

Energieeffiziente Gebäude – Gebäudeautomatisierung – Energieflussanalysen

Energieeffiziente Gebäude – Gebäudeautomatisierung – Energieflussanalysen

Der Gebäudesektor ist für rund 40 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland verantwortlich. Aus Klima- und ressourcenpolitischen Erfordernissen ist es zwingend notwendig eine drastische Reduktion dieses Verbrauchs und insbesondere des fossilen Anteils am Energieverbrauch zu erreichen. Um mittelfristig vollständig auf fossile Energieträger verzichten zu können, ist einerseits der Energiebedarf der Gebäude durch bauliche Maßnahmen und effiziente Anlagentechnik deutlich zu verringern und andererseits der noch verbleibende Bedarf vollständig durch erneuerbare Energien zu ersetzen. *Abbildung 1* zeigt die Entwicklung des Primärenergiebedarfs von Wohngebäuden während der letzten Jahrzehnte beginnend von den ersten Solarhäusern in den 80er-Jahren bis hin zu Plusenergie-Häusern.

Da die Verfügbarkeit regenerativ erzeugter Energien starken zeitlichen und örtlichen Schwankungen unterliegt, wird es zukünftig immer wichtiger werden, den Energieverbrauch mit der aktuellen Verfügbarkeit abzugleichen und Überkapazitäten möglichst verlustfrei zu speichern. Hierzu ist ein komplexes Kommunikationssystem nötig, das den Informationsfluss zwischen den einzelnen Akteuren ermöglicht. Der verstärkte Einsatz von Sensorik wird hier zukünftig

eine wesentliche Schlüsselfunktion übernehmen, damit die benötigten Informationen der einzelnen Subsysteme (Energieerzeuger, Energieverbraucher, Speichersysteme, Verteilnetze etc.) verfügbar gemacht und miteinander vernetzt werden können.

Die wesentlichen Akteure sind hierbei:

- Regenerative Energieerzeugung
 - Steuerbare Erzeugung (Biogas, Wasserkraft, BHKW, Nahwärmeversorgung)
 - Nicht/eingeschränkt steuerbare Erzeugung (Solar, PV, Windkraft, Abwärme)
- Energiespeicherung
 - Wärme (Thermische Solarspeicher, Gebäudemasse)
 - Strom (Batterien, E-Kfz, elektrochemische Umwandlung)
- Stromnetz
- Externe Infoquellen
 - Wetterdienst
 - Netzleitsystem
- Energiebedarf/Nutzer
 - Fixe und steuerbare Lasten in Gebäuden sowie auf Siedlungsebene
 - Möglichkeit der Beeinflussung des Energieverbrauchsverhaltens

Herbert Sinnesbichler
Fraunhofer IBP – Fraunhofer-Institut für Bauphysik
herbert.sinnesbichler@ibp.fraunhofer.de

Peter Pärtsch
ISFH – Institut für Solarenergieforschung GmbH
paerisch@isfh.de

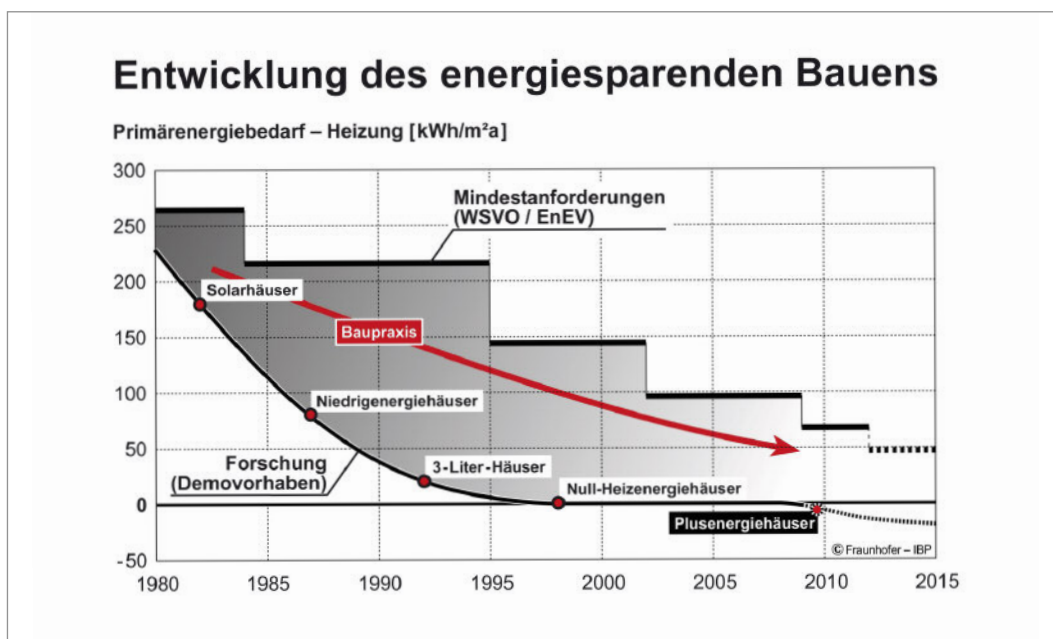


Abbildung 1
Meilensteine des energieeffizienten Bauens.

In zahlreichen Pilotvorhaben werden derzeit unterschiedliche Konzepte untersucht, welchen Beitrag Gebäude zukünftig in einem intelligenten Energiemanagementsystem leisten können. Im Folgenden sind einige Projekte kurz dargestellt.

FIEMSER (Friendly Intelligent Energy Management System for Existing Residential Buildings) (IBP)

In dem von der EU geförderte Forschungsprojekt FIEMSER wird ein Energiemanagement-System entwickelt, dass in bestehende Wohngebäude nachträglich ohne großen Aufwand mit Hilfe funkgestützter Sensoren und Aktoren kostengünstig nachgerüstet werden kann. Bedient wird es über Fernseher, Smartphones oder über normale PCs. Ziel des Systems ist es, regenerativ erzeugte, thermische und elektrische Energie möglichst lokal und sofort zu verbrauchen und nur die Überschüsse zu speichern oder ins Netz einzuspeisen. Die FIEMSER-Steuerung stimmt dazu die zeitlichen Energie-Erzeugungs- und Verbrauchsprofile automatisch aufeinander ab (Abbildung 2).

Betriebsoptimierung von Wohngebäuden unter Einbeziehung von Wetterdaten/-vorhersagen (IBP)

Der Heizenergieverbrauch von Gebäuden ist von mehreren Parametern abhängig. Hierbei spielen sowohl das Gebäude (thermische Speichermassen, Fensterflächen), innere Lasten (Personen, elektrische Verbraucher), das Wetter (Temperatur, Sonnenschein, Windgeschwindigkeit/-richtung) als auch der zeitliche Verlauf dieser Faktoren eine entscheidende Rolle. Eine Änderung der Außentemperatur wirkt sich mitunter – in Abhängigkeit von Luftwechsel, Wärmeübergabesystem und Dämmstandard – erst nach Stunden auf die Innenraumtemperatur bzw. den Wärmebedarf aus. Solare Gewinne wirken jedoch meist unmittelbar. Bei bisher üblichen Heizungsregelungen werden diese Zusammenhänge nur vereinfacht berücksichtigt. Basierend auf einer starren Heizkennlinie und der Außentemperatur wird die Vorlauftemperatur der Witterung angepasst. Die gemessene Außentemperatur wird dabei, abhängig von der in der Regelung eingestellten Zeitkonstante, gedämpft. Es fehlt jedoch eine direkte Verbindung zur

Abbildung 2
Funktionsprinzip
Energiemanagement-
System FIEMSER.



Abbildung 3
Zwillingshäuser
Ansicht von Westen.



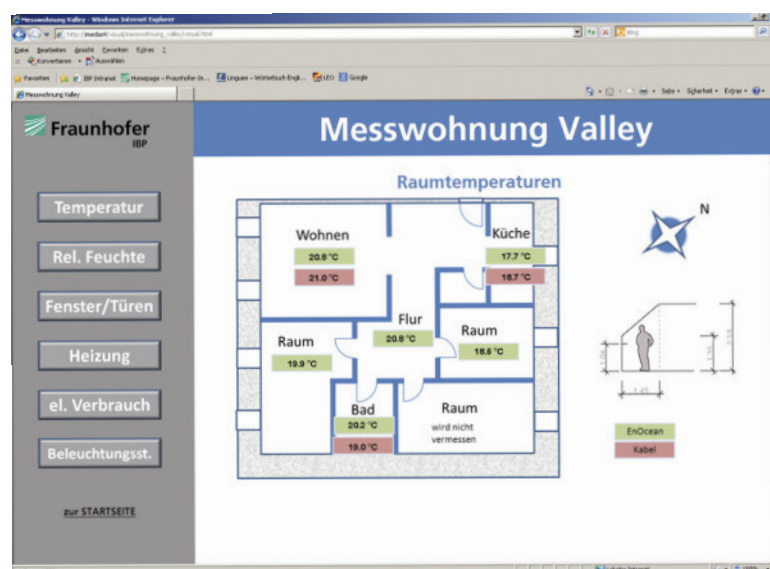


Abbildung 4
Beispielhafte, web-
basierte Visualisierung
von Raumlufttemper-
turen basierend auf
batterielosen
Funksensoren.

solaren Einstrahlung. Eine Berücksichtigung der in den nächsten Stunden auftretenden Wetterbedingungen und damit eine vorausschauende Regelung, z. B. durch Einbindung einer Wettervorhersage, wird bisher ebenfalls nicht realisiert. Am Fraunhofer-Institut für Bauphysik wird in den Wintermonaten 2012/13 ein neuartiges Regelungssystem, welches diese Lücke schließen soll, untersucht. Basierend auf den Gebäudedaten und der Wettervorhersage wird von einem Rechenmodell der Heizenergiebedarf vorausgerechnet und anhand der Bedarfsprognose die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage angepasst. Ein Abgleich mit den aktuellen Wetterdaten und den gemessenen Raumtemperaturen ermöglicht im Bedarfsfall, z. B. bei einer ungenauen Wettervorhersage, eine entsprechende Korrektur. Für die Vergleichsuntersuchungen werden zwei baugleiche Einfamilienhäuser – Zwillingshäuser – (Abbildung 3) jeweils mit einer identischen Heiztechnik betrieben. Ein Gebäude wird zusätzlich mit der zu testenden, wetterprognosegestützten Regelung ausgerüstet.

Praxiserprobung von batterieloser Funksensorik (IBP)

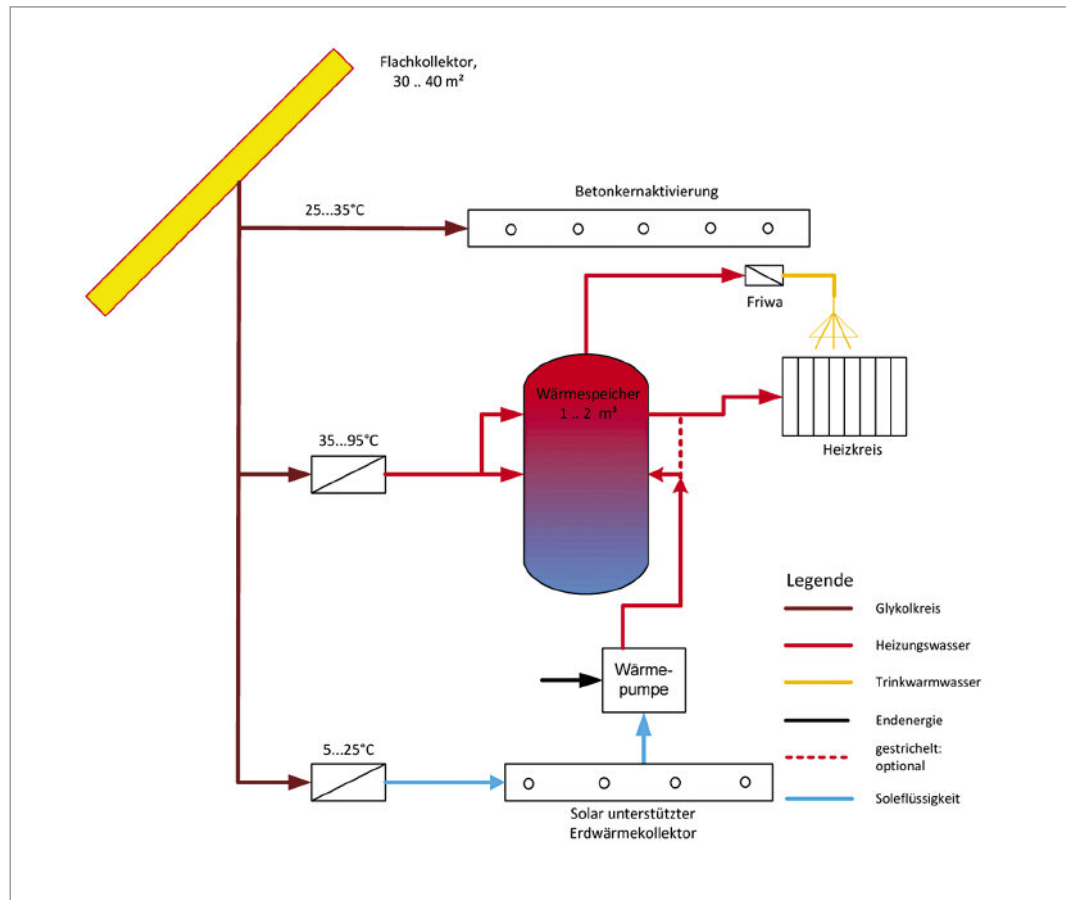
Der effiziente Umgang mit Energie im Gebäudebereich kann einen wesentlichen Beitrag zur Ressourcenschonung, Vermeidung von CO₂-Emissionen und damit zum Schutz des Klimas leisten. Neben technischen Maßnahmen zur Verbesserung des energetischen Standards von Gebäuden (z. B. Verbesserungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und den haustechnischen Anlagen) kann der Mensch als Nutzer der Gebäude durch sein Verhalten in vielfältiger Weise Einfluss auf den Energieverbrauch des Gebäudes nehmen. Um den Nutzer zu unterstützen, seinen Energieverbrauch zu senken und ihn für die Thematik

stärker zu sensibilisieren, sind laufende Informationen über die aktuelle Situation im Gebäude, wie z. B. die Raumlufttemperatur, die relative Luftfeuchte, der CO₂-Gehalt der Raumluft oder Fensteröffnungszeiten sowie der aktuelle bzw. akkumulierte Energieverbrauch hilfreich (Abbildung 4, webbasierte Visualisierung der Raumlufttemperaturen). Während die zur Erfassung und Darstellung der einzelnen Größen nötige Sensorik im Neubau noch verhältnismäßig einfach installiert werden kann, ist ein Nachrüsten z. B. im Rahmen einer Sanierung nur mit großem Aufwand möglich. Ein vielversprechender Ansatz könnten hier batterielose Funksensoren, die die zum Betrieb benötigte Energie direkt aus der Umgebung gewinnen (Energy Harvesting), sein. An einem Pilotobjekt werden unterschiedliche, derzeit am Markt verfügbare Funksensoren für Raumlufttemperatur, rel. Feuchte, Helligkeit, elektrische Leistungen etc. erprobt. Zur Beurteilung deren Eignung werden parallel konventionelle, leitungsgebundene Sensoren zu Vergleichszwecken installiert. Ziel dieser Vorstudie ist es, die derzeit am Markt verfügbaren Funkensensoren unter realen Einsatzbedingungen hinsichtlich Messgenauigkeit, Übertragungssicherheit und Zuverlässigkeit zu überprüfen. Basierend auf den Ergebnissen aus dieser Vorstudie sollen Produktoptimierungen bzw. Neuentwicklungen von Funksensoren in Kooperation mit Industrieunternehmen angestoßen werden.

Sensoren für die Solarthermie (ISFH)

In der Niedertemperatur-Solarthermie können zwei Hauptanwendungsfelder für Sensoren unterschieden werden: einerseits die Steuerung und Regelung der Solaranlage sowie andererseits ihre Funktions- und Ertragskontrolle.

Abbildung 5
Prinzipskizze als Übersicht der verknüpften Wärmequellen und -senken des neuen Solaraktivhauskonzepts (die Linien entsprechen Energieströmen) (Grafik ISFH).



Entwicklung eines Konzepts zur temperaturoptimierten Wärmebedarfsdeckung in Solaraktivhäusern (ISFH)

Bei dem untersuchten Systemkonzept für ein Solaraktivhaus steht nicht mehr der Pufferspeicher allein im Zentrum der Anlage. Es wird stattdessen eine temperaturoptimierte Aufteilung der Solarenergiegewinne auf unterschiedliche Wärmesenken wie Betonkernaktivierung, Erdwärmekollektor und Pufferspeicher durchgeführt (Abbildung 5). Die aufgrund der teils sehr unterschiedlichen Temperaturniveaus anspruchsvolle Regelungsaufgabe wird durch kostengünstige Volumenstromsensoren basierend auf dem Vortexprinzip erleichtert. Dabei wird die aktuelle thermische Leistung der Solaranlage gemessen und deren Veränderung bei anderer Betriebstemperatur berechnet. Unter Berücksichtigung der Ladezustände erfolgt eine Priorisierung der Verteilung der Solarwärme. Verglichen mit konventionellen Konzepten sollen mit diesem Konzept bei geringeren Kosten ein höherer Komfort sowie der gleiche solare Deckungsanteil von über 50 % erreicht werden.

Entwicklung eines Verfahrens zur automatischen Ertragsbewertung thermischer Solaranlagen (ISFH)

Dank kostengünstiger Sensorik beispielsweise für Volumenstrom und Anlagendruck sind Solarregler vermehrt in der Lage die Funktion einzelner Komponenten der Solaranlage zu kontrollieren. Beispiele hierfür sind die Funktion der Umwälzpumpe, die Dichtheit der Anlage, die Durchgängigkeit der Wärmeübertrager, das Ansprechen des Sicherheitsventils usw. Für die Überwachung des Solarreglers und der Komponenten auf leistungsmindernde Veränderungen wie die Alterung von Kollektoren oder die Verschmutzung von Wärmeübertragern sind unabhängige, automatische Ertragsbewertungsverfahren gemäß VDI Richtlinie 2169 notwendig (Abbildung 6). Mit Hilfe der gemessenen Wetterdaten und der Anlagenparameter wird ein erwarteter Ertrag simuliert und mit dem gemessenen Anlagenertrag verglichen. Bei Abweichungen oberhalb eines bestimmten Grenzwerts werden Warnungen an den Betreiber gesendet, der dann mit Hilfe der gespeicherten Messwertverläufe softwaregestützt die Ursache z. B. eines solaren Minderertrags beseitigen kann. Das sogenannte Input/Output-Verfahren ist sowohl in einem unabhängigen Kontrollgerät der Firma RESOL als

auch in einer Serverlösung der Firma INGA umgesetzt, erprobt und am Markt verfügbar.

Im Rahmen der bisherigen Untersuchungen zeigt sich immer wieder, dass es mittlerweile zwar eine Vielzahl von Sensorik zur Erfassung der wesentlichen energetischen Parameter am und im Gebäude gibt, diese in der Regel jedoch deutlich zu teuer sind um eine breite Marktdurchdringung zu erreichen. Darüber hinaus handelt es sich häufig um Einzelapplikationen die zwar einen Teilaspekt gut abdecken können (z. B. Erfassung der thermischen Leistung von Solarkollektoren), diese Information jedoch nicht im Sinne eines Energiemanagementsystems verwertbar machen können.

Damit Gebäude zukünftig noch energieeffizienter werden können und der Energiebedarf im Wesentlichen durch regenerative Energien gedeckt werden kann, wird zukünftig verstärkt ein breiterer Einsatz von Sensorik im Gebäudebereich nötig sein. Damit die Gelingen kann, ergibt sich aus unserer Sicht der folgende Entwicklungsbedarf in Richtung einer intelligenten und effizienzsteigernden Gebäudeautomatisierung:

- Entwicklung von kostengünstiger Sensorik zur Erfassung des aktuellen Energieverbrauchs bzw. der aktuellen regenerativen Energieerträge am Gebäude
- Entwicklung von kostengünstiger Sensorik zur Erfassung des aktuellen thermischen Zustands des Gebäudes und der technischen Anlagen
- Systeme zur einfachen Nachrüstung in Bestandsgebäude (z. B. Funksensorik)
- Einbindung von aktuellen Klimadaten und Wetterprognosewerten
- Integration der Sensorik in „intelligente“ Systemlösungen (Effizienzsteigerung, Detektion von suboptimalen Betriebsverhalten, Störungen)
- Erfassung von Nutzungsprofilen/Anwesenheitsprofilen
- Einbindung einer Ertragsprognose (regenerativ am Gebäude, Smart grid) und Bedarfsprognose (Gebäude)
- Entwicklung einer Plattform zur intelligenten Vernetzung zwischen Energieertragsangebot und Energiebedarf

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik sieht sich hierbei als Partner zur Analyse des Bedarfs an Sensorik, zur Erprobung und Bewertung einzelner Messverfahren sowie zur Erarbeitung von Energiemanagementkonzepten. Neu entwickelte Sensoren sowie vernetzte Regelungs- und Steuerungskonzepte können im Rahmen von Pilotvorhaben erprobt und wissenschaftlich bewertet werden. Hierzu stehen u. a. am Freigelände des Standorts Holzkirchen zahlreiche

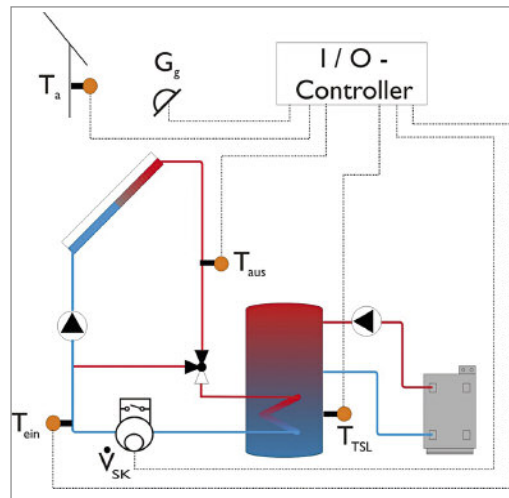


Abbildung 6
Installationsschema der Messtechnik eines Input/Output-Controllers in eine solare Trinkwarmwasseranlage (Grafik RESOL).



Abbildung 7
Versuchseinrichtung für energetische und raumklimatische Untersuchungen VERU.

Prüf- und Versuchsmöglichkeiten zur Verfügung (vgl. *Abbildung 3 und 7*).

Für das ISFH steht insbesondere die permanente und automatische Überprüfung von heute zumeist mehrvalenten Wärmeversorgungsanlagen im Vordergrund. Da die Verarbeitung der zahlreichen Sensordaten nicht manuell durchgeführt werden kann, muss ein Kontrollgerät durch geeignete Algorithmen überprüfen, ob ein Gerät so effizient arbeitet, wie es seinen Betriebsbedingungen entsprechend erwartet werden kann. Die Komplexität einer solchen Kontrollaufgabe kann von Subsystemen bis zum Gesamtsystem gestaffelt werden. Eine wesentliche Voraussetzung für die Algorithmen-Entwicklung ist das notwendige Komponenten- und Systemverständnis, das in den Forschungsarbeiten des ISFH im Vordergrund steht.