



Hochschule Biberach (HBC)
Hochschule für Bauwesen und Wirtschaft
Studiengang Gebäudeklimatechnik
Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)
Fachgebiet Gebäudeautomation
Prof. Dr.-Ing. Martin Becker

Kurzzusammenfassung zur Studie

**„Energieeinsparpotenzial und Energieeffizienz durch Bustechnik
sowie Raum- und Gebäudeautomation“**

Auftraggeber:

ABB Stotz-Kontakt GmbH
Eppelheimer Str. 82
69123 Heidelberg

Busch-Jaeger Elektro GmbH
Freisenbergstr. 2
58513 Lüdenscheid

Auftragnehmer:

Hochschule Biberach
Studiengang Gebäudeklimatechnik
Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)
Fachgebiet Gebäudeautomation
Prof. Dr.-Ing. Martin Becker

Bearbeiter:

Prof. Dr.-Ing. Martin Becker
Dipl.-Ing (FH) Peter Knoll

1. Zielsetzung und Aufgabenstellung

Da die Thematik der Energieeinsparung und Energieeffizienz einen immer höheren Stellenwert einnimmt, befasst sich die vorliegende Studie mit Untersuchungen zu Einsparpotenzialen, die durch Bustechnik bzw. Raum- und Gebäudeautomation erreicht werden können.

Ausgehend von der Betrachtung typischer Raumautomationsfunktionen werden anhand von Funktionen für Beleuchten, Kühlen, Heizen, Lüften, Jalousie/Sonnenschutz unter definierten Randbedingungen (z.B. Beispielgebäude, Nutzungsprofile) und mit Hilfe von geeigneten Softwaretools mögliche Einsparpotenziale durch Einsatz von Raum- und Gebäudeautomation bzw. Einsatz von Bussystemen untersucht.

Als Basis der Untersuchungen werden Normen und Richtlinien wie der Normentwurf DIN V 18599 [1], die europäische Norm EN 15232 [2] und die in Arbeit befindliche VDI-Richtlinie 3813 [4] sowie dazu ergänzende Simulationsstudien herangezogen.

Die DIN V 18599 ist die deutsche Umsetzung eines Verfahrens für Wohn- und Nichtwohngebäude zur energetischen Gesamtbewertung von Gebäuden auf Basis der EG-Richtlinie 2002/91/EG „Energy Performance of Buildings Directive“ (EPBD)..

Die EN 15232 befasst sich speziell mit den Auswirkungen der Gebäudeautomation und des Gebäudemanagements auf die Energieeffizienz von Gebäuden und wurde ebenfalls im Zusammenhang mit der europäischen Umsetzung der EG- Richtlinie 2002/91/EG „Energy Performance of Buildings Directive“ (EPBD) entwickelt.

Die Richtlinie VDI 3813 definiert erstmals eindeutig und systematisch in mehreren Blättern die Definitionen, Begriffe und Funktionen der Raumautomation. Blatt 1 mit Definitionen und Begriffen der Raumautomation ist bereits veröffentlicht, Blatt 2 mit der Beschreibung von Funktionen der Raumautomation erscheint voraussichtlich bis Ende 2008.

Als Zielsetzung der Studie wurden folgende Themen festgelegt:

- 1) Berechnungen und Aussagen zur Energieeffizienz von Funktionen bzw. Komponenten der Raum- und Gebäudeautomation
- 2) Einfluss der Stand-By Verluste von Bus-Komponenten
- 3) Übertragung der Ergebnisse auf Wohngebäude
- 4) Einfluss unterschiedlicher Klimadaten auf den Energiebedarf
- 5) Untersuchungen der Energieeffizienz von Fan-Coils

Die in den Normen und Richtlinien berücksichtigten allgemeinen Funktionen bzw. Parameter der Raum- und Gebäudeautomation werden in dieser Studie mit konkreten Produkten der Gebäudesystemtechnik bei der ABB Stotz-Kontakt GmbH und Busch-Jaeger Elektro GmbH zur Realisierung dieser Funktionen abgebildet bzw. zugeordnet und hinsichtlich der Energieeinsparpotenziale analysiert.

Weiterführende Untersuchungen sollen Einflüsse, wie z.B. unterschiedliche Klimaregionen, die Definition verschiedener Nutzungsprofile und die Berücksichtigung der Stand-By Verbräuche der notwendigen Aktoren und Sensoren zur Realisierung der einzelnen Raumautomations-Funktionen aufzeigen.

Fan-Coils finden einen zunehmenden Einsatz in Raum-Anwendungen wie z.B. in Bürogebäuden und Hotels, insbesondere in südlichen und asiatischen Ländern und tragen zu einem erheblichen Teil am Energieverbrauch zur Erfüllung der Funktionen Lüften, Kühlen oder Heizen bei. Auf Grund der Tatsache, dass bei der Verwendung von Fan-Coils bzw. Gebläsekonvektoren das Thema Energieeffizienz derzeit noch wenig zu finden ist, soll im

Rahmen dieser Untersuchungen ein Marktüberblick zeigen, in wie weit die verschiedenen Firmen bereits Produkte und Lösungen zu dieser Thematik anbieten.

2. Ergebnisse

2.1 Berechnung der Energieeinsparpotenziale bezogen auf Raumautomationsfunktionen und hierfür benötigte Bus-Komponenten

Als Grundlage wird in der Studie ein definiertes Beispielgebäude verwendet, in dem verschiedene Zonen bzw. Nutzungen festgelegt sind, um reproduzierbare Ergebnisse erhalten zu können.

Die Untersuchungen zur Ermittlung der Energieeinsparpotenziale werden in zwei Schritten durchgeführt:

- Berechnungen von Einsparpotenzialen zu den definierten Funktionen der Raum- und Gebäudeautomation
- Zuordnung der Funktionen anhand konkreter Produkte aus der Praxis

Das Ziel hierbei ist es reproduzierbare Ergebnisse und Belege für die Einsparpotenziale von Funktionen der Raum- und Gebäudeautomation zu liefern und diese anhand von aktuellen Produkten abzubilden.

Die Berechnungen wurden mit der Hilfe der DIN V 18599 erstellt. Die Ergebnisse zeigen, dass ein erhebliches Einsparpotenzial bei der Umsetzung von Funktionen der Raum- und Gebäudeautomation zu erwarten ist.

Abbildung 1 zeigt einen Überblick über die ermittelten Einsparpotenziale, bezogen auf die jeweiligen Gewerke. Das auffallend geringe Einsparpotenzial bei der Heizungsautomatisierung ist darauf zurückzuführen, dass auf Basis der DIN V 18599 in der aktuellen Version nur sehr begrenzt Funktionen der Raum- und Gebäudeautomation in Bezug auf die Heizung abgebildet werden können. Das größte Einsparpotenzial kann dadurch erreicht werden, dass mehrere Funktionen für verschiedene Gewerke (hier im Bereich Sonnenschutz und Beleuchtung) miteinander kombiniert werden. Hierbei ergibt sich eine Einsparung von bis zu ca. 40 %.

In der ausführlichen Dokumentation der Studie werden die Einsparpotenziale bezogen auf einzelne Funktionen (z.B. tageslichtabhängige Regelung) detailliert aufgezeigt.

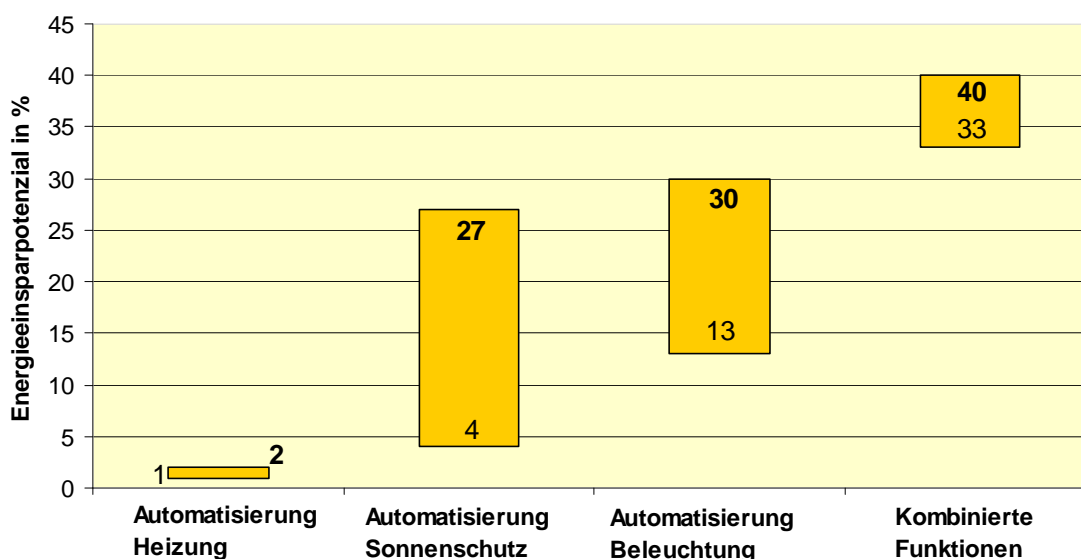


Abbildung 1: Zusammenfassung Einsparpotenziale

Neben der allgemeinen Untersuchung zu Energieeinsparpotenzialen auf Basis der DIN V 18599 wurden in einem weiteren Schritt den verschiedenen Funktionen konkrete Bus-Komponenten zugeordnet, die eine Realisierung dieser Raumautomationsfunktionen ermöglichen. **Abbildung 2** zeigt hierzu exemplarisch die Funktion „Konstantlichtregelung“ mit den entsprechenden Produkten der Hersteller, die für eine Umsetzung benötigt werden. In der ausführlichen Dokumentation zu dieser Studie werden in dieser Art und Weise weitere Funktionen aufgezeigt, die jeweils auch mit entsprechenden Einsparpotenzialen belegt werden.

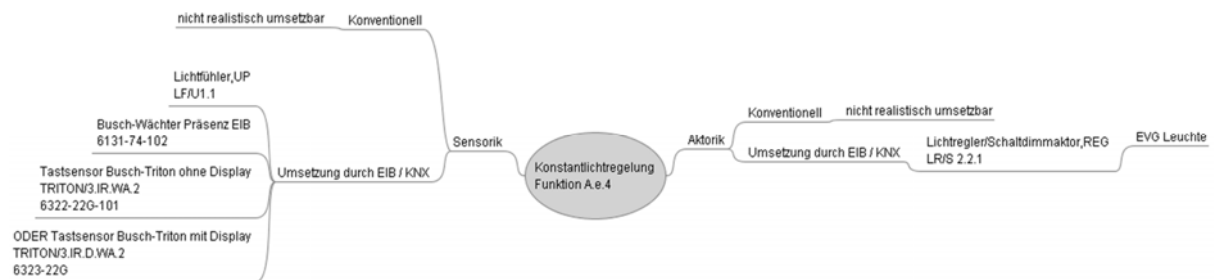


Abbildung 2: Beispiel für Umsetzung der Funktion Konstantlichtregelung mit Zuordnung zu konkreten Produkten

2.2 Einfluß der Stand-By Verbräuche von Bus-Komponenten

Anhand eines definierten Beispielgebäudes werden für die verschiedenen Funktionen die erforderlichen Bus-Komponenten zahlenmäßig erfasst und mit deren Stand-By-Verbrauch die gesamten Verbräuche auf ein Jahr hochgerechnet. Hiermit lässt sich anschaulich darstellen, welchen Einfluss die Stand-By Verbräuche der Bus-Komponenten auf den Gesamtenergiebedarf eines Gebäudes bezogen auf Nutz-, End- oder Energiebedarf haben. Der Stand-By Verbrauch der einzelnen Komponenten wurde dazu unter definierten Testbedingungen nach [3] mit einem hochpräzisen Leistungsmessgerät gemessen.

Abbildung 3 zeigt den Primärenergiebedarf für jeweils einen minimalen und einen maximalen Ausstattungsfall, durch Festlegung der Funktionen bzw. Komponenten der Raum- und Gebäudeautomation des definierten Beispielgebäudes. Zusätzlich zeigt die rechte Säule den maximale Ausstattungsfall mit Berücksichtigung der resultierenden Stand-By Verbräuche .

Die Ergebnisse der Messung und Analyse der „Stand-By Verbräuche“ der jeweils benötigten Buskomponenten zeigen, dass der Stand-By Verbrauch der Bus-Komponenten einen sehr geringen, bis vernachlässigbaren Anteil am Gesamtenergieverbrauch hat (siehe **Abbildung 3**). Im Durchschnitt wurde für die untersuchten Sensoren und Aktoren eine permanente „Stand-By Leistung“ von 400 mW gemessen. Für Systemkomponenten, wie z.B. die Spannungsversorgung wurden höhere Leistungen gemessen (bis ca. 3-4 W), allerdings werden von diesen Komponenten nur einige wenige pro Projekt benötigt und sind dadurch nicht von größerer Bedeutung.

In Bezug auf den Gesamtenergiebedarf kann festgestellt werden, dass der Stand-By Verbrauch der benötigten Geräte lediglich einen Anteil von 0,17% (Endenergie) und von 0,42% (Primärenergie) bei der Betrachtung des gesamten Gebäudes ausmacht.

Somit kann das in der Praxis des öfteren aufgeführte Argument, dass der Stand-By Verbrauch der Bus-Komponenten die erzielte Energieeinsparung durch Einsatz von Raumautomation größtenteils zunichte macht, eindeutig widerlegt werden.

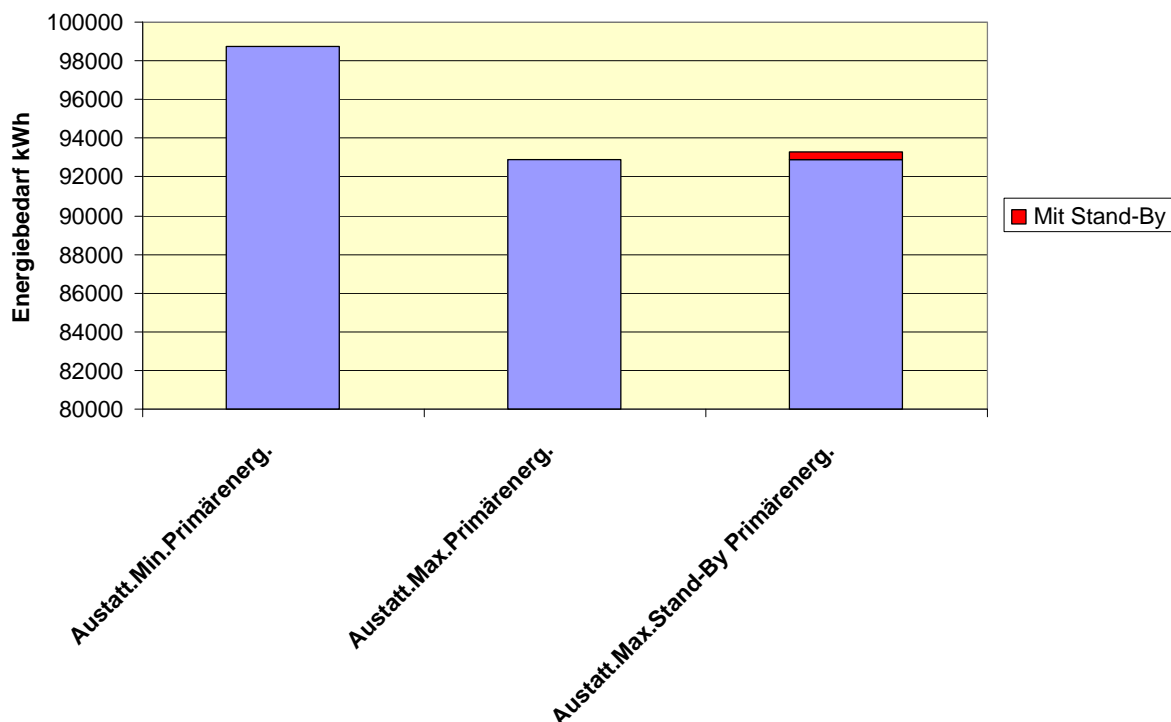


Abbildung 3: Zusammenfassung der Auswirkung der Stand-By-Verbräuche

2.3 Übertragung der Ergebnisse auf Wohngebäude

Prinzipiell ist die DIN V 18599 auch für Wohngebäude anwendbar. Allerdings ist derzeit kein Wohngebäude als Referenz bzw. Beispiel vorgesehen, so dass keine definierten Randbedingungen für eine Untersuchung vorliegen und somit derzeit Wohngebäude mit der DIN V 18599 praktisch (noch) nicht abgebildet werden können.

In dieser Studie wird mit drei verschiedenen Nutzungsszenarien exemplarisch definiert und erläutert, welchen qualitativen Einfluss diese auf mögliche Energieeinsparungen durch Raum- und Gebäudeautomation haben.

Abbildung 4 und **Abbildung 5** zeigen die Nutzungsprofile für einen Regelhaushalt (Mittelwert der Anwesenheit 81%) mit 2 Erwachsenen und 2 Kindern und einen Singlehaushalt (Mittelwert der Anwesenheit 56%). Die dargestellten Verläufe stellen keinen Anspruch auf Verallgemeinerung, sondern sind als erste Diskussionsgrundlage zu sehen. Selbstverständlich kann ein konkretes Nutzungsprofil in der Realität davon stark abweichen. Grundsätzlich ist aber bereits aus den aufgezeigten Nutzungsprofilen ersichtlich, dass diese einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch bzw. die Energieeffizienz bei Einsatz von Raumautomation haben. Zusätzlich zu diesen Profilen wird in der Studie ein Profil für einen Seniorenhaushalt aufgezeigt.

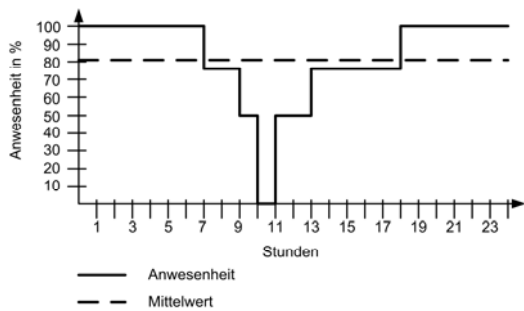


Abbildung 4: Nutzungsprofil Regelhaushalt

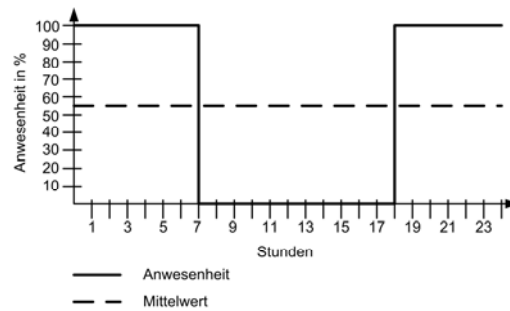


Abbildung 5: Nutzungsprofil Singlehaushalt

Abbildung 6 zeigt als Übersicht als qualitative Bewertung mit welchen Einsparpotenzialen durch Raum- und Gebäudeautomation gerechnet werden kann. Hierbei gilt:

- → geringe zu erwartende Einsparungen
- O → mittlere Einsparungen sind zu erwarten
- + → hohe Einsparungen sind zu erwarten
- ++ → sehr hohe Einsparungen sind zu erwarten

Zusätzlich zu den verschiedenen Nutzungsprofilen wird in der **Abbildung 6** auch das jeweilige Energiebewusstsein dargestellt, da es einen erheblichen Unterschied macht, ob z.B. in einem Haushalt ein großes oder kein Energiebewusstsein vorhanden ist.

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Durchschnittliches Energiebewusstsein	O	+	+
Großes Energiebewusstsein	-	-	O
Kein Energiebewusstsein	+	++	++

Abbildung 6: Qualitative Bewertung Nutzungsszenarien

Für tiefgehende quantitative Untersuchungen werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Simulationsstudien (mit Definition repräsentativer Nutzungsprofile für Wohngebäude)
- Literaturstudien zu bereits vorhandenen Untersuchungen
- Feldstudien mit möglichst typischen Nutzern

Grundsätzlich soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass bei dem Einsatz von Raum- und Gebäudeautomation bzw. Bustechnik in Wohngebäuden die Energieeinsparung nicht als vorrangig angesehen werden sollte, sondern vielmehr als zusätzlichen Vorteil, der einen Wunsch des Bauherrn nach Sicherheit und Komfort ergänzt.

2.4 Einfluß unterschiedlicher Klimadaten

Als weitere Fragestellung wird in der Studie der Einfluss von unterschiedlichen Klimaregionen auf den Energiebedarf für Heizen, Kühlen, Lüften und Beleuchten untersucht. Hierbei werden folgende Fragen betrachtet:

- Welche Auswirkungen haben unterschiedliche Klimadaten auf die Einsparpotenziale von Raum- und Gebäudeautomation?
- Welche Auswirkungen haben die unterschiedlichen Klimadaten auf die jeweiligen Gewerke (Heizen, Kühlen, Lüften und Beleuchten)?

Durch die Studie wird ein großer Einfluss der Klimadaten nachvollziehbar aufgezeigt. Beispielsweise kann von keiner Energieeinsparung der Einzelraumregelung im Bezug auf die Heizung ausgegangen werden, wenn sich das Gebäude in einem tropischen Klima befinden würde und somit keine Heizenergie mehr erforderlich wäre. Für die Abbildung zweier Extrema werden in der Studie exemplarisch die Klimadaten für Bangkok und Moskau analysiert.

In der Studie wurde festgestellt, dass die DIN V 18599 bzw. die zurzeit am Markt verfügbaren Rechenwerkzeuge keine Möglichkeit zur Berücksichtigung unterschiedlicher Klimadaten bieten, da hier immer der Klimadatensatz von Würzburg als Referenz herangezogen wird, um die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Gebäude zu gewährleisten. Aus diesem Grund wurde in der Studie lediglich auf Basis der Wetterdatensätze von Bangkok und Moskau eine grobe Abschätzung durchgeführt und erläutert, welche Einflüsse auf die Energieeinsparpotenziale sich hieraus ableiten lassen.

Abbildung 7 zeigt beispielhaft die Außentemperaturverläufe von Bangkok und Moskau auf. Wie deutlich zu sehen ist fällt der Aspekt der Heizenergie bei dem tropischen Klima in Bangkok auf Grund der durchgängig hohen Außentemperatur weg.

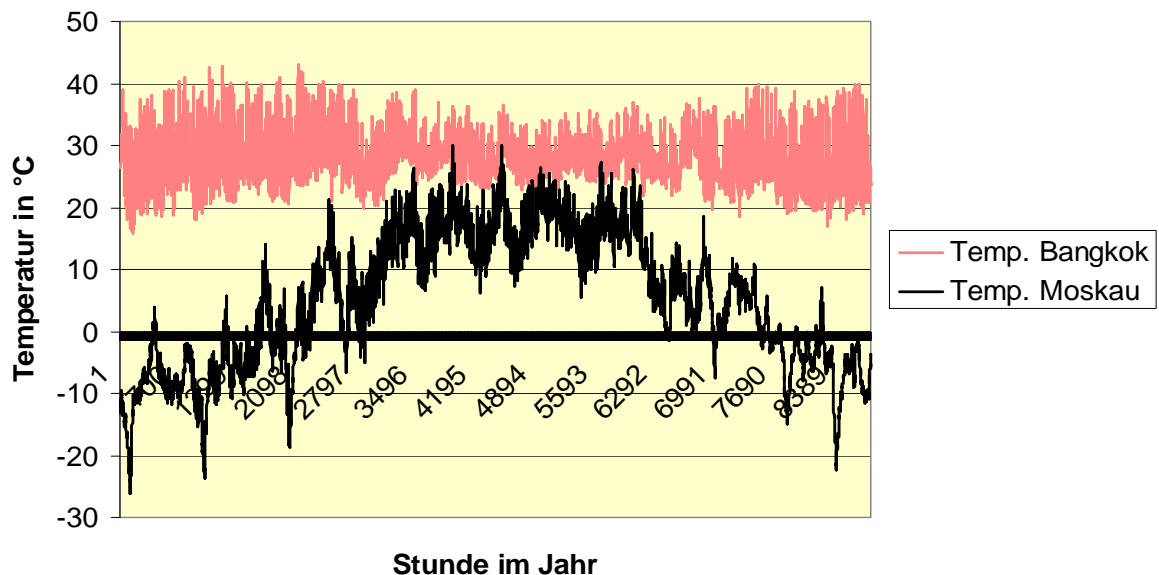


Abbildung 7: Außentemperaturverlauf Bangkok und Moskau

Abbildung 8 zeigt als exemplarisches Beispiel einen Ausschnitt der Auswertung der Klimadaten in Bezug auf die Veränderung der Einsparpotenziale von Funktionen der Raum- und Gebäudeautomation. Das Beispiel zeigt die Raumtemperaturenfunktionen, die in der Studie abgebildet werden. Bei diesen Funktionen werden die Abhängigkeiten besonders

deutlich, da beispielsweise in Bangkok eine Heizenergieeinsparung nicht vorhanden ist, da auf Grund der Wetterbedingungen nicht mehr geheizt werden muss.

Hierbei gilt:

- - → annähernd keine Einsparungen sind zu erwarten
- → verringerte Einsparungen sind zu erwarten
- O → gleichbleibende Einsparungen sind zu erwarten
- + → erhöhte Einsparungen sind zu erwarten
- ++ → wesentlich erhöhte Einsparungen sind zu erwarten

			Moskau (kühlgem. Klima)	Bangkok (tropisches Klima)
	Funktion-Beschreibung	Anmerkungen	Beispielprojekt 5S_18599 - Gesamt	Beispielprojekt 5S_18599 - Gesamt
Funktion Nr.				
C	Raumtemperaturfunktionen			
C.e.1	Sequenzregelung P-Regler 2-K	Referenzfall		
C.e.2	Sequenzregelung PI-Regler		++ (Heizung) - (Kühlung)	- - (Heizung) ++ (Kühlung)
C.e.3	Zeitabhängigkeit Heizen /Kühlen	Variante a) Präsenzabhängige Betriebsartenumschaltung	++ (Heizung) - (Kühlung)	- - (Heizung) ++ (Kühlung)
		Variante b) nur Zeitabhängigkeit	k.A.	k.A.

Abbildung 8: Exemplarisches Beispiel zur Bewertung des Einflusses von Klimadaten bzw. Raumautomationsfunktionen auf den Energiebedarf

2.5 Untersuchungen zur Energieeffizienz von Fan-Coils

Um einen Marktüberblick über Fan-Coils mit Fokus auf energieeffiziente Maßnahmen zu erhalten, wurden 15 Hersteller befragt.

Bei den meisten Antworten wurde von den Herstellern darauf hingewiesen, dass derzeit keine Informationen veröffentlicht werden können, was vermuten lässt, dass einige Hersteller gerade dabei sind energieeffiziente Produkte neu zu entwickeln bzw. auf den Markt zu bringen.

Bei einer telefonischen Nachfrage Ende Juni bei der Firma CIAT stellte sich z.B. heraus, dass diese Fan-Coils bzw. Gebläsekonvektoren mit EC-Motoren und einer PI-Regelung ausstatten. Die Fa. CIAT nennt hier Einsparpotenziale von bis zu 85%. Nähere Details konnten allerdings nicht in Erfahrung gebracht werden.

3. Gesamtfazit und ergänzende Anmerkungen

Die Studie zeigt durch die durchgeführten Berechnungen und Untersuchungen auf Basis des definierten Beispielgebäudes ein deutliches Energieeinsparpotenzial beim Energiebedarf durch Einsatz von Bustechnik sowie Raum- und Gebäudeautomation. Das Einsparpotenzial ist abhängig von der jeweiligen Funktion bzw. Kombination von Funktionen. Durch eine Kombination mehrerer Funktionen zeigt die Studie ein Einsparpotenzial von bis zu ca. 40%.

Die Untersuchungen zu den „Stand-By Verbräuchen“ von Bus-Komponenten auf Basis von durchgeführter Messungen der benötigten Buskomponenten zeigt, dass diese nur einen geringen Anteil am Gesamtenergiebedarf ausmachen.

Bezüglich der Berücksichtigung der Klimadaten und der Nutzerprofile können die Ergebnisse z.T. erheblich beeinflusst werden. Daher müssen als Grundlage jeglicher Planung die realen Gegebenheiten und Bedürfnisse erfasst werden und dementsprechend die benötigten und sinnvollen Funktionen angewendet werden. Da in diesen Untersuchungen davon ausgegangen wird, dass die Reglerparameter grundsätzlich nach den Regeln der Technik eingestellt werden, soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass diese Einstellungen in vielen praktischen Fällen nicht oder nicht optimal bezogen auf die konkrete Regelstrecke durchgeführt wird. Die optimale Einstellung der Reglerparameter bietet ein nicht unerhebliches Einsparpotenzial, das aber in dieser Untersuchung nicht konkret berechnet werden konnte, da hier keine realistische Referenzsituation definiert werden kann und die Ergebnisse stark von den entsprechenden Randbedingungen (z.B. Raumtyp, Nutzerverhalten, Anlagentechnik, Umgebungsklima...) abhängen.

Anhang: Literaturliste

- [1] DIN V 18599 T1-T10: Energetische Bewertung von Gebäuden, - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung; Juli 2005; Beuth- Verlag Berlin
- [2] prEN 15232: Energieeffizienz von Gebäuden, – Einfluss der Gebäudeautomation und des Gebäudemanagement; 2007; CEN Brüssel
- [3] DIN EN 62301: Elektrische Geräte für den Hausgebrauch – Messungen der Standby-Leistungsaufnahme (IEC 62301:2005,modifiziert); Mai 2006; CEN Brüssel
- [4] VDI 3813: Raumautomation; Mai 2007; VDI Düsseldorf

Kontakte: Hochschule Biberach, Karlstr. 11, 88400 Biberach

Prof. Dr.-Ing. Martin Becker Tel.: 07351-582-253 Raum I-1.03
Fax: 07351-582-299
e-mail: becker@fh-biberach.de

Dipl.- Ing. (FH) Peter Knoll Tel.: 07351-582-265 Raum G-2.03
Fax: 07351-582-299
e-mail: knoll@fh-biberach.de