

Monitoring und Automatisierung im Gebäudebestand

Thomas Bernard¹, Andreas Jacobasch¹, Katharina Plagge²,
 Klaus Wolfrum³, Mark Menzel³, Harald Garrecht⁴, Christian Blatt⁴

¹Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Karlsruhe

²Bosch Thermotechnik, Wernau

³Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, Fakultät Elektro- und Informationstechnik, Karlsruhe

⁴Universität Stuttgart, Institut Werkstoffe im Bauwesen

Kurzfassung

Da jährlich nur etwa 1 % des gesamten Gebäudebestands saniert wird, gibt es in Deutschland noch viele unsanierte Altbauten. Im Rahmen des EnOB Projektes E-MonAut wurden daher Maßnahmen zur Optimierung der Betriebsführung untersucht, die mit relativ geringem Investitionsvolumen einen vergleichsweise großen Beitrag zur Senkung des Endenergiebedarfs und damit der CO₂-Emissionen erwarten lassen. Gleichzeitig wird mit dem E-MonAut-Betriebsführungskonzept die Bausubstanz aktiv geschützt (z. B. Vermeidung von Schimmelbefall) sowie die individuellen Nutzerbedürfnisse (Komfort- und Ökonomiekriterien, Informationsbedarf) berücksichtigt. Die neuen Konzepte und Technologien werden in mehreren Wohneinheiten eines Gebäudes in Stuttgart erprobt. Webseite: www.emonaut.de

Ansatz und Systemkonzept

Auch wenn Heizen und Lüften für die meisten Menschen selbstverständlich ist, lässt sich der optimale Betrieb von Heizung und Lüftung oftmals nur schwer realisieren. Optimal heißt dabei, dass dem Komfortbedürfnis der Menschen Rechnung getragen wird, dies aber mit möglichst wenig Heizenergie realisiert wird. Folgende Schwierigkeiten bestehen immer noch: Heizung und Lüftung werden bisher weitgehend unkoordiniert und nicht hinreichend bedarfsgerecht betrieben. So kommt es nach

energetischen Sanierungen bei ca. 40 % der Objekte zu Schimmelbefall. Die Nutzer erhalten nur ein unzureichendes Feedback in sehr großen Zeitabständen bzgl. der Kosten des Betriebs von Heizung und Lüftung. Ein großer Anteil von Heizungsanlagen ist energetisch suboptimal eingestellt, da die Nutzer mit der optimalen Einstellung in der Regel überfordert sind. Die Witterungsführung der Heizung führt nicht zu einer guten Abschätzung des tatsächlichen Heizbedarfs, da entscheidende Parameter (bauphysikalische Parameter, sensorielle Erfassung der solaren Gewinne, der Luftqualität und Luftfeuchte) nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden.

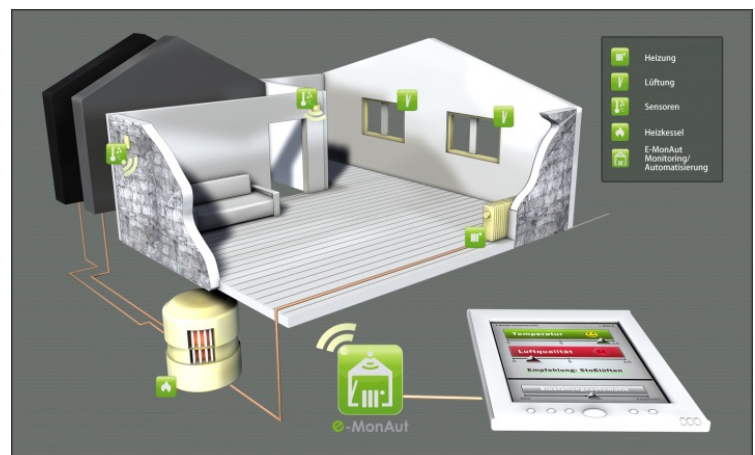


Abb. 1 E-MonAut Systemkonzept

Diese Probleme wurden im Projekt E-MonAut angegangen: Es wurden Konzepte zur Unterstützung der Anwender beim Betrieb von Heizung und Lüftung durch übergreifende Monitoring- und Automatisierungskonzepte entwickelt und prototypisch realisiert.

Übergreifend heißt dabei, dass die Konzepte sowohl gebäudeübergreifend (d. h. Berücksichtigung der Kopplung der Räume sowie der Gebäudehülle) als auch gewerkeübergreifend (Heizung, Wärmemessdienste, Lüftung) angelegt sind. Es wurden zum einen Software sowie funkbasierte Stellventile, welche die Ventilposition (0 ... 100%) melden, zur Anpassung der Vorlauftemperatur an den tatsächlichen Wärmebedarf entwickelt. Zum anderen wurde ein Modul zur automatischen Anpassung der Raumtemperatur und Luftwechselrate in Abhängigkeit von Anwesenheit, dem aktuellen Luftzustand innen und außen sowie der individuellen Komfort-Ökonomie-Priorisierung des Nutzers realisiert (Abb. 2, Abb. 3). Es wurde eine intuitive Bedienoberfläche auf einem Tablet-PC realisiert. Eine sehr einfache Bedienung des Systems wird über einen Kosten-Komfort-Schieber ermöglicht. Über den Tablet-PC (siehe Abb. 4) können zudem Informationen über den aktuellen und vergangenen Heizverbrauch angezeigt.

Es wurden online mitlaufende Modellkomponenten entwickelt zur Simulation bzw. Prädiktion des Raumluftzustands, von Transmissions- und Lüftungsverlusten, der Wechselwirkung von Innen- und Außenluft beim Lüften, des Temperaturprofils der Wand (Mehrschichtenmodell) sowie Behaglichkeitskriterien (empfundene Temperatur, Luftqualität, relative Feuchte, Zegerscheinungen). Sollwerte und Empfehlungen zu Heizung und Lüftung werden berechnet und ausgegeben.

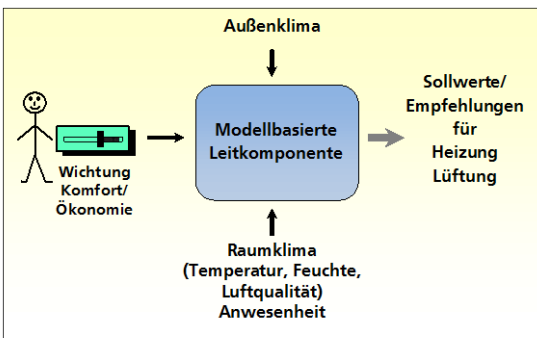


Abb. 2 Basierend auf Messdaten von Innen- und Außenklima, einer Komfort-Priorisierung des Nutzers sowie modellgestützten Komponenten werden

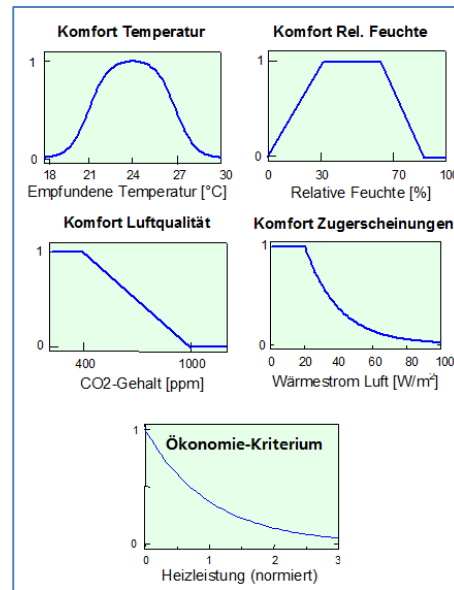


Abb. 3 Das E-MonAut-System berücksichtigt verschiedene Komfort- und Ökonomiecriteria bei der Vorgabe von Heizungs- und Lüftungssollwerten

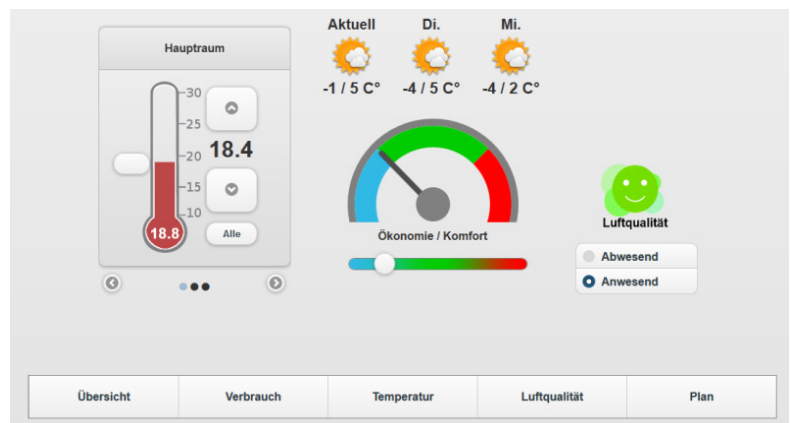


Abb. 4 Intuitive Visualisierung und Bedienung über Tablet PC

Das E-MonAut-Konzept wurde zunächst anhand eines Gebäudemodells unter Matlab/Simulink sowie TRNSYS in Simulationen untersucht und optimiert. Es wurde in mehreren Wohneinheiten eines Gebäudes in Stuttgart evaluiert (Abb. 6). Dazu wurden in den Wohnungen Sensormodule zur Messung des Raumklimas und der Anwesenheit (siehe Abb. 5) sowie Wärmemengenzähler und eine Wettermessstation installiert.

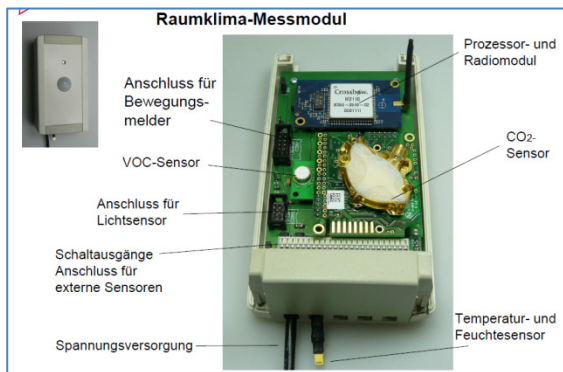


Abb. 5 Raumklima-Sensormodul zur Messung der Temperatur, Luftfeuchte, Luftqualität (CO₂ und VOC) sowie Anwesenheit (Bewegungsmelder). Die Anbindung erfolgt Funk-basiert.

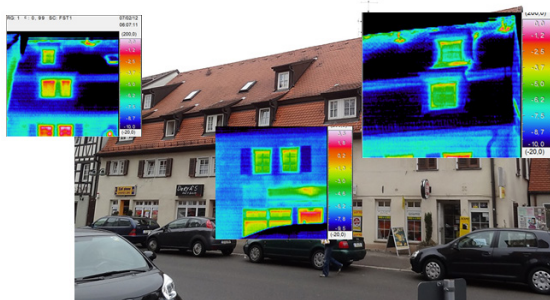


Abb. 6 Demonstratorgebäude in Stuttgart mit Infrarot-Messungen zur Erfassung des energetischen Istzustands

Herausforderungen

Bei Installation von neuen Sensoren im Gebäudebestand wird das Verlegen von Kabeln kaum akzeptiert. Daher sind im Gebäudebestand Funk-basierte Sensoren vorteilhaft. Der Aufbau von robusten, Funk-basierten Sensor-Netzwerken, welches im E-MonAut Konzept notwendig ist, ist jedoch in der Praxis bisher kaum erprobt. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass im Gebäudebestand oftmals historisch gewachsene, heterogene HLK-Anlagentechnik vorzufinden ist. Häufig liegen zudem keine detaillierten Pläne bzw. genauen Informationen über die installierten Heizungsrohre vor. Dadurch wird ein hydraulischer Abgleich erschwert.

Das Demonstratorgebäude beinhaltet Wohn- und Gewerbeeinheiten, die teils durch Eigentümer und teils durch Mieter genutzt werden. Die Umsetzung

von Maßnahmen müssen durch den Verwalter mit der Eigentümergemeinschaft abgestimmt werden. Mieterwechsel im Lauf des Projekts und damit verbundene Änderungen in der Nutzung machten immer wieder Anpassungen an die neuen Gegebenheiten notwendig. Weiterhin steht das Gebäude unter Denkmalschutz, was den Handlungsspielraum für Sanierungsmaßnahmen (z. B. Mauerdurchbrüche für kontrollierte Lüftung) zusätzlich einschränkt. Das Heizungssystem besteht aus einem Einrohr-Heizsystem und einem konventionellen Gas-Kessel aus dem 1980er Jahren. Die Gebäudehülle wurde in den 1980er Jahren mit Teilwärmeschutz versehen.

Kompatibilität

Bei der prototypischen Realisierung der zusätzlich installierten Systeme zur Messdatenerfassung und Benutzerinteraktion wurde Wert gelegt auf eine sinnvolle Modularisierung und klare Definition der Programm- und Datenschnittstellen. Die im Rahmen des Projekts entwickelten Konzepte sind dadurch je nach Zahl der vorhandenen Wohn- bzw. Gewerbeeinheiten skalierbar und für eine Vielzahl von Gebäuden im Bestand anwendbar.

Ennergieeffizienzpotential

Durch den bedarfsgerechten und koordinierten Betrieb von Heizung und Lüftung können erhebliche Mengen Energie gespart werden. Das E-MonAut-Konzept ist daraufhin ausgerichtet, mit geringem Investitionsaufwand und ohne umfassende energetische Sanierung der Gebäudehülle eine möglichst große Energieeinsparung zu erzielen. Die Maßnahmen wurden daher im Wesentlichen auf die Optimierung der Heizungstechnik beschränkt. Hierzu gehören beispielsweise der Einsatz einer flexibel und einfach parametrierbaren Heizungssteuerung sowie Mischventile zur bedarfsgerechten Einstellung der Vorlauftemperatur.

Wie bei nahezu allen Bestandsimmobilien ist das Einsparpotential des gewählten Demonstratorgebäudes bei der Heizwärme am größten. Die aus den Messdaten ermittelte Heizlastkurve zeigt,

dass die Leistung des Heizkessels deutlich überdimensioniert ist. Der Wirkungsgrad der Wärmebereitstellung (vom Kessel bereitgestellte Wärme bezogen auf die verbrauchte Gasmenge) liegt in der Heizperiode bei ca. 75%. Eine Verbesserung ohne Komplettaustausch des Kessels ist hier kaum möglich.

Daher wurde versucht, die Wärmebereitstellung besser mit dem Bedarf (abhängig von Außentemperatur und Nutzerprofil) zu korrelieren. Die konsequente Ausweitung der Nachtabenkung ab August 2013 von ursprünglich lediglich 3,5 Stunden auf 7,5 Stunden führte zu einer deutlichen Einsparung bei der Heizenergie.

Abb. 7 zeigt den monatlichen Gasverbrauch sowie die erzeugte Wärme. Deutlich ist im Vergleich der Monate 12/2012 und 12/2013 eine Reduktion der Heizenergie um ca. 3500 kWh zu erkennen (bei näherungsweise gleicher Außentemperatur). Aufgrund des Anlagen-wirkungsgrads von 75% ist damit eine Reduktion des Gasverbrauchs von ca. 4700 kWh zu erwarten, was auch messtechnisch verifiziert wurde.

In Abb. 8 ist die rechnerisch zu erwartende Veränderung des Wärmebedarfs (wegen unterschiedlicher mittlerer Außentemperaturen der jeweiligen Monate) als roter Balken und die gemessene Differenz als blauer Balken eingetragen.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Reduktion des Heizenergieverbrauchs den witterungsbedingt zu erwartenden Anteil signifikant übersteigt. Im Monat 11/2013 ergibt sich sogar eine Einsparung gegenüber 11/2012, obwohl witterungsbedingt ein Mehrbedarf zu erwarten war.

Kosteneffekte

Die Realisierung des E-MonAut-Systems ist als gering-investiv einzustufen. Aktuell sind jedoch einige Komponenten (z.B. Multi-Sensorik) noch nicht oder nur als Prototyp kommerziell erhältlich.

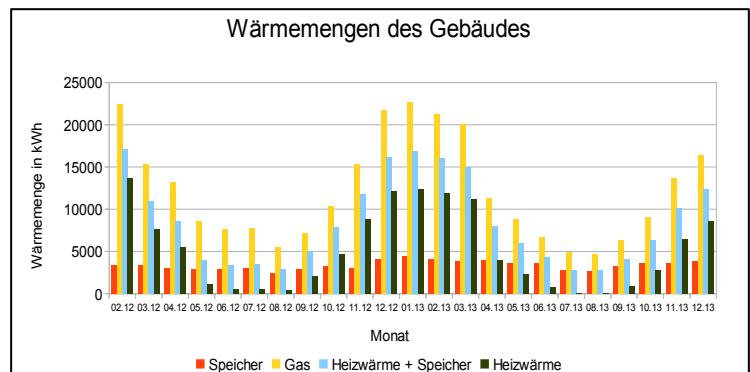


Abb. 7 Monatsübersicht der erfassten Wärmemengen

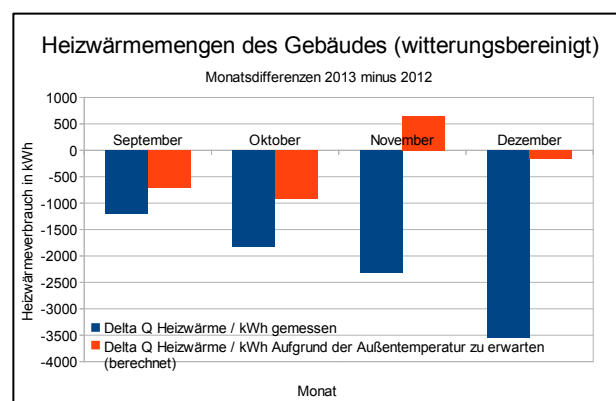


Abb. 8 Heizwärmemengenvergleich zwischen 2013 und 2012 monatlich (witterungsbereinigt)

Synergieeffekte

Das vorgeschlagene ganzheitliche und gewerkeübergreifende Konzept verbindet die Ziele Komfort, Energieeinsparung sowie Schutz der Gebäudehülle. Durch die ansprechende Aufbereitung und Bereitstellung von Informationen zum Energieverbrauch ist eine generelle Sensibilisierung der Nutzer hinsichtlich Energie- und Ressourcenschonung zu erwarten. Weitere Synergieeffekte sind durch die zunehmende Verbreitung von Home Automation-Plattformen zu erwarten (z.B. Plattform Qivicon).

Förderung

Das Projekt E-MonAut wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des Programms EnOB gefördert (Förderkennzeichen: 03ET1014A, Laufzeit: 1.6.2011 – 31.5.2014)