

Aufbau eines Wärmepumpenprüfstandes zur Online-Diagnose von industriellen Grosswärmepumpen

Für die Entwicklung einer Online-Diagnose-Software für industrielle Grosswärmepumpen wurde an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Brugg-Windisch ein Wärmepumpen-Prüfstand errichtet.

Hannes Amport

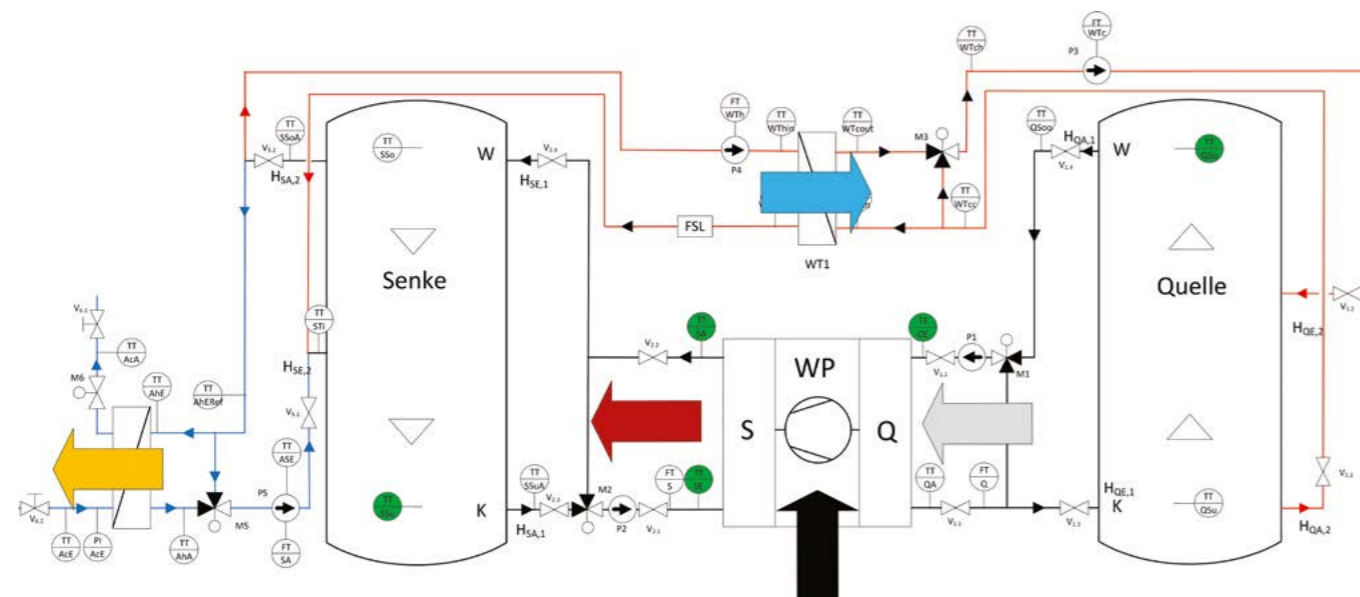


Abbildung 1: Prinzipschema des Prüfstandes mit den resultierenden Wärmeströmen

Ausgangslage

Die softwarebasierte Überwachung von Wärmepumpen sorgt für eine erhöhte Effizienz im Betrieb, hilft Ausfälle zu vermeiden und Wartungsarbeiten optimal zu planen. Für die Entwicklung einer solchen Diagnosesoftware wurde ein Prüfstand errichtet, welcher erlaubt, die Eigenschaften einer Wärmepumpe an exakt definierten Betriebspunkten zu simulieren. Nebst der Wärmepumpe (Prüfling) beinhaltet dieser Prüfstand auch die entsprechende Sensorik und Steuerung, um Testabläufe vorzugeben und Messwerte protokollieren zu können.

Wärmepumpenprüfstand

Auf dem Prüfstand wird eine industrielle Wärmepumpe mit einer Nennleistung von 90 kW verwendet. Die Wärmepumpe ist zweistufig, d.h. sie hat zwei parallel geschaltete Kompressoren und verfügt über mehrere Modifikationen zur Simulation von Fehlerfällen wie z.B. der Verschmutzung von Kondensator und Verdampfer, Kältemittelverlust, u.a.

Für den Betrieb einer Wärmepumpe werden zwei Wärmereservoirs benötigt. Nachfolgend wird das kalte Reser-

voir, das als Wärmequelle dient, «Quelle» und das warme Reservoir, das als Senke dient, «Senke» genannt. Auf dem Prüfstand werden Quelle und Senke von einem je 1000 Liter grossen Speicher simuliert.

Abbildung 1 zeigt das R&I-Schema des Prüfstandes. Die Hauptbestandteile sind die modifizierte Wärmepumpe und die beiden Tanks «Quelle» und «Senke». Mit den Pfeilen werden die übertragenen Leistungen angezeigt. Um die Quelle vor dem Auskühlen zu bewahren, wird ein Teil der Heizleistung über den Transferwärmetauscher WT1 zurückgeführt. Die überschüssige Energie wird über einen Wärmetauscher mit Hilfe von Kühlwasser aus der Aare abgekühlt. Ziel ist es, die Temperaturen auf vorgegebenen Werten zu halten, trotz der Belastung durch die getaktete Wärmepumpe.

Errichtung des Prüfstandes

Begonnen wurde mit der Planung und der Auslegung der Komponenten im Herbst 2016 in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner. Anschliessend konnte im Frühjahr 2017 der Prüfstand errichtet werden. Die Aufbauarbeiten



Abbildung 2: Prüfstand im Laborgebäude der FHNW in Brugg-Windisch

wurden von der Firma Graf Haustechnik AG durchgeführt. Danach wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit im Studiengang Systemtechnik die Sensoren und Aktoren installiert und die Steuerung programmiert. Aufgebaut ist der Prüfstand im Erdgeschoss des Gebäude 2 der Fachhochschule Nordwestschweiz in Brugg-Windisch gemäss der Abbildung 2.

Regelung

Konstante Eintrittstemperaturen auf der Quellen- und Senkeseite der Wärmepumpe bilden die Ausgangslage für die Entwicklung der Diagnose-Software. Die Herausforderung besteht darin, dass die verschiedenen Regelkreise gekoppelt sind. Durch das Verwenden der relativ kleinen Speicher und den getakteten Betrieb der Wärmepumpe verhält sich das System sehr dynamisch. Mit Hilfe von regeltechnischen Prinzipien wie Vorsteuerungen und Störgrössenaufschaltungen wird die Regelung optimiert. Dabei werden kennlinienbasierte Methoden angewendet.

Ausblick

Der nächste Schritt ist das Durchführen von Testsequenzen auf dem Prüfstand. Dabei wird das Verhalten der Wärmepumpe je nach Betriebspunkt und Fehlerfall aufgezeichnet. Die erhaltenen Daten werden nun als Trainingsdaten für das Teaching der Diagnose-Software verwendet. Eine Validierung der Diagnose-Software findet mit Hilfe von parallel durchgeführten Feldtests statt.

Referenzen

- [1] F. Berger, „Schlussdokumentation P6 Automatisierung eines Wärmepumpen-Prüfstandes,“ FHNW Institut für Automation, 5210 Windisch, 2017.
- [2] H. Amport, „Auslegung und Aufbau eines Wärmepumpen-Prüfstandes,“ FHNW Institut für Automation, 5210 Windisch, 2017.
- [3] D. Treyer und D. Zogg, „Model and Expert Knowledge Based Fault Diagnosis for a Heat Exchanger,“ IEEE, Nice, France, 2013.
- [4] A. Elmiger, „Zustandsbasierte Wartung von Wärmepumpen mit quasistationären Methoden,“ FHNW, Windisch, Schweiz, 2016.

Projektteam

Prof. Dr. David Zogg, Dozent, Projektleiter, david.zogg@fhnw.ch
 Andreas Elmiger, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand, andreas.elmiger@fhnw.ch
 Hannes Amport, Masterstudent und Wissenschaftlicher Assistent, hannes.amport@fhnw.ch
 Florian Berger, Student Systemtechnik

Auftraggeber

Dr. Stefan Irmisch, Viessmann (Schweiz) AG