



## Heizsysteme in Bürogebäuden optimal betreiben

Automatisierte Fehlererkennung und -analyse verbessert den laufenden Gebäudebetrieb



*Verschiedene Institute, Universitäten und Beratungsunternehmen forschen seit 2010 an der Vision, den Betrieb größerer Gebäude automatisiert zu optimieren. Dazu entwickelten sie Verfahren zur Einregulierung und Überwachung haustechnischer Systeme – zunächst für große Wärmeversorgungsanlagen. Diese werden zurzeit in sieben Büro- und Schulgebäuden eingesetzt und laufend evaluiert. Ziel ist eine deutliche Energie- und Kosteneinsparung sowie ein höherer Nutzungskomfort im Gebäude.*

Das Sparpotenzial im Gebäudebestand ist riesig. Allein durch verbesserte Steuerung und Regelung der Haustechnik können bis zu 30 % des gesamten Endenergieverbrauchs eingespart werden. Oft reichen schon einfache Maßnahmen aus, wie z. B. die Anpassung von Zeitprogrammen für den Anlagenbetrieb, die korrekte Einstellung von Heiz- und Kühlkurven oder die Anpassung von Pumpenleistungen. Dennoch ist es häufig mühsam und zeitintensiv, solche Einsparpotenziale auch zu erkennen – vor allem, wenn die notwendigen Messdaten nicht verfügbar oder nicht aufbereitet sind. Nach der Errichtung großer Verwaltungs- oder Betriebsgebäude mit komplexen Wärmeversorgungssystemen und Nutzungen werden die Zielwerte der Planung im Betrieb häufig nicht erreicht. Vielfach kommt es auch zu zeitweiligen Unter- und Überversorgungen. Zwar könnten über die Leittechnik und die Gebäudeautomation Betriebsdaten in großem Umfang zur Verfügung gestellt werden, in der Praxis ist deren Übermittlung zur weiteren Datenauswertung oft jedoch mit größerem Aufwand verbunden. Zudem fehlen den Hausmeistern oder technischen Leitern häufig die nötigen Ressourcen für eine ganzheitliche Betriebsüberwachung. Hinzu kommt: Die bestehenden haustechnischen Systeme wurden meist nicht für eine gewerkeübergreifende Betriebsanalyse entworfen; und für ihre Optimierung gibt es noch keine einheitliche Systematik.

---

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)

---

## Die Rolle der Gebäudeautomation

Für die Einregulierung und ein anschließendes kontinuierliches Monitoring bedarf es Daten aus dem Betrieb. Die Gebäudeautomation ist dafür in neuen Gebäuden oder bei umfassenderen Sanierungen die beste Quelle, da sich Betriebsdaten hier weitgehend ohne zusätzliche technische Infrastruktur erfassen lassen. Sie ist Gehirn und Nervensystem eines Gebäudes, welches die Funktionen technischer Anlagen mit komplexen Regelstrategien steuern kann. Der sichere Zugriff auf die Daten dieser Systeme in einem historischen Datenspeicher ist für den Bauherrn, den Gebäudebetreiber und die Experten für Qualitätssicherung wie der Blick in die Krankenakte eines Patienten: Hier muss jederzeit und uneingeschränkt Einsicht genommen werden können. Die Prüfung umfasst prinzipiell auch die Funktionen der Gebäudeautomation selbst. Damit die Qualitätssicherung auch tatsächlich erfolgt, ist darauf zu achten, dass die für die Überprüfung der Ziele notwendigen Maßnahmen realistisch und umsetzbar sind.

## Werkzeuge für den energieeffizienten Gebäudebetrieb

Im Rahmen des Förderprogramms „Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB) trägt ein Kooperationsprojekt des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie noch bis Ende 2013 dazu bei, diese Optimierungspotenziale zeitnah zu erkennen und dauerhaft zu erschließen. Das Projekt „Modellbasierte Qualitätssicherung“ (ModQS) erforscht Verfahren und Instrumente für den Gebäudebetrieb der Zukunft. Dazu werden Verfahren zur Einregulierung und Überwachung haustechnischer Systeme auf Grundlage möglichst vieler gemessener Betriebsdaten entwickelt. Um ein praxistaugliches Verfahren zu erhalten, wird auch untersucht, welche Messdaten für die unterschiedlichen Optimierungsschritte benötigt werden. Die vielfältigen Ansätze werden derzeit in sieben größeren Büro- und Schulgebäuden erprobt.

Der in Abbildung 2 dargestellte Verfahrensablauf zur Fehlerbehebung und späteren Betriebsüberwachung zeigt die Herangehensweise. Zunächst werden Daten wie Durchflüsse, Drücke, Stellung von Reglern, Drehzahlen von Pumpen und zusätzliche Verbrauchsinformationen – eventuell auch mit mobilen Messgeräten – gemessen. Anschließend wird mit Hilfe von Modellen entschieden, welche dieser Informationen für die spätere Betriebsüberwachung notwendig sind. Für diese Daten werden Regeln für ein frühzeitiges Entdecken von Abweichungen gegenüber dem Sollverhalten entwickelt. Auf Grundlage eines Modells und einer dynamischen Simulation werden die Charakteristika der installierten Heizanlage ermittelt und die Reglerparameter entsprechend den Messergebnissen kalibriert (z. B. die Druckverteilung in einem hydraulischen System). Daraufhin sollte eine kontinuierliche Betriebsüberwachung erfolgen, um so einen langfristig energieeffizienten Betrieb sicherzustellen.

## Optimierte Mehrkesselregelung im LANUV Düsseldorf

Im 1981 erbauten Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen war es notwendig geworden, die Regelung der Mehrkesselanlage ohne hydraulische Weiche zu optimieren. Ein mangelhafter hydraulischer Abgleich der statischen Heizflächen und defekte Thermostatventile sorgten für hohe Volumenströme bei geringer Temperaturspreizung. Die Sollvor-



Abb. 1 Betriebsüberwachung und Fehleranalyse der Heizanlage LANUV Düsseldorf.  
Quelle: Plenum

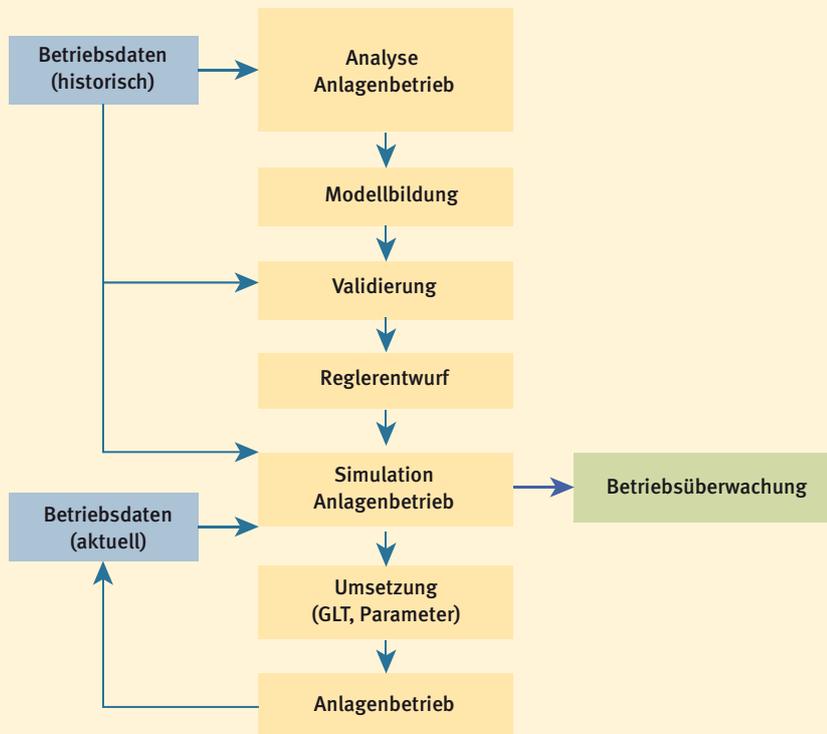


Abb. 2 Methodischer Ablauf der Fehlerbehebung und Optimierung.  
Quelle: Plenum

laufftemperatur konnte zunächst nicht eingehalten werden, die Wärmeverbraucher waren somit unterversorgt. In der Folge gab es Beschwerden der Mitarbeiter. Zusätzlich wurde beobachtet, dass Kessel sehr häufig starteten, was zu hohem Verschleiß, großer thermischer Belastung und überhöhtem Verbrauch führte.

Die Liegenschaft umfasst ein Verwaltungshochhaus, zwei Laborgebäude sowie Werkstattgebäude und Garagen. Die Wärmeversorgung der Gebäude erfolgt über eine Mehrkesselanlage, die sich im Dachgeschoss des Hochhauses befindet – zwei Gas-Brennwertkessel mit 370 und 720 kW sowie ein Niedertemperaturkessel mit 780 kW Leistung. Die beiden Brennwertkessel sollen die Normalversorgung übernehmen; nur bei großer Wärmeabnahme geht der Niedertemperaturkessel in Betrieb. Alle Kessel sind mit modulierenden Brennern ausgerüstet. Eine einzige volumenstromgesteuerte Heizpumpe versorgt vier Verteiler. Die Wärmeabgabe erfolgt sowohl über Heizflächen als auch über Lüftungsanlagen. Die Heizkessel übernehmen auch



## Was heißt hier Betriebsoptimierung?

Die energetische Betriebsoptimierung umfasst alle für den Gebäudebetrieb relevanten Bereiche, von der aussagekräftigen Funktionsbeschreibung bis zum effektiven Energiemanagement, vom Mängelmanagement bis zur Nutzerschulung. Neben der Energieeffizienz wird auch untersucht, ob das Raumklima der Leistungsfähigkeit der Nutzer zuträglich ist. Der Gebäudebestand ist in seinen Anforderungen deutlich komplexer als der Neubau. Neben einer reinen Betriebsoptimierung müssen z. B. eine Instandsetzung, der Austausch einzelner Komponenten, die Nachrüstung einer Gebäudeautomation, die Erneuerung einzelner Anlagen oder die Sanierung bzw. sogar der Rückbau des gesamten Gebäudes in Betracht gezogen werden. Erst nachdem der Weg feststeht, sollten Investitionen in eine Monitoring-Infrastruktur erfolgen.

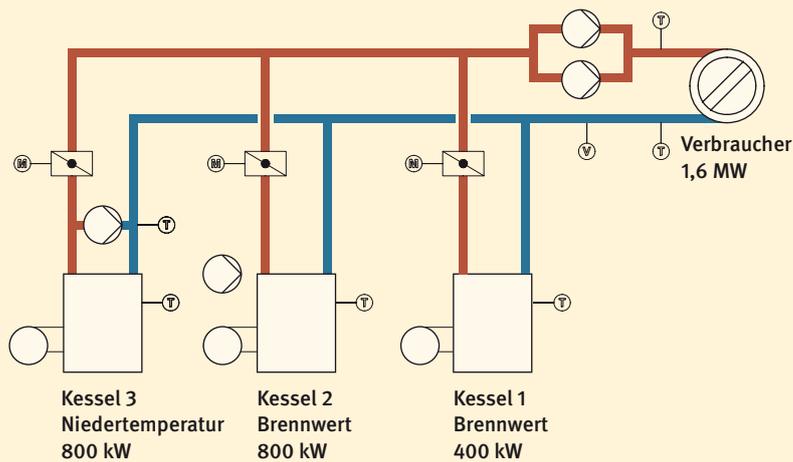


Abb. 3 Vereinfachtes Schema der Mehrkesselanlage im LANUV Düsseldorf.  
Quelle: Plenum

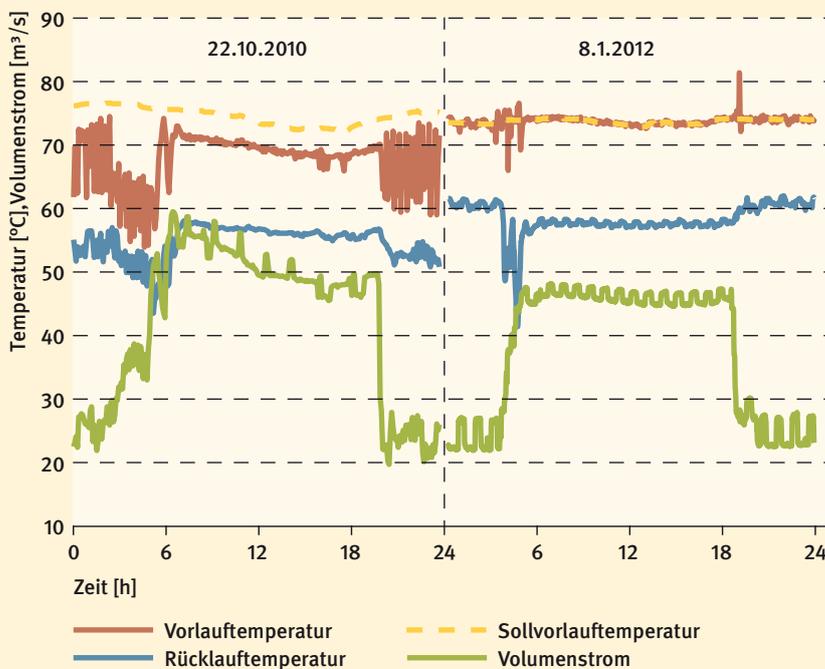


Abb. 4 Vergleich alter und neuer Anlagenbetrieb: Nach der Optimierung wird die gewünschte Vorlauftemperatur eingehalten. Quelle: Plenum

die Warmwasserbereitung für die Kantine und die Labore. Die letzte Modernisierung der Anlage fand 2006 statt. Die Gaskessel wurden erneuert, die Verteilung vereinfacht und die aktuelle Gebäudeleittechnik installiert. Im Ergebnis verringerte sich die Erzeugungsleistung von 3 MW auf 1,9 MW. Im Winter 2011/2012 begaben sich die Forscher an die Betriebsüberwachung und fanden dabei zum Teil gravierende Fehler: So entsprachen die Brennerleistungen nicht den erwarteten Werten, die Modulationsbereiche wurden nicht genutzt und die Kessel-Temperaturwächter waren zu niedrig eingestellt. Auf Grundlage umfangreicher Messungen wurde modellbasiert ein zentraler Regler entworfen und der gesamte Anlagenbetrieb simuliert. Eingangsgrößen der Simulation waren die gemessenen Volumenströme, Außentemperaturen und Wärmeverbräuche. Reglerentwurf und Reglersimulation erfolgten mit der Software Matlab/Simulink. Durch die neue Regelung sollte die vorgegebene Vorlauftemperatur ohne eine Änderung der Brenner – jedoch mit möglichst wenigen Brennerstarts – und ohne einen hydraulischen Abgleich der Verbrau-

## Von ModBen zu ModQS

ModQS setzt auf den Ergebnissen des Forschungsprojekts ModBen am Fraunhofer ISE auf. Mit ModBen wurde ein Verfahren und zugleich Werkzeug für die Analyse und Optimierung energetischer Probleme im Gebäudebetrieb entwickelt. Dabei sind typische Probleme der Praxis berücksichtigt – wie geringe Datengrundlage und Kostenbeschränkungen. ModBen ist in der Lage, weitgehend automatisiert mögliche Einsparpotenziale zu identifizieren und den optimierten Betrieb zeitnah zu überwachen. Es wurde jedoch deutlich, dass zur Einregulierung und Optimierung haustechnischer Systeme, wie z. B. einem hydraulischen Verteilungssystem, weitere Analysen notwendig sind. ModQS hat die Aufgabe, die ModBen-Verfahren um solche zur messwertbasierten Einregulierung und Betriebsüberwachung sowie den modellgestützten Betrieb von Wärmeerzeugern zu erweitern. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Systemen zur Wärmebereitstellung, -übergabe und -verteilung in bestehenden sog. Nicht-Wohngebäuden.

cher eingehalten werden. Dies erforderte ein spezielles Reglerkonzept. Denn herkömmliche Kesselgeschaltungen lieferten in dieser Anlage kein zufriedenstellendes Ergebnis. Im April 2011 wurde der neue zentrale Regler durch die Firma Neuberger in Betrieb genommen. Die Parameter wurden aus den vorherigen Einstellungen der Heizungsanlage und den Simulationsergebnissen übernommen. Der Anlagenbetrieb funktionierte nach ersten Anpassungen reibungslos. Im aktuellen Anlagenbetrieb wird die gewünschte Vorlauftemperatur eingehalten (Abbildung 4); die Anzahl der Brennerstarts wurde um den Faktor 10 gesenkt.

Die Erfahrungen mit dem Demonstrationsgebäude des LANUV in Düsseldorf zeigen: Das entwickelte Verfahren funktioniert auch bei Verzicht auf eine hydraulische Entkopplung zwischen Erzeuger und Verbraucher. Mit der Simulation lassen sich mögliche Fehler erkennen und schon im Vorfeld beheben. Im späteren Betrieb ermöglicht sie zudem eine schnelle Überprüfung und Fehleranalyse, kann also für eine automatische Überwachung des Anlagenbetriebs genutzt werden.



## Heizungsoptimierung in der Praxis

*In Bestandsgebäuden findet man vielfach neben gar nicht oder schlecht gedämmten Gebäudehüllen sogenannte „Hochtemperatur-Heizungen“ vor. Auch die Auslegung der Verteilsysteme und Heizungsumwälzpumpen ist oft mangelhaft; die Durchflusswerte der eingesetzten Thermostatventile sind vielfach zu hoch und der hydraulische Abgleich in weniger als 10 % der Anlagen vorhanden. Nur knapp die Hälfte der Thermostatventile lässt sich überhaupt voreinstellen.*

*Um das Heizsystem optimal einzustellen, sind drei Maßnahmen erforderlich: Der hydraulische Abgleich an den Heizkörpern durch Wassermengenbegrenzung an Thermostatventilgehäusen oder Rücklaufverschraubungen, der Einbau elektronisch geregelter Pumpen und deren sachgerechte Ansteuerung sowie die Einstellung der Vorlauftemperatur am zentralen Regler. Durch diese Maßnahmen kann der Pumpenstromverbrauch um 70 – 95 % gesenkt werden. Außerdem wird erst durch einen hydraulischen Abgleich die Voraussetzung für eine Brennwertnutzung geschaffen, deren Einsparpotenzial bei schon vorhandenen Brennwertkesseln bis zu 11 % betragen kann.*

*Im Neubau ist der hydraulische Abgleich eigentlich verpflichtend, doch in der EnEV 2014 sollte er nachdrücklich eingefordert werden. Die KfW Bank und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fordern ihn zumindest im Rahmen ihrer Förderprogramme für Bestand und Neubau.*

*Das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unterstützte Forschungsprojekt »Optimus« hat Heizungsanlagen in 92 Wohngebäuden – Ein- und Mehrfamilienhäusern verschiedener Baualtersklassen – unter die Lupe genommen. Bei fast allen Anlagen konnte die Regelung besser auf die Anlage abgestimmt und die Vorlauftemperatur gesenkt werden. Auch die Pumpenleistung konnte in vielen Fällen herabgesetzt werden. Um die vielen dafür nötigen Daten aufzunehmen, war allerdings eine Begehung jedes beheizten Raumes vor Ort nötig. Für große Liegenschaften mit komplexer Wärmeversorgung könnten auch deshalb automatisierte Verfahren der Anlagenoptimierung künftig eine Option sein. Allerdings ist der besondere Aufwand für die Modellbildung und technische Umsetzung gegenüber einer „profanen“ Heizungsoptimierung vor Ort abzuwägen. Notwendig ist auch eine Vereinfachung und Standardisierung automatisierter Verfahren. Denn erst damit lassen sich akzeptable Nutzen-Kosten-Relationen erreichen.*

## Projektorganisation

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)  
11019 Berlin

Projekträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Rolf Stricker  
52425 Jülich

Förderkennzeichen  
0327893A

## Impressum

ISSN  
0937 - 8367

Herausgeber  
FIZ Karlsruhe GmbH · Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autor  
Uwe Friedrich

Titelbild  
Plenum

Urheberrecht  
Eine Verwendung von Text und Abbildungen aus dieser Publikation ist nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion gestattet. Sprechen Sie uns an.

## Projektbeteiligte

- » **Projektkoordinierung, Verfahrensentwicklung:** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, Sebastian Herkel, Nicolas Réhault, Sebastian Burhenne, Felix Ohr
- » **Datenerfassung, und -messung, Umsetzung in Demogebäuden:** Plenum, Hamburg, Dr. Arnold Harmsen, Erik Sewe
- » **Entwicklung von Hard- und Software:** ennovatis GmbH, Großpösna, Arkadius Zuzel, Prof. Dr. Fritz Schmidt
- » **Entwicklung der Verfahren zur Gebäude-Einregulierung:** Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Georg Pangalos, Prof. Dr. Gerwald Lichtenberg
- » **Wissenschaftliche Beratung zu Modellierung und Regelungstechnik:** Henze Energy Consulting, Boulder, Colorado
- » **Öffentlichkeitsarbeit, Workshops:** Energieagentur Regio Freiburg GmbH

## Links und Literatur

- » [www.modqs.de](http://www.modqs.de) | [www.enob.info/de/betrieboptimierung](http://www.enob.info/de/betrieboptimierung) | [www.optimus-online.de](http://www.optimus-online.de)

## Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Wenn Wetterprognosen die Heizung steuern. BINE-Projektinfo 14/2011
- » Gebäude energieeffizient betreiben. BINE-Themeninfo 1/2010
- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter [www.bine.info](http://www.bine.info) im Bereich Publikationen/Projektinfos.
- » BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter [www.bine.info/abo](http://www.bine.info/abo)

## Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?  
Wir helfen Ihnen weiter:

**0228 92379-44**

**BINE Informationsdienst**  
Energieforschung für die Praxis  
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197  
53113 Bonn  
Tel. 0228 92379-0  
Fax 0228 92379-29  
[kontakt@bine.info](mailto:kontakt@bine.info)  
[www.bine.info](http://www.bine.info)

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages