

# **DURCHFÜHRUNG EINER KURZEN MESSKAMPAGNE ZUR EIGNUNG EINER FUNKBASIERTE HEIZUNGSSTEUERUNG ZUR DYNAMISCHEN HERSTELLUNG GLEICHER VOLUMENSTRÖME IN EINEM NICHT ABGEGLICHENEN HYDRAULISCHEN SYSTEM**

## **STELLUNGNAHME**

**Dr.-Ing. David Nestle**

**Dipl.-Ing. Holger Dittmer**

**Dipl.-Ing. Jan Kaiser**

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik, IEE  
in Kassel

Auftraggeber: eQ-3 AG in 26789 Leer

**Datum: 20.05.2020**

## 1.1 Motivation

In vielen verzweigten hydraulischen Systemen kann beobachtet werden, dass nicht alle Wärmeübergabesysteme (Heizkörper, Flächenheizsysteme) mit den zur Deckung der Raumheizlast entsprechend notwendigen Volumenströmen versorgt werden. Hieraus folgt, dass der Wärmebereitstellungsanlage nahe gelegene Heizflächen mit einem höheren, bzw. entfernt liegende Systeme auf Grund der Druckverluste im hydraulischen Verteilsystem mit niedrigeren Volumenströmen durchflossen werden. Dies führt in der Regel zu ungleichmäßig mit Wärme versorgten Räumen. Im schlechtesten Fall werden Heizkörper in entfernt liegenden Räumen erst dann ausreichend mit Wärme versorgt, wenn die Solltemperatur in nahe liegenden Räumen erreicht ist, das entsprechende Thermostatventil schließt und somit der Volumenstrom für die entfernt liegenden Räume erhöht wird. Die Überversorgung einzelner Heizkörper geht häufig mit einer höheren Rücklauftemperatur einher, welche zum einen die Effizienz von Brennwertgeräten durch Überschreiten der Kondensations-temperatur senkt, zum anderen den Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung durch häufiges Takten der Erzeuger herabsetzt.

Bestehende als auch bei neu zu errichtende Heizungssysteme müssen hydraulisch abgeglichen sein, damit es nicht zu den beschriebenen Effekten kommt. Hierbei ist für neu zu errichtende Systeme eine sachgerechte Planung bereits zielführend, in bestehenden Systemen kann nur durch zusätzliche Maßnahmen ein abgeglichenes System erreicht werden. Üblicherweise werden dabei diejenigen Massenströme an Heizflächen oder Heizstränge gedrosselt, die im Betriebspunkt kleinere Differenzdrücke als die übrigen Übergaben aufweisen. Dies kann durch Einbau und Einstellung von Strangdifferenzdruckreglern, voreinstellbaren Thermostatventilen, sowie mithilfe einstellbarer Rücklaufdrosselventile erfolgen. Grundlage für die richtige Einstellung ist dabei die Kenntnis der Druckverteilung im Netz, sowie über die einzelnen Raumheizlasten.

Den hydraulischen Abgleich von Heizungsanlagen fordern viele Gesetzes- und Regelwerke und fördern zahlreiche Programme finanziell. Der hydraulische Abgleich ist eine wesentliche Maßnahme, um Heizungsanlagen effizient und sparsam betreiben zu können. Typischerweise erfolgt der hydraulische Abgleich in der Praxis unter Auslegungsrandbedingungen, das bedeutet, der Abgleich erfolgt eigentlich nur für einen Betriebspunkt im Volllastbereich. Eine dynamische Anpassung im Teillastbetrieb der Heizungsanlage ist dagegen nur schwer möglich, unnötige Druckverluste im Teillastbereich, einhergehend mit einer höheren Pumpenenergie kann dann die Folge sein.

Mit Hilfe der FALMOT Steuerung in Kombination mit stetig regelnden Stellantrieben soll die Möglichkeit geschaffen werden, einen in der Praxis durchgeführten hydraulischen Abgleich in gleichwertiger Weise zu genügen. Dabei sollen im hydraulisch nicht abgeglichenem System die notwendigen Volumenströme durch eine intelligente Regelung umverteilt werden und somit ein dynamisch angepasster Betrieb hergestellt werden.

## 1.2 Thema und Ziele des Vorhabens

Zur Bewertung des FALMOT-Systems hinsichtlich der Fähigkeit in einem hydraulisch nicht abgeglichenen System zwei identische Räume ausreichend mit Wärme zu versorgen, sowie die Nachteile in nicht abgeglichenen System zu kompensieren, wurde am Teststand des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE) der FALMOT-Systemregler in Kombination mit motorischen Stellantrieben getestet. Dabei wurden für zwei identische Heizkreise in den Messräumen des Teststandes definierte hydraulische Ungleichgewichte hergestellt. Der Teststand mit den nun überversorgten, sowie unterversorgten Räumen wurde anschließend mit der FALMOT-Regelung ausgerüstet. Der Teststand des Fraunhofer IEE (Abbildung 1) verfügt über zwei identische 11,5 m<sup>2</sup> große Testräume (Messraum 1 + 2), welche mit einem Fußbodenheizsystem ausgestattet sind.

Die Fußbodensysteme werden mit Hilfe einer Luft/Wasser-Wärmepumpe beheizt und ggf. gekühlt. Das System beinhaltet einen Pufferspeicher, welcher bei Bedarf zugeschaltet werden kann. Ein Überblick über die hydraulische Schaltung liefert Abbildung 1.

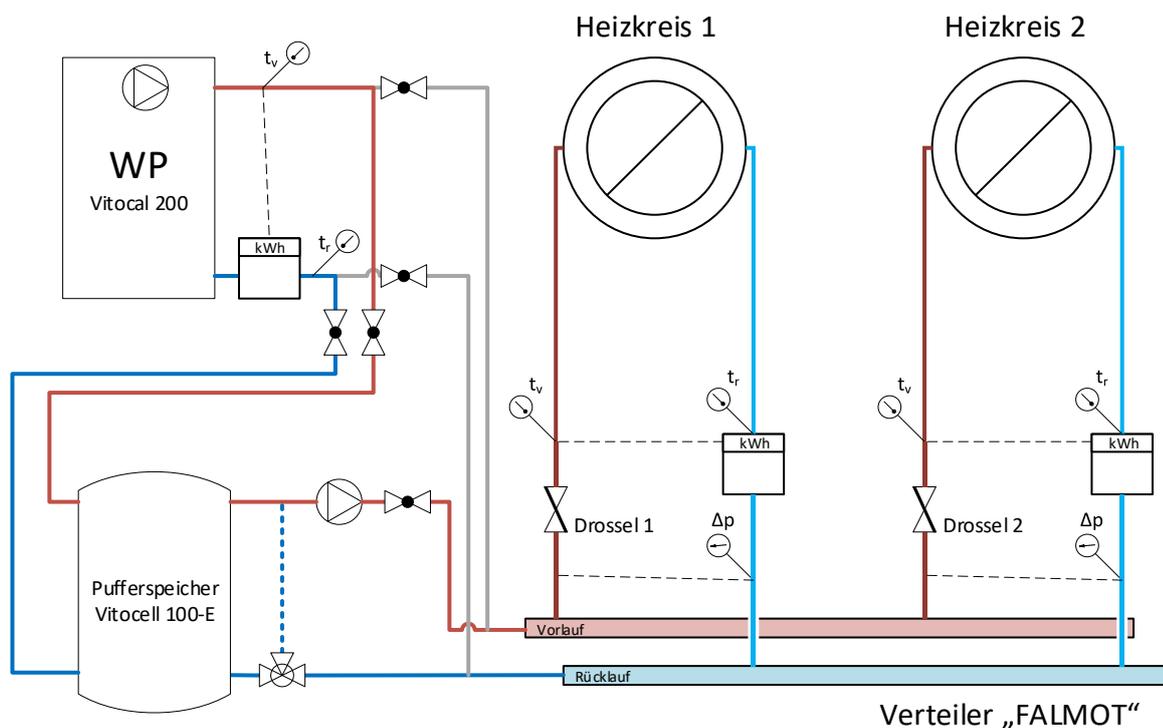


Abbildung 1: Hydraulische Schaltung des Heizsystems. Die identischen Testräume werden über Heizkreis A und Heizkreis B beheizt.

Für den Test wurde mittels voreinstellbarer Drosseln, welche in beide Heizkreise hinter dem Verteilerbalken installiert sind, ein zusätzlicher Druckverlust entsprechend einer definiert langen Rohrstrecke realisiert. Mit Hilfe zweier Differenzdruckmessungen werden die Voreinstellungen messtechnisch erfasst und kontrolliert.

## 1.3 Stellungnahme

Vom 31.03. bis zum 27.04.2020 wurden beide Testräume durch eine FALMOT-Regelung mit der Firmware 1.2.0 betrieben. Dabei war der Durchfluss der Fußbodenheizung im Messraum 1 auf 1,0 l/min, im Messraum 2 auf 2,0 l/min gedrosselt (Werte jeweils bei vollständig geöffnetem Stellventil). In einer vorhergehenden initialen Nullmessung war bereits nachgewiesen worden, dass ohne hydraulischen Abgleich im Messraum 2 ein deutlich höherer Temperaturgradient auftrat (Messraum 1: 0,81 K/h; Messraum 2: 0,87 K/h), einhergehend mit einer bleibenden Sollwertunterschreitung für den unterversorgten Raum in Höhe von rd. 1,6 K. Dabei wurden deutlich höhere Rücklauftemperaturen als im Messraum 1 beobachtet (3K Rücklaufemperaturdifferenz). Die beobachteten Effekte entsprechen somit den Auswirkungen eines nicht abgeglichenen Systems. Innerhalb der ersten Testphase wurde in beiden Räumen von 8:00 bis 22:00 eine Solltemperatur von 23°C, ansonsten eine Solltemperatur von 17°C vorgegeben (Gebäudebetrieb mit Nachtabsenkung). Weitere Messungen mit einer Variation der eingestellten Parameter (insbesondere bezüglich der Heizlast im Raum, der Vorlaufemperatur und der Sollwerttemperatur) wurden durchgeführt.

Die Messungen wurden nach folgenden Kriterien ausgewertet:

- Betriebsverhalten der beiden Heizkreise
- Gleichmäßigkeit des Volumenstroms in beiden Heizkreisen
- Gleichmäßigkeit des Aufheizvorgangs der Raumtemperatur z.B. nach Nachtabsenkung
- Zweckmäßige Einstellung/Begrenzung des Durchfluss-Momentanwertes bei Leistungsanforderungen über alle regulären Betriebszustände im Rahmen der Messungen
- Geeignetes konsistentes Regelverhalten in Bezug auf den gemäß Regelalgorithmus fallspezifisch definierten Sollwert
- Vermeidung gegenseitiger hydraulischer Störungen zwischen den abzugleichenden Strömungspfaden

Bezüglich der Angleichung der Rücklauftemperaturen, Volumenströme und der Gleichmäßigkeit des Aufheizvorgangs konnte in der Testphase innerhalb von ca. 7 Tagen eine Angleichung der Volumenströme mit Abweichungen von ca. 1,0 l/min auf ca. 0,4 l/min durch die FALMOT-Steuerung erreicht werden, auch bei den Temperaturgradienten während der Aufheizvorgänge erfolgte eine Angleichung. Die Rücklauftemperaturen beider Heizkreise weisen keine signifikanten Unterschiede auf, darüber hinaus weisen die Raumlufttemperaturen keine signifikanten Sollwertabweichungen auf. Auch bezüglich der weiteren aufgezeichneten Messgrößen waren keine Auffälligkeiten erkennbar, die die Wirksamkeit der gemessenen Lösung für einen temperaturbasierten adaptiven hydraulischen Abgleich in Frage stellen würden. Zusammenfassend zeigt sich, dass sich das System mit der FALMOT laufend an Änderungen beim Raumwärmebedarf und an unterschiedliche hydraulische Verhältnisse anpasst. Zugleich zeigen die Messergebnisse bei einer statischen Betrachtung, dass die FALMOT-Steuerung bezüglich Rücklauftemperaturen, Volumenströmen und Gradienten der Aufheizgeschwindigkeit vergleichbare Ergebnisse erzielt, die auch mit einem konventionellen hydraulischen Abgleich an seinem Arbeitspunkt erreicht werden können.

Die FALMOT-Steuerung realisiert zugleich eine Stetigregelung für Fußbodenheizungsanlagen. Im Rahmen einer Messkampagne im Jahr 2019 konnte

gezeigt werden, dass die Stetigregelung eine Vergleichmäßigung des Volumenstroms in den einzelnen Räumen bewirkt im Vergleich zum Einsatz konventioneller thermischer 2-Punkt-Regler. Sofern dies in einem konkreten System zu einer Vergleichmäßigung des Mindest-Gesamtvolumenstroms am Wärme-erzeuger führt, kann hierdurch die Fähigkeit von Wärmeerzeugern zum Modu-lieren besser genutzt werden, statt im Betrieb zu takten. Insbesondere beim Betrieb einer Wärmepumpe sind hier Vorteile zu erwarten, da jeder Einschalt-vorgang einer Wärmepumpe i.d.R. mit Effizienzverlusten verbunden ist. Durch das Vermeiden des Taktens ist zudem eine Erhöhung der Lebensdauer von Wärmepumpen zu erwarten.

Direkt die Raumtemperatur auch als Zielgröße für einen automatisierten hydraulischen Abgleich zu nutzen, erweitert diesen letztlich zu einem direkten thermischen Abgleich. Dieses Verfahren lässt deutliche Vorteile gegenüber einer konventionellen PWM-basierten Fußbodenheizungsregelung der Räume mit einem statischen hydraulischen Abgleich – mit einem fiktiven Wärmebedarf bei genau einer Außentemperatur – erwarten. Die klaren Vorteile sollten für eine Transformation in der Wärmeverteilung weg von mechanisch fest einges-tellten bzw. „rein P-geregelten“ Systemen genutzt werden.

## Zusammenfassung

Das auf Homematic IP basierende Regelsystem FALMOT stellt einen Fußbodenheizungscontroller für mehrere Heizkreise dar. Bei Änderungen des Raumwärmebedarfs können unterschiedliche hydraulische Verhältnisse in der Regelung laufend dynamisch angepasst werden. Am Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE, Kassel wurde 2020 in einer Messreihe festgestellt, dass die Steuerung in der FALMOT bezüglich Rücklauftemperaturen, Volumenströmen und Gradienten der Aufheizgeschwindigkeit mindestens ebenbürtige Ergebnisse im Vergleich zu einem konventionellen hydraulischen Abgleich an seinem Arbeitspunkt erzielt.

Darüber hinaus realisiert die FALMOT eine Stetigregelung für Fußbodenheizungen. Die FALMOT verwendet keine Thermoantriebe für die einzelnen Heizkreise, sondern steuert die Öffnung der Heizkreise in quasi-analogen Schritten mit motorischen Antrieben. Im Rahmen einer Messkampagne bei Fraunhofer IEE konnte 2019 gezeigt werden, dass die Stetigregelung der FALMOT eine Vergleichmäßigung des Volumenstroms in den einzelnen Räumen gegenüber traditionellen thermischen Antrieben bewirkt. In einer konkreten Heizanlage kann damit die Fähigkeit des Wärmeerzeugers zum Modulieren der Heizleistung besser genutzt und ein Takten des Erzeugers vermieden werden. Insbesondere bei Wärmepumpen ist jeder Einschaltvorgang in der Regel mit einer Reduktion der Effizienz verbunden. Mit dem Vermeiden vom Takten ist außerdem mit einer Erhöhung der Lebensdauer von Wärmepumpen zu rechnen.