

TECHNIK  
**HOCHSCHULE MAINZ**  
UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES

## ZUSAMMENFASSUNG MASTERARBEIT

Studiengang Technisches Gebäudemanagement

# **Entwicklung einer dynamischen, messwertbasierten Analyse einer Heizungsanlage im Zuge der Abnahme**

Hochschule Mainz  
University of Applied Sciences  
Fachbereich Technik  
Lehrinheit Bauingenieurwesen

vorgelegt von  
Yannis Hien  
Schillerstraße 53  
65582 Diez  
yannishien@gmail.com  
Matr.-Nr. 906276

## **Aufgabenstellung**

Die Klimaziele der Bundesregierung umfassen eine Reduktion des Primärenergieverbrauches im Gebäudesektor um 80% bis ins Jahr 2050. Der Klimatisierung von Gebäuden kommt dabei eine entscheidende Rolle zu. Im Heizbereich ist zur Erreichung dieser Ziele eine Kombination aus Erneuerung von Altanlagen, sowie Optimierung der Bestandsanlagen beziehungsweise optimale Betriebspunkteinstellung aller Anlagen notwendig. Durch intelligentes Gebäudemanagement (smartTOM) können bestehende Anlagen durch ein angeschlossenes Monitoringsystem optimiert werden. Ebenso ist es möglich durch Kurzzeitmessungen Fehlfunktionen in einem konkreten Betriebspunkt von Heizungsanlagen festzustellen und geeignete Gegenmaßnahmen zu treffen.

Der Ansatzpunkt der vorliegenden Masterarbeit ist jedoch der Inbetriebnahmeprozess einer Heizungsanlage und damit verbunden die Entwicklung einer dynamischen, messwertbasierten Methode zur Analyse einer Heizungsanlage im Zuge der Abnahme. Grundproblem bei der Inbetriebnahme von Heizungsanlagen ist, 1) dass nicht alle notwendigen Betriebspunkte der Heizungsanlage überprüft werden können, sondern lediglich die reine Funktionsfähigkeit der Einzelkomponenten überprüft wird, und 2) dass die Inbetriebnahme durch Verzögerungen im Bauprozess häufig unter Zeitdruck erfolgt. Zielsetzung ist es somit, ein System zu entwickeln, das in einem kurzen Zeitzyklus die unterschiedlichen Betriebszustände einer Heizungsanlage dynamisch abfragt und messtechnisch erfasst. Diese Überlegungen müssen die Komplexität und das Zusammenspiel der unterschiedlichen Systemkomponenten einbeziehen. Durch die Durchführung einer dynamischen Abnahme von Heizungsanlagen soll die Funktionsfähigkeit der Anlage in allen Betriebszuständen sichergestellt werden. Dabei steht neben dem Ziel der Energieeffizienzsteigerung und der damit verbundenen Verbrauchskostenreduzierung die Komfortsicherung im Vordergrund. Dem Nutzer soll bereits bei Betriebsbeginn eine funktionsfähige Anlage übergeben werden, bei der die Einregulierungszeit, die bei herkömmlichen Abnahmeprozessen zwei bis drei Heizperioden in Anspruch nimmt, auf ein Minimum reduziert wird und die Notwendigkeit von nachträglichen Eingriffen in die Heizungssteuerung und -regelung gemindert wird. Dadurch ist es möglich, den höheren Energieverbrauch in der Einregulierungszeit zu mindern und somit zu einem effizienteren Betrieb der Anlage beizutragen.

## **Ergebnisse**

Durch die Analyse des Abnahmeprozesses in Kombination mit der Definition relevanter Betriebspunkte wurde ein Messzyklus entwickelt, der sich in drei Messphasen gliedert.

**Messphase 1** erfasst die Verbrauchswerte im Normalbetrieb über 24 Stunden und ermöglicht Rückschlüsse auf das normale Betriebsverhalten inklusive Kesseltaktung, die Raumtemperaturentwicklung sowie die Einstellungen der Nachtabsenkung.

Dadurch sind Optimierungen in den zeitlichen Einstellungen bezogen auf die Nachtabsenkung, die notwendigen Vorlauftemperaturen und im normalen Tagesbetrieb möglich. Außerdem kann durch die Entwicklung einer Gebäudekennlinie die korrekte Dimensionierung des Kessels überprüft werden. Diese Messphase kann nur bei vorherrschenden Außentemperaturen unterhalb der Heizgrenztemperatur durchgeführt werden.

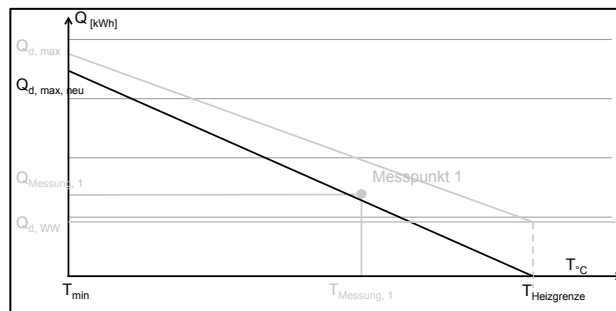


Abbildung 1 - Modifizierte, fiktive Gebäudekennlinie

Daran anschließend erfolgt nach einer ersten Optimierungs- und Auswertungsphase basierend aus den Ergebnissen der ersten Messphase die **zweite Messphase**. Diese wird über Nacht durchgeführt und simuliert nach einer Auskühlphase das Anheizverhalten des Heizungssystems und das Einregelverhalten nach Störgrößen. Die Auskühlung kann zum einen durch die Anpassung der Innen- an die Außentemperatur erfolgen, zum Anderen aber auch durch Kühlaggregate ermöglicht werden. Aus diesen automatisierten Messabläufen können Rückschlüsse auf die Regelstrecke, das Einregelverhalten und das Verhalten bei Störgrößen getroffen werden. Diese Messphase benötigt eine Dauer von circa drei Stunden und kann durch die Möglichkeit der mechanischen Kühlung unabhängig von der vorherrschenden Außentemperatur durchgeführt werden.

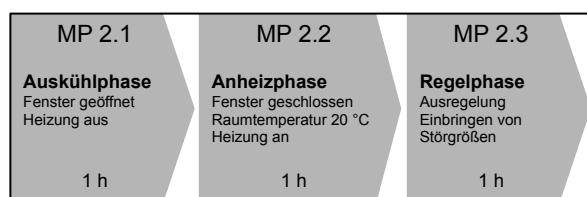


Abbildung 2 - Schematischer Ablaufplan MP 2

Ebenfalls in der Nachtperiode kann die **dritte Messphase** durchgeführt werden. Diese überprüft automatisch das dynamische Verhalten der Systemkomponenten bei der Simulation unterschiedlicher Außentemperaturen. Dabei werden Außentemperaturbereiche von -10°C bis 5°C überprüft. Dynamisch wird die Messung durch die Eigenschaft, dass bei unterschiedlichen Außentemperatursprüngen unterschiedliche Betriebszustände (Normalbetrieb, Nachtabsenkung, Anheizen, Störgrößenverhalten, Außentemperatursprünge) simuliert und das Anlagenverhalten erfasst und ausgewertet wird.

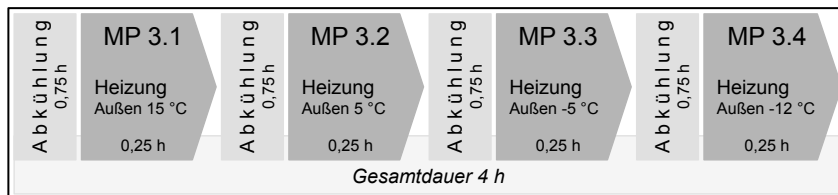


Abbildung 3 - Schematischer Ablaufplan MP 3

Mittels der Durchführung einer dynamischen, messwertbasierten Analyse ist es möglich, Rückschlüsse auf die Funktionstüchtigkeit und das Funktionsverhalten der Heizungsanlage zu ziehen und entsprechende Änderungen in der Gebäudeautomation beziehungsweise Einstellungsänderungen vorzunehmen. Dadurch wird erreicht, dass bei Nutzungsbeginn eine funktionierende Anlage zur Verfügung steht und diese in ihrem idealen Betriebspunkt arbeitet. Anzumerken ist jedoch, dass die 72-Stunden-Messung zwar eine deutliche Optimierung der Heizungseinstellungen ermöglicht und dadurch zu deutlichen Energieeinsparungen führt, ein weiteres Monitoring und entsprechend eine Anlagenoptimierung im Betrieb ist jedoch weiterhin zielführend.

Im Zuge der Anlagenoptimierung ist es notwendig durch die gewonnenen Erfahrungen eine Typfehlerdatenbank aufzubauen, die eine erleichterte Auswertung der messtechnisch erfassten Kennwerte ermöglicht.

### Ausblick

Dieser Systembaustein „smartTOM - Dynamische Abnahme von Heizungsanlagen“ ist nach dem Energiemonitoring von Bestandsgebäuden der zweite Schritt in der Entwicklung einer Überprüfung des Gesamtgebäudes. Die nächsten Entwicklungsstufen sehen vor, dass nach der Heizung die Kühlung eines Gebäudes sowie das Lüftungsverhalten dynamisch simuliert und überprüft werden können. Basierend auf den Überlegungen der Realtestverfahren von sicherheitstechnischen Einrichtungen werden zur energetisch optimalen Regelung des Gebäudes unterschiedliche reale Betriebszustände in der Inbetriebnahmephase simuliert und die Reaktion des Gebäudes messtechnisch erfasst. Dadurch kann automatisiert eine Überprüfung des Gesamtsystems „Gebäude“, das sich oftmals sehr komplex darstellt, realisiert werden. Auf dieser Basis können bereits VOR Betriebsbeginn wichtige Änderungen vorgenommen werden, die zum einen garantieren, dass das Gebäude funktioniert, und zum anderen eine optimale Ausnutzung der energetischen Ressourcen ermöglichen. Ziel des Gesamtkonzept ist es zum einen, die automatisierte Überprüfung realisieren zu können und zum anderen eine Typfehlerdatenbank aufzubauen, die eine schnelle Analyse und Optimierungsempfehlungen für die entsprechende Anlage zulässt. Dadurch leistet die dynamische Abnahme von Heizungsanlage sowie das Gesamtkonzept smartTOM einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung sowie zur zwingend notwendigen Energiewende.