Klassisch verlässt man sich dabei auf jahrelange Erfahrung und testet am Computer Schritt für Schritt verschiedene Entwürfe, bis ein zufriedenstellendes Ergebnis feststeht.

Maschinelles Lernen erweitert dieses Vorgehen: Algorithmen werten Millionen von Simulationen aus und schlagen Geometrien vor, die außerhalb menschlicher Intuition liegen. Ein Beispiel ist die Anwendung symbolischer Regression (findet

*KI kann die Erfahrung und Intuition von Ingenieurinnen und Ingenieuren erweitern und neue, effizientere Designs finden.*

*Wird mehr und mehr genutzt.*

automatisch eine Gleichung, die gegebene Daten möglichst gut beschreibt) zur Optimierung von Turbo-Kompressoren, bei der Energieeinsparungen von 20–25% erreicht wurden<sup>1</sup>. Solche Methoden finden zunehmend Eingang in die Forschung und Entwicklung.

In der Fertigung liegt der Fokus auf Qualitätskontrolle. Haarrisse in Lötstellen, Abweichungen bei der Sensorpositionierung oder Unregelmäßigkeiten in Wärmetauschern sind visuell schwer erkennbar, können aber die Lebensdauer beeinträchtigen. Bilderkennungssysteme, trainiert an tausenden gelabelten Beispielen, erreichen hier Detektionsraten, die menschliche Prüfer übertreffen. Diese Anwendungen sind Stand der Technik in der industriellen Fertigung.

## 2. Planung

Bevor eine Wärmepumpe installiert wird, muss sie dimensioniert werden. Wie viel Heizleistung braucht dieses spezifische Gebäude? Die Antwort entscheidet über Erfolg oder Misserfolg der gesamten Anlage.

Die Feldstudien zeigen (siehe Folge 2), dass Überdimensionierung von Wärmepumpen ein häufiges Problem darstellt. Wenn die installierte Leistung den tatsächlichen Bedarf deutlich übersteigt, arbeitet die Anlage häufig im Teillastbereich oder taktet. Dies kann zu suboptimaler Effizienz und erhöhtem Verschleiß führen.

**3** Die Ursachen sind vielfältig: Normative Heizlastberechnungen gehen von Auslegungsbedingungen aus, die nur wenige Stunden im Jahr auftreten. Gleichzeitig ist das tatsächliche Nutzerverhalten schwer vorherzusagen. Die Folge: Eine Diskrepanz zwischen berechnetem und realem Wärmebedarf.

Datenbasierte Ansätze könnten hier Abhilfe schaffen. Systeme, die aus Betriebsdaten tausender installierter Anlagen lernen, könnten realistische Vorhersagen treffen: Welche Wärmepumpen-Konfiguration hat in vergleichbaren Gebäuden tatsächlich die beste Performance erreicht? Solche empirischen Modelle würden normative Berechnungen ergänzen, nicht ersetzen.

*Die Dimensionierung der Wärmepumpe kann durch KI unterstützt werden. Oft kommen normale Algorithmen zum Einsatz, keine „wahre“ KI.*

### **Was als KI verkauft wird, aber keine ist:**

Die meisten „KI-Konfiguratoren“ auf Hersteller-Websites sind etwas anderes. Sie sind digitale Auswahlhilfen, die auf Normen und Datenbanken basieren. Nützlich, zeitsparend – aber nicht lernend. Der Nutzer stellt die Daten bereit, das System ermittelt die passenden Informationen und der Vorgang ist abgeschlossen. Das ist ein digitaler Produktkatalog mit Komfortfunktion, keine künstliche Intelligenz.

## 3. Installation

In der Installationsphase treten nach wie vor Fehler auf, die die spätere Effizienz beeinträchtigen und unnötige Kosten verursachen.

Echte KI-Anwendungen in dieser Phase sind rar. Die meisten „smarten“ Installationshilfen beschränken sich auf digitale Checklisten oder Augmented-Reality-Anleitungen (erweiterte Realität, bei der digitale Informationen in das Sichtfeld eingeblendet werden) – das sind in den meisten Fällen regelbasierte Systeme ohne Lernfähigkeit.

Forschungsprojekte untersuchen selbstlernende Ansätze: Das dänische CEDAR-Projekt entwickelt Systeme, die über Reinforcement Learning (verstärkendes Lernen, bei dem das System durch Versuch und Bewertung optimale Strategien findet) und digitale Zwillinge den hydraulischen Abgleich automatisch durchführen – ein „install-and-forget“-Konzept für Retrofit-Anwendungen<sup>2</sup>. Die Schweizer Hochschule ZHAW arbeitet an KI-gestützter Inbetriebnahme-Automatisierung.<sup>3</sup>

Aktuell liegt der größte Hebel für Qualität weiterhin in der fachgerechten Ausführung durch geschultes Personal.

#### 4. Inbetriebnahme

Nach der Installation muss die Wärmepumpe eingestellt werden. Die sogenannte Heizkurve legt fest, wie heiß das Wasser sein soll, das durch die Heizung fließt – abhängig von der Außentemperatur. Diese Einstellung wird einmal gemacht und dann meist nie wieder angefasst.

Das Problem: Gebäude verändern sich. Neue Fenster beeinflussen den Wärmebedarf, wechselnde Bewohner bringen andere Nutzungsgewohnheiten mit, Bausubstanz altert. Die einmal eingestellte Heizkurve passt sich diesen Veränderungen nicht automatisch an und kann nach einigen Jahren suboptimal werden.

4

In dem Fall zeigt die Forschung, dass eine „echte“ KI in dem Punkt helfen kann. Ein neuronales Netz beobachtet das Gebäude über mehrere Tage. Es misst, wie schnell Räume auskühlen, wie stark die Sonne sie aufheizt, wann geheizt wird. Aus diesen Daten lernt es ein Modell des thermischen Verhaltens – ohne explizite Programmierung der Gebäudephysik.

Mit diesem gelernten Modell kann das System vorausschauend regeln: Solargewinne am Nachmittag werden antizipiert, wiederkehrende Nutzungsmuster erkannt, die Heizung entsprechend angepasst.

In Simulationen und Feldtests erzielen solche Systeme Effizienzgewinne von 5–13% gegenüber statischen Heizkurven bei gleichzeitig verbessertem Komfort. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme hat mit dem Projekt AI4HP zusammen mit Partnern aus Industrie und Forschung solche adaptiven Regler entwickelt und getestet.<sup>4</sup>

Allerdings arbeiten viele als „selbstlernend“ bezeichnete Systeme mit einfacher Mustererkennung: Das System speichert, wann der Nutzer die Temperatur manuell ändert, und wiederholt dieses Zeitprogramm. Dies entspricht der Funktionalität programmierbarer Thermostate und ist kein maschinelles Lernen.

#### 5. Betrieb

Es gibt einen Ansatz namens „Model Predictive Control“ – modellprädiktive Regelung. Das System erstellt ein mathematisches Modell des Gebäudes und berechnet voraus, wie sich Änderungen in der Heizung auf die Temperatur auswirken werden. So kann es die Betriebsweise optimieren, Strompreise berücksichtigen, den Eigenverbrauch von Solarstrom maximieren.

*Bei der Installation spielt KI bisher eine untergeordnete Rolle.*

*Bei der Inbetriebnahme leistet die KI Hilfe, die sonst kaum verfügbar ist. Die Regelung kann anhand diverser Parameter an das Individuum angepasst werden.*

Diese Regelung ermöglicht laut Studien Kosteneinsparungen von bis zu 40% durch optimiertes Betriebsmanagement. Die Wärmepumpe läuft bevorzugt bei günstigen Strompreisen, nutzt höhere Speichertemperaturen für zeitliche Flexibilität und verbessert noch dazu die Netzunterstützung um 13% - und das trotz geringfügig niedrigerem COP.<sup>5</sup>

Hier muss man allerdings ehrlich sein: Das ist keine künstliche Intelligenz im eigentlichen Sinne. Es ist mathematische Optimierung. Das System „lernt“ nicht aus Erfahrung – es berechnet das Optimum basierend auf Gleichungen, die ein Ingenieur oder eine Ingenieurin festgelegt hat. Der Ansatz stammt aus den 1980er Jahren und ist seither bewährt.

Das soll seinen Nutzen nicht schmälern. Aber wer verstehen will, wo echte KI einen Unterschied macht, muss diese Grenze kennen. Optimierung berechnet das Beste aus bekannten Regeln. KI soll laut Definition die Regeln entdecken, die niemand vorher kannte.

### Wo echte KI im Betrieb funktioniert

Das sogenannte „Reinforcement Learning“ – verstärkendes Lernen – geht einen anderen Weg. Das System probiert verschiedene Strategien aus und bewertet die Ergebnisse. War die Temperatur angenehm? War der Stromverbrauch niedrig? Über Zeit lernt es, welche Aktionen in welchen Situationen die besten Ergebnisse bringen – ohne dass jemand die Regeln vorgegeben hat.

*Je mehr Zeit vergeht, desto effektiver und effizienter kann die KI den Betrieb der Wärmepumpe überwachen.*

## 5

Ein konkretes Beispiel ist die Abtauregelung. Bei Luft-Wärmepumpen bildet sich bei niedrigen Temperaturen Eis am Verdampfer, das regelmäßig abgetaut werden muss. Konventionelle Systeme tun das noch meistens nach festen Intervallen oder bei bestimmten Temperaturen. Ein lernendes System erkennt die Muster in den Daten und findet den optimalen Zeitpunkt selbst – nicht zu früh (Energieverschwendungen), nicht zu spät (Leistungsabfall).

### 6. Wartung

Wenn eine Wärmepumpe nicht optimal läuft, merkt man das oft erst, wenn die Stromrechnung kommt – oder wenn die Anlage komplett ausfällt. Schleichende Probleme wie ein langsamer Kältemittelverlust, ein verschmutzter Wärmetauscher oder ein ermüdendes Ventil bleiben lange unentdeckt.

Ein System, das den Normalbetrieb einer Wärmepumpe kennt, kann Abweichungen erkennen. Es weiß, wie die Temperaturen und Drücke normalerweise zusammenhängen, wie viel Strom der Verdichter bei bestimmten Bedingungen zieht. Wenn diese Muster sich schlechend verändern, deutet das auf ein Problem hin – oft Wochen oder Monate bevor ein Grenzwert überschritten wird oder ein Fehlercode erscheint.

Das ist fundamental anders als klassische Überwachung. Eine herkömmliche Steuerung meldet: „Fehler E17: Niederdruckstörung“ – wenn es zu spät ist. Ein lernendes System könnte sagen: „Die Effizienz ist in den letzten vier Wochen um 3% gesunken. Wahrscheinliche Ursache: Verdampferverschmutzung. Empfehlung: Reinigung im nächsten Monat.“

## Die Forschung ist weit fortgeschritten

Systematische Reviews über die Anwendung von KI in der Gebäudetechnik, die 230 Studien ausgewertet haben, zeigen: Fehlerdiagnose ist der technologisch reifste Anwendungsbereich<sup>6</sup>. Deep-Learning-basierte Systeme zur automatischen Fehlerdiagnose in HVAC-Anlagen erreichen Genauigkeiten von über 97%.<sup>7</sup> Bei der Erkennung von Kältemittelleckagen beispielsweise erreichen die besten Algorithmen Trefferquoten von über 95%.

Besonders vielversprechend sind sogenannte „Soft Faults“ – Probleme, die keine akute Störung verursachen, aber die Effizienz mindern. Ein leicht verschmutzter Kondensator, ein schwergängiges Ventil, ein alternder Kompressor. Diese Probleme zu erkennen, bevor sie zum Ausfall führen, ist der eigentliche Mehrwert.

Noch einen Schritt weiter geht die Prognose, wann ein Bauteil voraussichtlich ausfallen wird. Bestimmte Komponenten – zum Beispiel der Elektrolytkondensator im Inverter, das Umkehrventil – zeigen charakteristische Verschleißmuster. Wer diese Muster erkennt, kann Wartung planen: nicht zu früh (Kostenverschwendungen), nicht zu spät (ungeplanter Ausfall).

In der Industrie sind solche Systeme etabliert. Für Wärmepumpen im Wohnbereich stecken sie noch in der Entwicklung – aber das Potenzial ist enorm.

Eine KI kann in Echtzeit und ohne großen Aufwand solche Probleme entdecken, die sich sonst erst deutlich später bemerkbar machen würden.

## 7. Netzintegration – ein Zukunftsfeld

# 6

Wärmepumpen könnten eine wichtige Rolle im Stromnetz spielen. Sie können Wärme speichern – im Gebäude selbst, im Warmwassertank, im Pufferspeicher. Das macht sie zu flexiblen Verbrauchern, die Lastspitzen ausgleichen können.

Das britische LATENT-Projekt der University of Southampton<sup>8</sup> zeigt, dass KI-gesteuerte Wärmepumpen ihre Last in Spitzenzeiten um bis zu 90% reduzieren können, ohne Komforteinbußen. Das System heizt vor, wenn Strom günstig und reichlich verfügbar ist, und pausiert, wenn das Netz unter Druck steht.

Das funktioniert aber nur mit vorausschauender Steuerung. Das System muss wissen, wie das Wetter wird, wann die Bewohner nach Hause kommen, wie sich die Strompreise entwickeln. Hier kann KI einen echten Beitrag leisten.

KI kann den Strompreis im Auge behalten und den Betrieb der Wärmepumpe entsprechend kosteneffizient regeln.

## Fazit

Die etablierte Wärmepumpentechnologie kann durchaus von künstlicher Intelligenz profitieren.

Hersteller können durch KI-gestütztes Design effizientere Komponenten entwickeln und zum Beispiel mittels Computer Vision die Produktionsqualität erhöhen. Planer profitieren von datenbasierten Auslegungswerkzeugen, die auf empirischen Betriebsdaten basieren. Installateure könnten künftig auf selbstlernende Inbetriebnahme-Systeme zurückgreifen. Endnutzerinnen und Endnutzer gewinnen durch adaptive Regelung Effizienz und Komfort bei reduzierten Betriebskosten. Das Energiesystem profitiert von intelligenter Lastverschiebung, die Angebot und Nachfrage besser ausbalanciert.

Entscheidend ist die Unterscheidung zwischen echtem maschinellem Lernen und regelbasierten Systemen, die lediglich als „KI“ bezeichnet werden. Echte KI zeichnet sich durch Lernfähigkeit aus Daten, Anpassung ohne explizite Programmierung und vorausschauendes Verhalten aus. Viele als intelligent beworbene Systeme erfüllen diese Kriterien nicht – eine Verwechslung, die nicht selten für Marketingzwecke genutzt wird.

Die Forschung zu intelligenten Wärmepumpenregelungen ist hochentwickelt, doch eine flächendeckende Markteinführung fehlt noch. Validierte Effizienzsteigerungen ergeben sich durch adaptive Steuerung, deutliche Kosteneinsparungen durch Lastverschiebung sowie hohe Trefferquoten bei maschinellem Lernen in der Fehlersuche. Das Potenzial ist nachweisbar – die breite Praxisanwendung braucht jedoch Zeit.

## 7

<sup>1</sup> Shalash, K., and Schiffmann, J. (February 3, 2020). "Pressure Profile Measurements Within the Gas Film of Journal Foil Bearings Using an Instrumented Rotor With Telemetry." *ASME. J. Eng. Gas Turbines Power*. March 2020; 142(3): 031013. <https://doi.org/10.1115/1.4044798>

<sup>2</sup> Poulsen, J. L., Aguilera, J. J., Madsen, H., & Markussen, W. B. (2023). *Country Summary for Denmark on Digitalization and IoT for Heat Pumps*. IEA Heat Pumping Technologies Programme, Annex 56 – Digitalization and IoT for Heat Pumps. <https://heatpumpingtechnologies.org/annex56/>

<sup>3</sup> ZHAW Zurich University of Applied Sciences (2023). *Automated Commissioning of Heat Pumps*. Institute of Applied Mathematics and Physics (IAMP), ZHAW. Project completed 02/2023–05/2023. <https://www.zhaw.ch/en/research/project/73687>.

<sup>4</sup> Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE) (17 Dec 2024). *AI-Controlled Heat Pumps Increase Efficiency*. Press release. <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2024/ai-controlled-heat-pumps-increase-efficiency.html>.

<sup>5</sup> Tomás, A., Lämmle, C., & Pfafferott, J. (2025). Demonstration and Evaluation of Model Predictive Control (MPC) for a Real-World Heat Pump System in a Commercial Low-Energy Building for Cost Reduction and Enhanced Grid Support. *Energies*, 18(6), 1434. <https://doi.org/10.3390/en18061434>

<sup>6</sup> Boutabba, A., Albalkhy, W., Lafhaj, Z., Roussel, J., Yim, P., Danel, T. (2025): Enhancing Thermal Comfort and Energy Efficiency in Buildings Using Artificial Intelligence: A Systematic Literature Review. Modular and offsite Construction Summit, Montreal, Kanada.

<sup>7</sup> Zhang, F., Saeed, N., & Sadeghian, P. (2023). *Deep learning in fault detection and diagnosis of building HVAC systems: A systematic review with meta analysis*. Energy and AI, 12, 100235. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2023.100235>

<sup>8</sup> University of Southampton (2025). *LATENT: Residential Heat as an Energy System Service*. EPSRC-funded research project on residential heating system flexibility and demand control, University of Southampton. Available at: <https://www.southampton.ac.uk/research/projects/latent-residential-heat-as-an-energy-system-service> (accessed Jan 2026).