Kurztestmethode für Wärmepumpenanlagen

Autor(en): **Zogg, Martin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **94 (2002)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939640

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Kurztestmethode für Wärmepumpenanlagen

■ *Martin Zogg*

Ziel dieses Vorhabens ist die laufende Ermittlung wesentlicher Parameter der Wärmepumpe und das laufende Erkennen allfälliger Fehlfunktionen einer Wärmepumpe bei der Inbetriebnahme, der Abnahme, der Betriebsoptimierung und beim späteren Betrieb. Dies erleichtert die Startphase einer Wärmepumpenheizanlage, gibt beim späteren Betreiber der Wärmepumpe Gewissheit über das optimale Funktionieren der Wärmepumpe und erlaubt die Auslösung eines Wartungseingriffs erst bei tatsächlichem Bedarf (zustandsorientierte Instandhaltung). In der Phase 4 dieses Vorhabens wurde eine physikalische Methode zur Erfassung wichtiger Parameter und Kennzahlen (HeatWatch) und eine Methode zur automatischen Fehlererkennung (FuzzyWatch) entwickelt. Beide Methoden wurden in der fünften Projektphase an einer simulierten Wärmepumpe sowie anhand der Messdaten einer realen, kommerziellen Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus und auf zwei Prüfständen weiterentwickelt und eingehend getestet.

Die Methode HeatWatch vermag die im Bild 1 aufgeführten Parameter und Kenngrössen einer Wärmepumpe während des normalen getakteten Betriebs in den stationären Phasen zu erkennen. Nach einer erstmaligen Messung der Referenzgrössen im stationären Betrieb sind keine weiteren «Testmessungen» mehr nötig. Der Rechenaufwand ist bei der Methode HeatWatch relativ gering. Sie hat allerdings zwei Nachteile: Sie benötigt eine grosse Zahl von Sensoren und allfällige Fehlfunktionen müssen durch Fachpersonal aus der zeitlichen Veränderung der ermittelten Parameter und Kennzahlen erkannt werden. Für eine Wärmepumpe mit innerem Wärmeübertrager (Sauggasüberhitzer) werden zur Bestimmung der im Bild 1 gezeigten Grössen 10 Sensoren (7 Temperatur-, 2 Drucksensoren und eine elektrische Leistungsmessung – jedoch aus Kostengründen keine Durchfluss- und Wärmemengenmessungen – benötigt. Davon sind standardmässig nur 4 bis 6 vorhanden. Weniger Sensoren sind möglich, dann sinkt aber auch die Zahl der identifizierbaren Grössen.

HeatWatch wurde anhand der Daten einer kommerziellen Luft-Wasser-Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus im normalen Betrieb erprobt. Ein Betriebstag während der Heizsaison genügte, um sieben der im Bild 1 aufgeführten Parameter mit einer relativen Standardabweichung unter 10 % und die restlichen mit einer relativen Standardabweichung unter 20 % zu erfassen. Es zeigte sich, dass HeatWatch über die Änderung des Wärmedurchgangskoeffizienten auch die Verdampfervereisung zuverlässig erkennt. Die laufende Ermittlung des Gütegrads (exergetischer Wirkungsgrad) der Wärmepumpe liefert auch eine direkte Information darüber, dass die Wärmepumpe einwandfrei läuft. Der Rechenaufwand für HeatWatch beschränkt sich im Wesentlichen auf das Lösen eines linearen Gleichungssystems. HeatWatch sollte deshalb problemlos in eine moderne Wärmepumpensteuerung integriert werden können.

Die Methode FuzzyWatch kann allfällige Fehlfunktionen direkt erkennen, benötigt weniger Sensoren und vermag sich unterschiedlichen Wärmepumpentypen leicht anzupassen. Zu den von FuzzyWatch erkennbaren Fehlern gehören die Verschmutzung des Verdampfers und des Kondensators, Fehlfunktionen des Kompressors, des Expansionsventils, aber auch Fehlfunktionen der Umwälzpumpen des Sole- und des Heizungskreislaufs sowie die Arbeitsmittelleckage. Je nach Klassifizierungsmethode und Messdaten können auch Kombinationen gleichzeitig auftretender Fehlfunktionen erfasst werden. FuzzyWatch vermag auch die Stärke der jeweiligen Fehler anzuzeigen. Die Methode ist für beliebige Wärmepumpentypen anwendbar. Vor dem Einsatz im Betrieb ist allerdings für jeden neuen Wärmepumpentypen ein gegenüber HeatWatch wesentlich umfangreicheres Training durch künstliche Realisierung aller später zu erkennenden Fehler durchzuführen. Mit diesen künstlichen Fehlern werden mehrere Testzyklen gefahren. Anschliessend vermag FuzzyWatch während

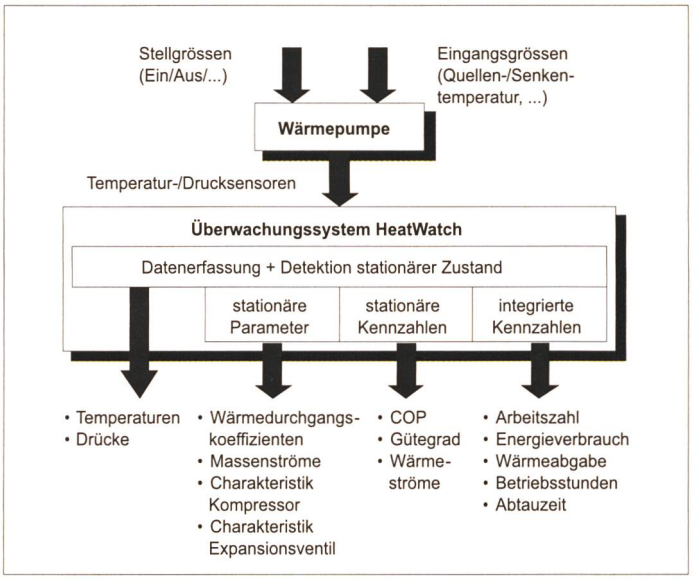

Bild 1. Überwachungsmethode HeatWatch für den stationären Betrieb [aus Schlussbericht].

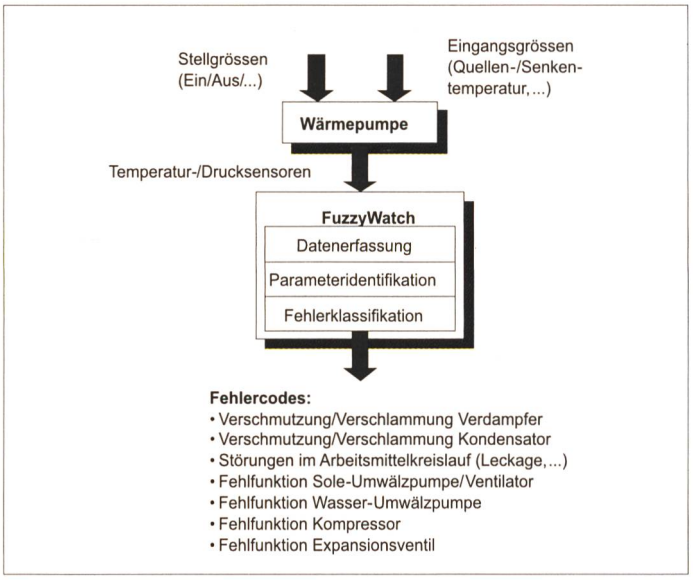

Bild 2. Überwachungsmethode FuzzyWatch zur direkten Erkennung von Fehlfunktionen [aus Schlussbericht].

Bild 3. Vollautomatisierter dynamischer Wärmepumpenprüfstand zum Training von FuzzyWatch und zur Untersuchung neuer Wärmepumpenregelungsstrategien für Sole-Wasser-Wärmepumpen am Institut für Mess- und Regeltechnik der ETH Zürich.

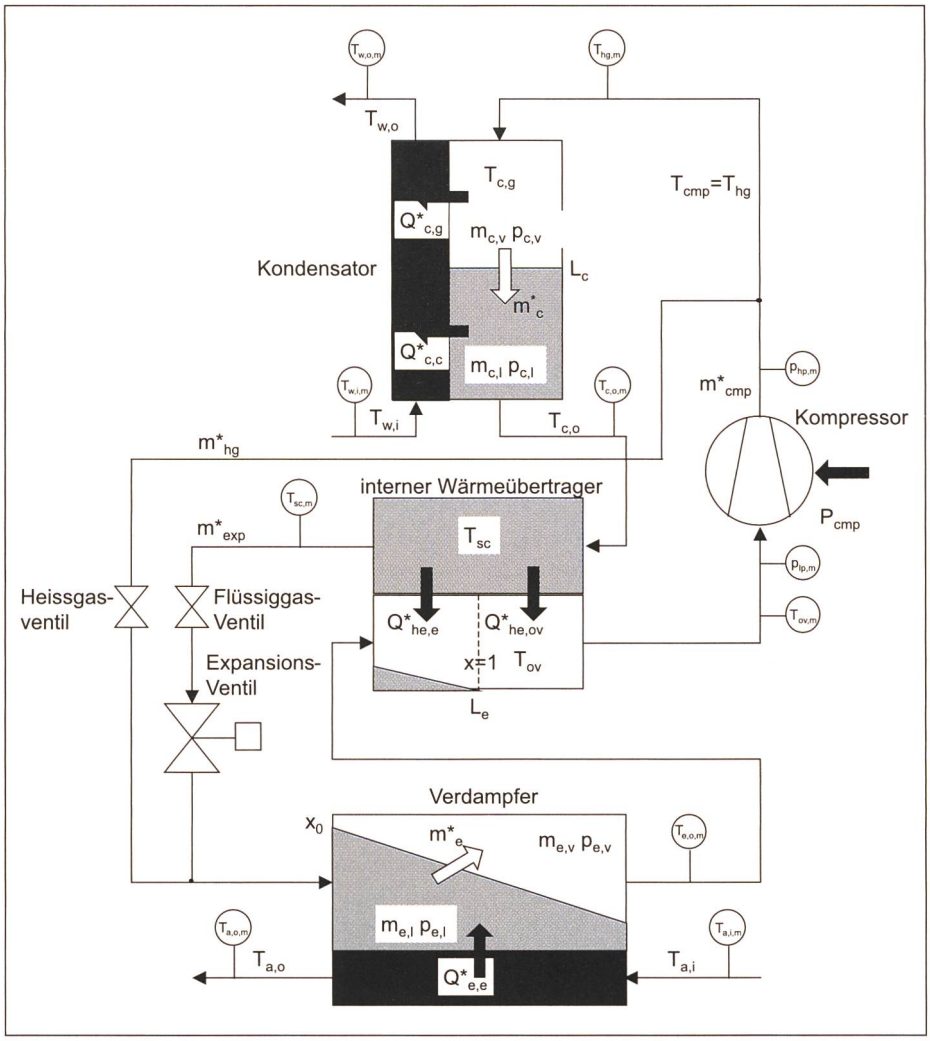

Bild 4. Fliessbild der simulierten Wärmepumpe mit innerem Wärmeübertrager (Sauggasüberhitzer).

des Betriebs einer Wärmepumpe die im Bild 2 aufgeführten Fehlfunktionen direkt zu erkennen. Die Fehlerklassifikation erfolgt mit Fuzzy-Logik und neuronalen Netzen. Über längere Zeitperioden können auch die Trends in der Entwicklung von Fehlern verfolgt werden. Die benötigten Signale werden beim Training automatisch ermittelt. Dabei werden im Allgemeinen 4 bis 6 Sensoren genügen. Im Schlussbericht werden die möglichen Sensorkonfigurationen und die mit unterschiedlichen Klassifizierungsverfahren erkennbaren Fehler ausführlich diskutiert. Der höhere Rechenaufwand von FuzzyWatch gegenüber HeatWatch dürfte die Übertragung auf eine Wärmepumpensteuerung erschweren, aber nicht verunmöglichen.

Für das Training von FuzzyWatch und den Test der damit erzielbaren Fehlererkennung an einer realen Wärmepumpe wurde ein spezieller dynamischer Wärmepumpenprüfstand aufgebaut und in Betrieb genommen (Bild 3). Der neue Wärmepumpenprüfstand vermag das für jeden neuen Wärmepumpentyp durchzuführende Training von FuzzyWatch automatisch durchzuführen. Er kann auch zur Entwicklung neuer Regelungsmethoden für Wärmepumpen (BFE-Forschungsprojekt Pulsbreitenmodulation) eingesetzt werden.

Zur Reduktion des Versuchsaufwands bei der Untersuchung von FuzzyWatch wurde ein dynamisches Wärmepumpensimulationsmodell entwickelt und in Matlab und C++ programmiert. Es umfasst eine detaillierte physikalische Modellierung aller Komponenten einer Wärmepumpe mit innerem Wärmeübertrager (Bild 4). Insbesondere werden auch Enthitzung und Kondensation im Kondensator, Kondensatunterkühlung und Restverdampfung/Überhitzung im inneren Wärmeübertrager sowie die Verdampfung im Verdampfer erfasst. Mit diesem Simulationsprogramm können die benötigten Daten einer Wärmepumpe im Normalbetrieb wie auch deren Abhängigkeit von den verschiedenen Fehlfunktionen rechnerisch ermittelt werden. Dies erlaubt ein Training von FuzzyWatch ohne aufwendige Versuche.

Beide Überwachungsmethoden sind im Schlussbericht ausführlich dokumentiert. Sie können nicht nur für Wärmepumpen, sondern auch für Kälteanlagen eingesetzt werden. Sie funktionieren vorerst nur auf Computern (PCs). Aufgabe einer nächsten Projektphase ist es nun, diese in eine Wärmepumpensteuerung zu implementieren.

Ausführlicher Schlussbericht zu diesem BFE-Forschungsprojekt:
D. Zogg, E. Shafai: Kurztestmethode für Wärmepumpenanlagen, Phase 5: Test der Fehlerdiagnosesysteme, Schlussbericht, Bundesamt für Energie 2001.
Download aus www.waermepumpe.ch/fe Rubrik «Berichte»
Bestellung der schriftlichen Fassung unter der Projektnummer 37129 bei:
ENET, Egnacherstrasse 69, 9320 Arbon, 071 440 02 55, enet@temas.ch

Anschrift des Verfassers
Dr. *Martin Zogg*, Forschungsprogrammleiter Umgebungswärme, Abwärme, WKK (UAW) des Bundesamts für Energie, Kirchstutz 3, CH-3414 Oberburg.