

## 34 Optimierte Auslegung von Gasheizgeräten

Oder: Wie komme ich schnell und komfortabel zur Wunschtemperatur? Mathematische Optimierung verbessert Komfort und Effizienz.

Matthias Stursberg, R&D Manager bei der Vaillant GmbH in Remscheid berichtet zusammen mit Tobias Suszka und Prof. Dr. Kathrin Klamroth von der Bergischen Universität Wuppertal über ihr gemeinsames Projekt.

Wie in fast allen technologischen Bereichen wird auch die Entwicklung von Gasheizgeräten immer komplexer und aufwändiger. Numerische Simulation und mathematische Optimierung haben hier zahlreiche Anwendungen, denn schon kleine Effizienzsteigerungen können zu ganz erheblichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen führen. Dabei soll aber auch der Komfort von Warmwassergeräten nicht zu kurz kommen, denn schließlich wollen wir nicht lange warten, bis das warme Wasser aus der Dusche kommt.

Der Schlüssel dafür liegt in der Regelung der Warmwasserbereitung, also z.B. von Durchlauferhitzern für die Warmwasserbereitung für Duschen und Waschbecken. Idealerweise liefert das Heizgerät, unabhängig von der durchlaufenden Wassermenge, eine konstante Auslauftemperatur von z.B. 55°C. Diese wird dann mit dem Mischer der Dusche oder des Wasserhahns auf die Wunschtemperatur gemischt. Dabei sind einerseits zeitlich langsame Änderungen der Auslauftemperatur zu vermeiden, da sonst beim Duschen oder Händewaschen die Temperatur permanent mit dem Mischer nachgeregelt werden muss. Andererseits verursacht ein sich verändernder Wasserfluss sogenannte Temperaturüberschwinger, die den Komfort beeinträchtigen: Das Wasser wird kurz viel zu heiß – so dass man wegspringen muss – und gleich danach ist es wieder zu kalt. Das Ziel einer Optimierung ist es jetzt, mit Hilfe einer Analyse des Trade-Off zwischen den beiden Kriterien „zu schnelle“ und „zu langsame“ Regelung der Auslauftemperatur einen geeigneten Kompromiss zu bestimmen – gerade so, dass man als Nutzer weder permanent nachregeln muss, noch mit starken Temperatursprüngen zu kämpfen hat.

Hierfür werden *evolutionäre multikriterielle Optimierungsverfahren* (EMO) eingesetzt. Diese ahmen den aus der Biologie bekannten Evolutionsprozess nach. Es wird eine Population von Lösungen erzeugt, die durch Selektion, Mutation und Rekombination in eine neue Population überführt wird. Diese Nachfolgeneration sollte wegen des Selektionsdrucks bessere Lösungen enthalten. Das Verfahren läuft über mehrere Generationen, bis ein zufriedenstellendes Ergebnis gefunden wurde oder keine Verbesserungen mehr erzielt werden. Die Selektion, also das Bewerten einer Lösung, erfolgt anhand von Simulationsmodellen. Dabei wird das Verhalten des jeweiligen Geräts unter repräsentativen Lastzyklen vorhergesagt. Auf diese Weise erhält man eine Approximation der sogenannten Pareto Front. Die Pareto Front enthält alle Lösungen, die sich nicht gleichzeitig bezüglich beider Ziele verbessern lassen. D.h. eine Verbesserung in einem Ziel bewirkt zwangsläufig eine Verschlechterung im anderen Ziel.

Abbildung 43 zeigt das Ergebnis einer solchen Optimierung basierend auf einem generischen Simulationsmodell. Im unteren Teil der Grafik ist die approximierte Pareto

Front dargestellt. Jeder Punkt entspricht einer Lösung. Für jede Lösung werden der Wert der Gesamtabweichung und der Wert des Überschingers gegenübergestellt. Die Gesamtabweichung ist die über die Zeit integrierte Abweichung von der Wunschttemperatur, und der Überschinger ist die größte Abweichung von der Wunschttemperatur. Beides soll möglichst klein sein: Sowohl die Gesamtabweichung von der Wunschttemperatur als auch der Überschinger. Man erkennt, dass jedoch nicht beides gleichzeitig erreicht werden kann – die perfekte Lösung ist nicht möglich und wir müssen einen geeigneten Kompromiss finden. Genauer gibt es hier einen Trade-Off zwischen beiden Optimierungszielen: Will man die Gesamtabweichung reduzieren, so geht das nur auf Kosten eines zunehmenden Überschingers. Exemplarisch sind für drei Lösungen (A, B und C) auch die zugehörigen Temperaturverläufe mit jeweils zwei Lastwechseln dargestellt, die die jeweiligen Vor- bzw. Nachteile zeigen.

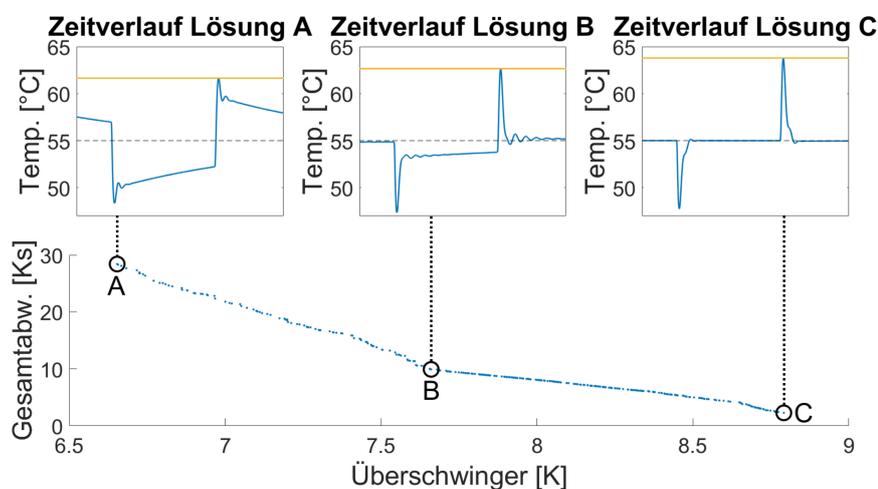


Abbildung 43: Alternative Regelungen eines Durchlauferhitzers und ein guter Kompromiss zwischen schneller und komfortabler Wassererwärmung

Optimierungsprobleme treten natürlich auch in vielen anderen Bereichen der Heizgeräteentwicklung auf. Im Rahmen von gemeinsam betreuten Abschlussarbeiten und Promotionen wurden und werden aktuelle Fragestellungen mit modernen und an die jeweilige Problemstellung angepassten Methoden behandelt. So wurden u.a. im Rahmen von Masterarbeiten die Parameter von Simulationsmodellen optimiert festgesetzt, um die Qualität und Vorhersagekraft der Simulationen möglichst gut an die im Labor gemessenen Daten (Abbildung 44) anzupassen. Zukünftig werden auch zunehmend KI-Methoden zum Einsatz kommen, z.B. wenn es um die optimierte Reihenfolgeplanung von Messzyklen geht.



Abbildung 44: Ein Messstand im Labor der Vaillant GmbH (Foto: Mike König, Remscheid)