



Weißbuch Gebäudeautomation

Die Erarbeitung dieses Weißbuchs wurde gefördert durch:



Überreicht durch:

Vorwort

Energiesparen in Gebäuden ist nicht nur durch die breit diskutierten Maßnahmen wie Dämmung der Außenhaut oder Erneuerung von Heizungsanlagen möglich. Gebäudeautomation durch vernetzte Überwachungs-, Steuer-, Regel- und Optimierungseinrichtungen ermöglicht, den Komfort und die Sicherheit bei der Nutzung eines Gebäudes zu steigern und dabei gleichzeitig auch den Energieverbrauch signifikant zu reduzieren. Die Einsparpotenziale durch Einsatz von Gebäudeautomation sind in aller Regel derart hoch, dass sich ihre Kosten in kürzester Zeit amortisieren. Besonders die noch junge Teildisziplin der Raumautomation sorgt für eine konsequente Vermeidung von Energieverschwendung direkt dort, wo im Gebäude die Energie eingesetzt wird: in den Büros von Verwaltungsgebäuden, Klassenräumen von Schulen und Gästezimmern von Hotels.

Damit Ihr Gebäude von einer modernen Gebäudeautomation profitieren kann, sollten Sie bereits zu Beginn der Planungsphase Ihres Neubau- oder Sanierungsvorhabens eine Entscheidungsgrundlage haben, um die notwendigen Maßnahmen auch mit Blick auf zukünftig mögliche Ergänzungen beurteilen zu können.

Der Mobile Communication Cluster e.V. (www.mc-cluster.de) hat in seiner Arbeitsgruppe m-Buildings dazu dieses Weißbuch zum Thema Gebäudeautomation vorgelegt. Es soll Entscheidungsträgern in den Immobilienbereichen Verwaltungsgebäude, Schule und Hotel herstellerneutral eine Hilfe geben, sich mit der Gebäudeautomation und ihrem Nutzen hinsichtlich der Energieeffizienz zu beschäftigen. Anhand praktischer Beispiele und veröffentlichter erfolgreicher Projekte wird nachgewiesen und nachgerechnet, dass Gebäudeautomation ein wirkungsvolles und gleichwohl wirtschaftliches Werkzeug zum Energiesparen darstellt. Dazu werden Technologien und Regelstrategien aufgezeigt und es wird dargelegt, was man bei der Planung und Ausschreibung von Neubau- und Sanierungsprojekten beachten sollte.

Dieses Weißbuch kann aufgrund der begrenzten Themenstellung nur einen Einstieg in diesen Themenbereich darstellen. Die Vernetzung in und von Gebäuden erfordert weitergehende sorgfältige Fachplanungen für deren effiziente, sichere und komfortable Nutzung.

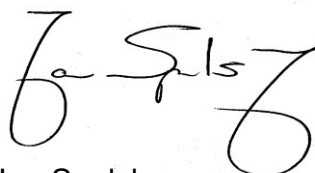
Wenn Sie vor Entscheidungen zur Gebäude- und Raumautomation stehen, nehmen Sie bitte Kontakt auf zum Netzwerk m-Buildings im MCC e.V.

Die im Anhang aufgeführten Fachleute aus unserem Netzwerk beraten Sie gerne.

Moers, den 31.10.2008



Dirk Unsenos
Vorsitzender



Jan Spelsberg
Geschäftsbereichsleiter

**Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Energieeffizienz
durch Gebäudeautomation – auch unter Verwendung
drahtloser Komponenten – im Neubau und Gebäudebestand
in Schulen, kommunalen Verwaltungsgebäuden, privaten
Bürogebäuden und Hotels**

Weißbuch • Gebäudeautomation

Prof. Dr. Manfred Büchel VDI
Prof. Dr. Michael Vogeler
Labor für Gebäudeautomation
Fachhochschule Gelsenkirchen
Neidenburger Straße 10
45877 Gelsenkirchen
gebäudeautomation@fh-gelsenkirchen.de

im Auftrag von

wir4 – Wirtschaftsförderung für Moers, Kamp-Lintfort, Neukirchen-Vluyn und
Rheinberg
Genender Platz 1
47445 Moers

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine Zusammenstellung und zielgruppengerechte Aufbereitung von Fakten, Argumenten und Beschreibungen aus bestehenden Quellen. Für die Richtigkeit der dargestellten Ergebnisse und den Erfolg der beschriebenen Maßnahmen im Einzelfall wird keine Haftung übernommen. Handlungsempfehlungen werden nach bestem Wissen und Gewissen gegeben, sind jedoch kein Ersatz für eine ingenieurmäßige Planung.

© wir 4 - Wirtschaftsförderung für Moers, Kamp-Lintfort, Neukirchen-Vluyn und Rheinberg

Januar 2008

081103

1. **Zum Inhalt dieses Buches – Zusammenfassung und Nutzerführung**

Dieses Buch handelt vom Energiesparen in Gebäuden – und zwar mit Hilfe einer Technologie, die neben breit diskutierten Maßnahmen wie Dämmung der Außenhaut oder Erneuerung von Primäranlagen ins Abseits zu geraten droht: Gebäudeautomation. Dabei sind die Einsparpotenziale von Gebäudeautomation derart hoch, dass ihre Kosten sich oftmals in kürzester Zeit amortisieren. Insbesondere die noch junge Teildisziplin von Gebäudeautomation – die Raumautomation – sorgt für eine Vermeidung von Energieverschwendung dort, wo im Gebäude die Energie benötigt wird: in den Büros von Verwaltungsgebäuden, Klassenräumen von Schulen und Gästezimmern von Hotels.

Dieses Buch will Entscheidungsträger im Immobilienbereich – vom Fachingenieur des Bauherren bis zum Immobilien-Manager des Nutzers – animieren, sich mit Gebäudeautomation als wirkungsvolles und gleichwohl wirtschaftliches Werkzeug zum Energiesparen zu beschäftigen. Leitgedanke soll dabei nicht die theoretische Auseinandersetzung mit Technologien und Regelstrategien sein. Es soll vielmehr gezeigt werden, was man bewirken kann, wenn man bestimmte Maßnahmen bereits während der Ausschreibung von Bau- und Sanierungsprojekten vorbereitet und sie später umsetzt.

Gründe, warum alle am Bau Beteiligten sich überhaupt mit Gebäudeautomation befassen sollten, wenn sie ein energieeffizientes Gebäude schaffen wollen, sind das Thema von Kapitel 2.

Kapitel 3 zeigt auf, wo im Gebäude automatisiert werden kann: Sowohl für den einzelnen Raum als auch für Primäranlagen werden Funktionen aufgezählt, mit denen sich Energie in erheblichem Maß einsparen lässt. In diesen Zusammenhang gehören auch die Management- und Bedieneinrichtungen; erst durch sie wird das energetische Verhalten eines Gebäudes transparent. Ohne die Funktionen der Management- und Bedieneinrichtungen ist erfolgreiches Energiemanagement nicht möglich.

Was bringt Gebäudeautomation für die Energieeffizienz? – Diese Frage wurde bereits in der Vergangenheit anhand vieler erfolgreich realisierter Einzelprojekte durch die Angabe beeindruckender Prozentzahlen und kurzer Amortisationszeiten für Investitionen positiv beantwortet. Gerade in den letzten Jahren jedoch haben systematische Studien dazu geführt, Aussagen über das Einsparpotenzial von Gebäudeautomation auf eine breite Grundlage zu stellen. Nachprüfbar Zahlen über mögliche Energieeinsparungen sind in die europäische Normung eingeflossen. Ebenfalls auf Basis des europäischen Normenwerks haben aufwändige Studien entsprechende Zahlen errechnet. Diese Ergebnisse sind in Kapitel 4 nachzulesen.

Kapitel 5 ist für den Leser gedacht, der Basisinformationen über Technologien erhalten will, die moderne und wirtschaftliche Gebäudeautomation heute erst möglich machen. Zu ihnen gehört auch die drahtlose Kommunikation, deren Vorteile zunehmende Marktanteile vor allem im Sektor Raumautomation begründen.

Schwerpunkt der Kapitel 6 und 7 sind betriebswirtschaftliche Aussagen. Ein Weg, die Einsparungen durch Gebäudeautomation den Mehrkosten von Gebäudeautomation gegenüberzustellen, um so zu Zahlenwerten über die Wirtschaftlichkeit konkreter Maßnahmen zu gelangen, ist in Kapitel 6 skizziert.

Mit diesem Werkzeug werden in Kapitel 7 Einzelbeispiele aus den Bereichen Verwaltungsgebäude, Schule und Hotel abgeschätzt. Darüber hinaus enthält Kapitel 7 Kurzdarstellungen einiger veröffentlichter Projekte aus den drei genannten Bereichen.

Wer als Leser vor der Frage steht, welche konkreten baulichen Maßnahmen vorzusehen sind, um bei einer Sanierung im Bestand Gebäudeautomation umfassend oder auch stufenweise einzusetzen, sollte im Kapitel 8 nachlesen. Dort sind allgemein zutreffende Empfehlungen genannt, die – situationsbezogen – beachtet werden sollten.

Kapitel 9 beleuchtet eine Thematik, die im Zusammenhang mit Automation oftmals unterbewertet wird: Gebäudeautomation dient dem Menschen und wird vom Menschen bedient. Daraus resultiert, dass Bediener von Gebäudeautomation diese Technik akzeptieren müssen, um erfolgreich mit ihr umgehen zu können.

In Kapitel 10 schließlich sind die in diesem Buch verwendeten Fachbegriffe und –abkürzungen in Form eines Glossars zusammengestellt, während Kapitel 11 für den technisch interessierten Leser einige Quellen aus der Literatur, Richtlinien und Normen aufzeigt, die helfen mögen, tiefer in die Thematik einzusteigen.

2. Einführung

Der zunehmende Zwang zur Einsparung von Energie im Gebäude wirft Probleme auf, die mit konventionellen Methoden und Verhaltensweisen nicht mehr gelöst werden können. Die verschiedenen Anlagen, z. B. Heizung, Lüftung und Beleuchtung, verlangen eine gewerkeübergreifende Planung in Verbindung mit einem umfassenden und sinnvoll abgestimmten Betreiberkonzept. Unabdingbarer Bestandteil eines solchen Konzepts ist die Gebäudeautomation als Summe aller Maßnahmen zum Messen, Steuern, Regeln, Überwachen und Optimieren von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung.

Gebäudeautomation in der Normung:
Bezeichnung der Produkte, Software und technischen Dienstleistungen für die automatische Steuerung und Regelung, Überwachung und Optimierung, für das menschliche Eingreifen und das Management, mit deren Hilfe die Gebäudeausrüstung energieeffizient, wirtschaftlich und sicher bedient werden kann.
(DIN EN ISO 16484-2:2004)

Damit wird es möglich, diese Anlagen so zu betreiben, dass Wirtschaftlichkeit, Einsparung von Primärenergie und gleichzeitig Produktivität und Komfort sowie die Sicherheit gewährleistet sind.

Gebäudeautomation ist somit ein Thema für den Besitzer eines Gebäudes ebenso wie für den Betreiber und den Nutzer:

Für den Investor oder Besitzer eines Gebäudes trägt sie zum Investitionsschutz bei – denn immerhin hat die technische Gebäudeausrüstung einen erheblichen Anteil an der Bausumme (Bild 1).

Vorteile für den Betreiber ergeben sich aus dem schnellen Erkennen von Ausnahmesituationen sowie aus der Tatsache, dass miteinander verknüpfte Anlagen stets als System betrachtet werden, bei dem Primärenergie aus einer ganzheitlichen Sicht heraus zum Einsatz kommt. Erhebliche Einsparpotenziale bieten sich dem Betreiber, wenn Gebäudeautomation die Energieströme im Gebäude nicht starr, sondern flexibel und bedarfsorientiert führt.

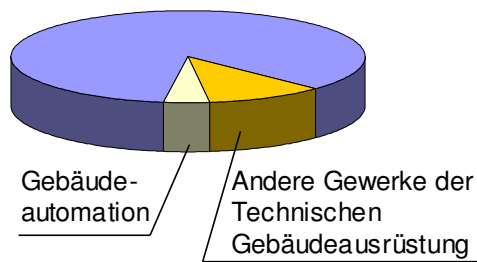


Bild 1: Typischer Kostenanteil der technischen Gebäudeausrüstung und der Gebäudeautomation an den Gesamterstellungskosten eines Gebäudes [1]

Die Nutzer eines Gebäudes schließlich profitieren von einem erheblichen Maß an Komfort und Sicherheit, welches ihnen die Konzentration auf ihre Kernaufgaben ermöglicht, in der Gewissheit, dass die benötigte Energie optimal zum Einsatz kommt.

Die Übernahme und Nutzung aktueller Entwicklungen aus der Informationstechnik machen es

möglich – Systeme der Gebäudeautomation bieten ein Optimum an Betriebssicherheit, Produktivität und Kosteneinsparung und amortisieren sich in der Regel in kurzer Zeit. Es macht daher Sinn, auch bestehende Gebäude nachzurüsten, ggfls. schrittweise oder in Verbindung mit Modernisierungsmaßnahmen.

3. Was ist Gebäudeautomation?

Geht man von der Definition der Gebäudeautomation in der Normung aus, so ist Gebäudeautomation mehr als eine Technik: Sie umfasst neben Produkten und Software auch technische Dienstleistungen, d. h. infra-

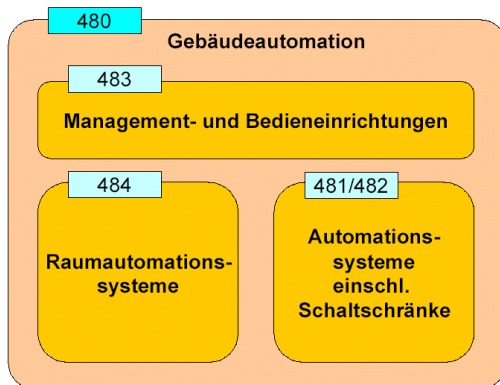


Bild 2: Aufbau der Kostengruppe 480 aus DIN 276-1:2006-11 „Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau“

strukturelle Maßnahmen – immer jedoch mit dem Ziel, die Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung „energieeffizient, wirtschaftlich und sicher“ betreiben zu können. Gebäudeautomation ist also kein Selbstzweck, sondern Hilfsmittel. Sie existiert nur in Verbindung mit Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung. Legt man die Systematik der DIN 276, Kostengruppe 480, zugrunde, so ergeben sich folgende Zielfelder für Gebäudeautomation (Bild 2):

- **Rauminstallationen (Heizung, Kühlung, Beleuchtung, Sonnenschutz)**
 Insbesondere dieser Bereich, der als „Raumautomation“ (→ Kostengruppe 484) bezeichnet wird, ist ein extrem wirkungsvoller Ansatz zur Realisierung von Energieeffizienz bei den hier betrachteten Gebäuden, da er eine automatische Anpassung der Energieströme an die aktuelle Nutzungssituation eines Raumes ermöglicht.
- **Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen, Starkstromtechnik (z. B. Schaltanlagen, Ersatzstromanlagen)**
 Diese Bereiche – häufig auch unter dem Begriff „Primäranlagen“ zusammengefasst – haben über Jahre das klassische Verständnis von Gebäudeautomation geprägt. Herzstück von Automationssystemen für Primäranlagen sind freiprogrammierbare Steuerungen, sog. DDC-Automationsstationen (→ Kostengruppen 481 und 482).
- **Übergeordnete Einrichtungen für die Bedienung von Gebäudeautomation und als Hilfsmittel für Gebäudemanagement**
 Management- und Bedieneinrichtungen bilden die Schnittstelle zum Bediener der Anlage. Sie unterstützen ihn bei der zentralen Bedie-

nung der Gebäudetechnik, bei der Koordinierung seiner Aufgaben und der Analyse der Messergebnisse (→ Kostengruppe 483).

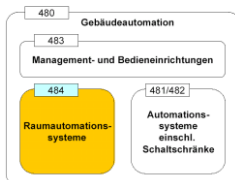
Es besteht Zugriff auf alle Datenpunkte der Anlage, die von hier aus bedient und beobachtet werden können. Die Hardware besteht aus handelsüblichen PCs, in der Regel mit hoher Festplatten-Speicherkapazität und Einrichtungen zur sicheren Archivierung der Daten.

- **Nutzungsspezifische Anlagen (z. B. Küchentechnik, Laboreinrichtungen)** (→ Kostengruppe 470)

Die Automation derartiger Anlagen wird klassisch nicht als Aufgabe von Gebäudeautomation betrachtet. Ihre Integration über geeignete Kopplungen ist jedoch in vielen Fällen technisch und wirtschaftlich sinnvoll und für ein umfassendes Gebäudemanagement unerlässlich (sh. auch Kapitel 3.2).

3.1. Funktionen der Gebäudeautomation

Im Mittelpunkt von Gebäudeautomation stehen nicht Geräte, sondern Funktionen, die diese Geräte zur Verfügung stellen, um das Ziel „Steigerung der Energieeffizienz“ zu erreichen.



3.1.1. Automationsfunktionen im Raum

Seit etwa 15 Jahren sind kommunikationsfähige Sensoren und Aktoren – sog. BUS-Systeme – am Markt verfügbar, die es ermöglichen, einzelraumbezogene Automationsfunktionen wirtschaftlich in ein Gebäudeautomations-System zu integrieren.

Nach VDI 3813-1 [2] umfasst Raumautomation alle Aufgaben und Funktionen einer gewerkeübergreifenden Automation im betrachteten System „Raum“ unter Berücksichtigung des Nutzungskonzepts einschließlich der Schnittstellen zur technischen Gebäudeausrüstung und der Raum- bzw. Gebäudehülle.

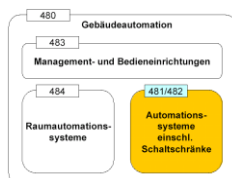
Mit Funktionen der Raumautomation wird sich Blatt 2 der VDI-Richtlinie 3813 beschäftigen, das derzeit noch in Arbeit ist. Raumautomationsfunktionen wurden jedoch bereits durch den LONMARK Deutschland e. V. definiert und im Hinblick auf ihre Energieeffizienz bewertet [3].

Bezüglich ihrer Auswirkung auf den Energiebedarf lassen sich die Funktionen der Raumautomation in zwei Gruppen aufteilen (Tabelle 1):

- Funktionen, die primär den Bedarf an elektrischer Energie für die Beleuchtung reduzieren,
- Funktionen, die den Energiebedarf zum Heizen oder Kühlen verringern.

Tabelle 1: Energierelevante Raumautomationsfunktionen [3]. Für eine Beschreibung der Funktionen sh. Kapitel 4.1.

Raumautomationsfunktion (nach LONMARK)	Relevanz bezügl. Beleuchtungs- energie	Relevanz bezügl. Heiz- /Kühl- energie
Beleuchtungsfunktionen		
Automatiklicht	X	
Tageslichtschaltung	X	
Konstantlichtregelung	X	
Sonnenschutzfunktionen		
Thermoautomatik		X
Sonnenautomatik	X	
Lamellennachführung	X	
Raumklimafunktionen		
Zeitprogramm für Betriebsarten		X
Präsenzsuschaltung		X
Fensterüberwachung		X
Freie Nachtkühlung		X
Sommerkompensation		X
Lastoptimierung		X

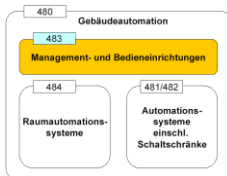


3.1.2. Automationsfunktionen an Primäranlagen

Als Beispiele für Automationsaufgaben im Umfeld von Primäranlagen seien erwähnt:

- Anlagennahe Mess- und Stellaufgaben, die für jede Form von Automation unabdingbar sind, wie z. B. die Messung der Heizwassertemperatur oder das Einstellen der Drehzahl von Ventilatoren,
- die außentemperaturabhängige Regelung der Heizwasser-Vorlauftemperatur in Heizungsanlagen,
- die außentemperaturabhängige Regelung der Zulufttemperatur in Lüftungsanlagen,

- der Schutz von Lüftungsanlagen, z. B. durch Frostüberwachung, Druckbegrenzung usw.,
- übergeordnete Steuerungs- und Optimierungsaufgaben, wie z. B. der energieoptimale Betrieb einer Kälteanlage in Verbindung mit freier Kühlung und Speichern,
- Zeitsteuerung von Anlagen, z. B. Nachtabsenkung.



3.1.3. Funktionen der Management- und Bedieneinrichtungen

Die Funktionen der Management- und Bedieneinrichtungen werden häufig unter dem Begriff „Gebäudeleittechnik (GLT)“ zusammengefasst.

Typische Aufgaben in diesem Bereich sind

- Visualisierung der gebäudetechnischen Anlagen in Form von Bedienbildern mit dynamischer Einblendung von Messwerten und Zuständen,
 - Einstellen von Parametern der Automation, z. B. Ein/Aus, Hand/Automatik, Schaltzeiten,
 - Überwachung der Luftkonditionen (Temperatur, Feuchte) in allen Einzelräumen,
 - Erzeugung und Verarbeitung von Alarmen bei Anlagenstörungen,
 - Protokollierung wichtiger Ereignisse,
 - Erzeugen von Trenddarstellungen ausgewählter Datenpunkte,
 - Archivierung von Messwerten, z. B. von Zählerständen,
 - Analyse von aktuellen und historischen Messwerten und Zuständen.
- Gerade diese Funktion macht Gebäudeautomation zur unabdingbaren Voraussetzung für ein erfolgreiches Energiemanagement.

3.2. Was ist technisches Gebäudemanagement?

Gebäudemanagement ist die Gesamtheit der mit dem Management, dem Betrieb und der Überwachung von Gebäuden (einschließlich Anlagen und Installationen) verbundenen Leistungen [CEN/TS 15379:2006].

Typisch für jedes Gebäude ist eine Vielzahl von Wechselwirkungen zwischen Bereichen, die in der Baubranche klassisch als separate Gewerke aufgefasst werden.

Beispiele:

- Eine Temperaturerhöhung im Gebäude kann durch das Gewerk Heizung („mehr Heizen“) oder das Gewerk Kälte („weniger Kühlen“) erreicht werden.
- Eine Vergrößerung der Raumhelligkeit lässt sich realisieren durch Einschalten der Beleuchtung (Gewerk Elektro) oder durch Hochfahren der Jalousien (Gewerk Sonnenschutz). Letzteres hat wiederum Konsequenzen für die Raumtemperatur und betrifft somit die Gewerke Heizung oder Kälte.

Es ist eine der Aufgaben des Gebäudemanagements – im engeren Sinne des technischen Gebäudemanagements – in einer konkreten Situation unter mehreren Varianten die jeweils optimale zu wählen, optimal im Hinblick auf Kosten und Energieeffizienz und unter Berücksichtigung der Belange unterschiedlicher Gewerke.

Wegen der sich ständig ändernden Randbedingungen – Klima, innere Lasten – und der teilweise sehr komplexen gewerkeübergreifenden Zusammenhänge wäre der Personalaufwand erheblich, wenn man diese Aufgaben nicht auf automatisch arbeitende Einrichtungen – Gebäudeautomations-Systeme – übertragen würde.

Eine weitere Aufgabe des technischen Gebäudemanagements – zunehmend auch von externen Dienstleistern angeboten – ist der Abgleich von Verbrauchswerten mit Prozessgrößen wie etwa Raumtemperaturen, Kälteleistungen usw., aber auch mit Klimadaten, um verbindliche Aussagen über die Gesamteffizienz von Gebäuden und Gebäudeteilen treffen zu können. Nicht zuletzt bilden derartige Daten auch die Grundlage für die Verantwortlichen des Technischen Gebäudemanagements, um Forderungen nach strukturierten Kosten-/Verbrauchszuordnungen von Medien zu verschiedenen Gebäuden, Mietern oder Kostenstellen erfüllen zu können.

Gebäudemanagement zur Steigerung der Energieeffizienz ist nicht zwingend auf die Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung im klassischen Sinne beschränkt. Ein Gebäudenutzer erwartet möglicherweise, dass Gebäudemanagement auch solche Anforderungen umfasst, die ihm

aus der optimierten Gebäudenutzung im Rahmen seines Kerngeschäfts entstehen. Dem muss Gebäudeautomation entsprechen, indem sie Kopplungen zu weiteren „Management“-Systemen bereit stellt, wie etwa im Fall eines Hotels die Kopplung mit einem Hotelmanagementsystem zur bedarfsgerechten Konditionierung von Hotelräumen oder in Schulen die Kopplung zu den Abluftanlagen von Laborabzügen.

Auch im Rahmen typischer Aufgaben des kaufmännischen Gebäudemanagements kann die Managementeinrichtung eines Gebäudeautomations-Systems einen wichtigen Beitrag leisten. Beispiel hierfür ist die erwähnte Abrechnung von Energie- und Medienverbräuchen. Originäre Aufgabe der Gebäudeautomation ist hier die verbrauchergerechte Erfassung, abrechnungsfeste Archivierung und aussagekräftige Auswertung von Zählerständen. Deren weitere Verarbeitung zur Abrechnung mit den jeweiligen Nutzern wird durch die Kopplung mit einem Facility Management-System ermöglicht.

Gebäudeautomation ist somit ein unverzichtbares Werkzeug für ein umfassendes technisches Gebäudemanagement.

4. **Wirtschaftlicher Nutzen, Beitrag zur Energieeffizienz, Argumente**

Konsequenter Einsatz von Gebäudeautomation führt zu Vorteilen, von denen hier einige genannt sind:

- Integration unterschiedlicher Gewerke erschließt Optimierungspotentiale.
- Die Verfügbarkeit historischer Daten, Instandhaltungssoftware sowie leistungsfähiges Alarmmanagement verbessern das technische Gebäudemanagement.
- Energiekosten lassen sich reduzieren durch Visualisierung der Energieverbräuche, durch Strukturierung der Verbrauchsdaten und durch Energiemanagementprogramme.
- Energiekosten werden transparent. Die verbrauchsgerechte Abrechnung bzw. Kostenumlage wird erleichtert.
- Die Anlagen lassen sich einfacher bedienen, wenn Routinearbeiten und sich täglich wiederholende Aufgaben automatisiert werden.
- Softwarelösungen und Netzwerke erhöhen die Flexibilität bei sich ändernden Anforderungen, Umbauten und Erweiterungen.

Gebäudeautomation führt zu Einsparmöglichkeiten bei den Betriebskosten, die üblicherweise in der gleichen Größenordnung liegen wie die jährliche Abschreibung bzw. die jährlichen Kapitalkosten für die gesamte Bausumme, d. h. zwischen 2 % und 5 % der Bausumme [1].

Erfahrungswerte besagen, dass die jährlichen Energie-, Instandhaltungs- und Personalkosten durch den Einsatz von Gebäudeautomations-Systemen um 10 % bis 30 % reduziert werden können [1].

Die Kosten von Gebäudeautomations-Systemen liegen je nach Anforderungen und Ausführung zwischen 1 % und 5 % der gesamten Bausumme. Man kann davon ausgehen, dass der Anteil der Automationstechnik an der gesamten Gebäudetechnik künftig zwischen 20 % und 30 % liegen wird [1].

Die statische Amortisationszeit von Gebäudeautomations-Systemen liegt in der Regel unter vier Jahren [1].

Eine im Auftrag des BDI erstellte Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ [4] identifiziert Energieverbrauchsmonitoring und Regelsysteme als Hebel zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor. Von besonderer Bedeutung ist dabei, dass es sich um einen Hebel handelt, bei dessen Umsetzung für den Entscheider unter Berücksichtigung der jeweiligen Amortisationszeiträume und Diskontierungsraten Einsparungen entstehen.

Quantitativ kommt die Studie zu folgendem Ergebnis:

Im tertiären Sektor (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, öffentliche Gebäude, Gebäude in der Landwirtschaft) leisten die für 2020 prognostizierte Effizienzsteigerung vorhandener Lüftungssysteme sowie Energie-

Energieverbrauchsmonitoring und Regelungssysteme verringern die Emission von Treibhausgasen und sind dabei wirtschaftlich [4]!

verbrauchsmonitoring und Regelungstechnik mit 11 Mio. t CO₂e¹ den größten Beitrag zur Treibhausgasvermeidung. Dabei sollen Einsparungen (!) in Höhe von etwa 110 €/t CO₂e entstehen. Alleine durch Energieverbrauchsmonitoring und Regelungstechnik würden 5,4 Mio. t CO₂e bzw. 78 €/t CO₂e eingespart. Diese Werte sind höher als die entsprechenden Beträge für die Dämmung von Bürogebäuden (2,6 Mio. t CO₂e; 26 €/t CO₂e) und die Dämmung von Schulen (0,5 Mio. t CO₂e; 15 €/t CO₂e)!

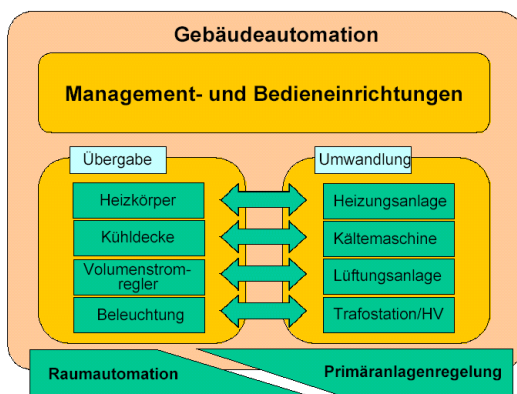


Bild 3: Ein integriertes Gebäudeautomationskonzept umfasst Einzelräume ebenso wie Primäranlagen.

Traditionelle Maßnahmen zur Einsparung von Energie, wie eine verbesserte Gebäudedämmung, neue Isolierglasfenster oder der Austausch von Heizkesseln, zielen allesamt lediglich auf den Heizwärmebedarf und bleiben somit für andere Energiebedarfsformen wie Kälte oder elektrische Beleuchtung wirkungslos. Ein integriertes Gebäudeautomationskonzept (Bild 3) dagegen versucht,

¹ CO₂e: Kohlendioxid-Äquivalent, d. h. Kennzahl für die Intensität eines Treibhausgases, gemessen an der Treibhausgaswirkung von Kohlendioxid, z. B. 21 für Methan, 310 für Lachgas

- Energie-, „Verschwendung“ am Ort der Übergabe von Energie, d. h. in den Räumen, zu vermeiden
- den verbleibenden Energiebedarf mit Hilfe von Primäranlagen zu decken, die die Umwandlung von Energie mit einem optimalen Wirkungsgrad durchführen.

Ein derart umfassender Ansatz bietet sich sowohl für bestehende als auch für neue Gebäude als Alternative zu den traditionellen Verfahren der Energieeinsparung geradezu an.

Die Basis für Argumente zugunsten von Raum- und Gebäudeautomation im Rahmen energiesparender Maßnahmen hat sich in den vergangenen Jahren entscheidend verbessert: Neuere deutsche und europäische Regelwerke sowie darauf basierende Studien stellen dem planenden Ingenieur erstmalig Zahlen und Werkzeuge zur Verfügung, um die Wirkung energiesparender Maßnahmen im Vorfeld abzuschätzen.

So finden sich in einzelnen Teilen der DIN V 18599 [5] bereits Einflussfaktoren für energiesparende Raum- und Gebäudeautomationsfunktionen. Im Zusammenhang mit einem vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik entwickelten Excel-Tool [6] lässt sich die Auswirkung dieser Faktoren auf die Energiebedarfe für Wärme, Kälte und Beleuchtung – z. B. in Bezug auf das Referenzgebäude nach Anlage 2 der EnEV 2007 [7] – berechnen.

Weitere quantitative Ansätze für das Energieeinsparpotenzial von Raum- und Gebäudeautomation liefert EN 15232 [8] (vgl. Abschnitt 4.3).

In einer an der Hochschule Biberach im Auftrag des LONMARK Deutschland e. V. erstellten Studie werden die genannten Quellen analysiert und daraus konkrete Einsparpotenziale ermittelt [9].

4.1. Beitrag der Raumautomation

Der Text von Abschnitt 4.1 ist mit freundlicher Genehmigung des LONMARK Deutschland in weiten Teilen der Broschüre [3] entnommen.

4.1.1. Funktionen zur Einsparung von Beleuchtungsenergie

Funktionen zur Einsparung der Beleuchtungsenergie nutzen die Raumkonditionen Helligkeit und Anwesenheit, um unnütze künstliche Beleuchtung zu vermeiden. Die jeweiligen Einsparpotenziale sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Funktionen zur Einsparung von Beleuchtungsenergie [3]

Raumautomations-Funktion	Einsparung ¹⁾	Positive Einflussfaktoren
Konstantlichtregelung (mit Präsenzerkennung)	35 – 50 %	<ul style="list-style-type: none"> ➔ gute Tageslichtversorgung ➔ hohe Beleuchtungsstärke (> 300 lx) ➔ besonders effizient mit Lamellennachführung (s. u.)
Tageslichtschaltung (mit Präsenzerkennung)	25 – 45 %	<ul style="list-style-type: none"> ➔ gute Tageslichtversorgung ➔ hohe Beleuchtungsstärke
Sonnenautomatik	5 – 8 %	➔ gute Tageslichtversorgung
Lamellennachführung	10 – 13 %	<ul style="list-style-type: none"> ➔ gute Tageslichtversorgung ➔ besonders effizient mit Konstantlichtregelung (s. o.)
Automatiklicht bzw. Treppenlicht	k. A.	➔ geringe Anwesenheitsdauern

1) Einsparpotenzial gegenüber Referenzgebäude gemäß EnEV [7] bzw. EN 15232 [8]

Konstantlichtregelung

Die Konstantlichtregelung basiert auf Sensoren zur Erfassung der Raumhelligkeit und der Anwesenheit von Personen und ermöglicht durch dimmbare Beleuchtungsaktoren eine besonders effiziente Anpassung der künstlichen Beleuchtung an das geforderte Helligkeitsniveau. Aus diesem Grund erreicht sie das hohe Energieeinsparpotenzial von bis zu 50 % der Nutzenergie für Beleuchtung. Diese hohe Einsparung ist insbesondere dann erreichbar, wenn der Raum eine gute Tageslichtversorgung aufweist, z. B. durch große Fensteranteile, und hohe Beleuchtungsstärken benötigt, z. B. Büro- oder PC-Arbeit mit 500 lx.

Tageslichtschaltung

Diese Funktion verzichtet auf Dimmaktoren und verwendet stattdessen schaltbare Lichtaktoren. Sie ist also mit der Konstantlichtregelung verwandt, ermöglicht jedoch keine so exakte Anpassung des Beleuchtungsniveaus an das Mindestniveau. Während die positiven Einflussfaktoren

denen der Konstantlichtregelung entsprechen, muss ein Effizienzverlust von ca. 10 % hingenommen werden, so dass maximal 45 % Einsparung erreicht werden.

Automatiklicht

In Räumen ohne ausreichende Tageslichtversorgung, z. B. in Fluren und innenliegenden Gemeinschafts- und Sanitarräumen, kann die Automatiklichtfunktion durch ihre anwesenheitsabhängige Lichtschaltung Energie einsparen. Die Einsparung hängt dabei im Wesentlichen von der Aufenthaltsdauer in den Räumen ab. Je seltener ein Raum genutzt wird, desto höher ist das Einsparpotenzial.

Sonnenautomatik

Die Sonnenautomatik stellt eine einfache Form des automatisch wirkenden Blendschutzes dar. Die Jalousien werden automatisch in eine definierte Blendschutzposition gefahren, wenn eine zu hohe Sonneneinstrahlung auf die entsprechende Fassade wirkt. Da in Phasen ohne Blendgefahr der Sonnenschutz aufgefahren wird, nimmt die Tageslichtversorgung im Vergleich zu einem manuell betätigten Behang zu. Das führt zu einer Reduzierung der Kunstlichtversorgung und spart nochmals bis zu 8 % der Beleuchtungsenergie ein.

Lamellennachführung

Die Lamellennachführung ist eine konsequente Erweiterung der Sonnenautomatik. Statt den aktivierten Sonnenschutz in einer festen Position zu belassen, wird der Winkel der Lamellen zyklisch dem Stand der Sonne angepasst. Dadurch steigt in Zeiten direkter Sonneneinstrahlung der durch die Jalousie dringende Anteil diffusen Tageslichts, was zu einer weiteren Reduzierung der Beleuchtungsenergie führt. Auf diese Weise lassen sich nun im Vergleich zum manuellen Sonnenschutz bis zu 13 % der Nutzenergie Beleuchtung einsparen.

Zusammenspiel von Lamellennachführung und Konstantlichtregelung

In einem integrierten System ermöglicht gerade das Zusammenspiel zwischen Lamellennachführung und Konstantlichtregelung enorme Bedarfsreduzierungen – im Idealfall bei Räumen mit guter Tageslichtversorgung auf fast ein Drittel. Ein Nebeneffekt dieser Strategie ist, dass der nun reduzierte Wärmeeintrag durch Beleuchtung und Sonne den Endenergiebedarf für Wärme erhöht und gleichzeitig den Kühlbedarf in ähnlicher Größenordnung verringert. Was zunächst wie ein „Nullsummenspiel“ anmutet, ist allerdings bezogen auf den Primärenergiebedarf und die Energiekosten ein enormer Gewinn, da die Erzeugung einer Kilowattstunde Kälte dreimal soviel an Geld und Primärenergie „kostet“ wie eine Kilowattstunde Wärme.

4.1.2. Funktionen zur Einsparung von Heiz- und Kühlenergie

Bei den Funktionen zur Einsparung von Heiz- und Kühlenergie resultieren diese Einsparungen daraus, dass die Temperatur dann abgesenkt wird, wenn der Raum nicht benutzt wird oder das Nutzerverhalten eine ansonsten gewünschte Komforttemperatur unsinnig macht. Im Kühlfall ergeben sich Einsparungen, wenn eine Erhöhung der Raumtemperatur akzeptiert wird. Die Funktionen, welche den Energiebedarf beeinflussen, sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Funktionen zur Einsparung von Heiz-/Kühlenergie [3]

Raumatautomations-Funktion	Einsparung ¹⁾	Positive Einflussfaktoren
Betriebsartenumschaltung über Zeitprogramm	5 – 10 %	→ lange Betriebszeit der Heizung/Kühlung → geringe Gebäudemasse
Präsenzerkennung	5 – 10 %	→ längere Abwesenheit während der Betriebszeit der Heizung/Kühlung
Fensterüberwachung	5 – 10 %	→ geringe Gebäudemasse
Freie Nachtkühlung	k. A.	→ gute Zirkulationsmöglichkeit der Außenluft
Sommerkompensation	k. A.	
Lastoptimierung	k. A.	
Thermoautomatik des Sonnenschutzes	5 %	→ gute Tageslichtversorgung → außenliegender Sonnenschutz
Zeitprogramm für Sonnenschutz	k. A.	

1) Einsparpotenzial gegenüber Referenzgebäude gemäß EnEV [7] bzw. EN 15232 [8]

Betriebsartenumschaltung über Zeitprogramm

Das Umschalten der Betriebsarten Komfort, Pre-Komfort und Ökonomie [10] mit den zugeordneten Solltemperaturen minimiert die Transmissions-wärmeverluste. Ein Zeitprogramm sorgt dafür, dass Räume nur während der geplanten Belegung aufgeheizt oder gekühlt werden. In den übrigen Zeiten wird auf Pre-Komfort- oder Ökonomiebetrieb umgeschaltet. Diese Funktion ist besonders dann

Betriebsartsteuerung [10]

für manuelle oder automatische Umschaltung in folgende Betriebsarten mit jeweils eigenen Sollwerten:

- **Komfortbetrieb**, Raumtemperatur im Behaglichkeitsbereich
- **Pre-Komfortbetrieb**, Anhebung bzw. Absenkung an Behaglichkeitsgrenzen
- **Ökonomiebetrieb** (Betriebsparameter ausserhalb der Belegungszeiten z.B. Nacht-Weekendbetrieb)
- **Schutzbetrieb** für Frost-, Überhitzungs- und Betauungsschutz oder
- **Aus**

wichtig, wenn die Betriebszeit der Heizung oder Kühlung aufgrund unterschiedlicher Raumnutzungen, z. B. Gleitzeit oder mehrere Mieter, weit über der durchschnittlichen Belegungszeit eines Raums liegt. Auf diese Weise können im Gebäude bis zu 10 % der Heiz- oder Kühlenergie eingespart werden. In

modernen Gebäuden mit leichter Bauweise ist wegen des geringeren Speichervermögens der Massen dieser Effekt deutlicher ausgeprägt.

Bei größeren Gebäuden mit nutzungsbedingten längeren Betriebsunterbrechungen lohnt es sich meist, das sog. „gleitende Schalten“ einzuführen, d. h. ein Programm, das die Anlagen vor Betriebsbeginn so spät wie nötig einschaltet und bei Betriebsende so früh wie möglich ausschaltet. Dazu müssen Parameter wie die im Gebäude gespeicherte Restwärme, die aktuelle Außentemperatur sowie die zur Verfügung stehende Aufheizleistung am Morgen berücksichtigt werden.

Beste Voraussetzungen für gleitendes Schalten bieten Verwaltungsgebäude, Büros und Schulen mit Grundflächen von mehr als 2.000 m². Dort sind – abhängig von der Bauweise – Energieeinsparungen von bis zu 21 % realisierbar [1]. Hinzu kommt die Reduzierung des Stromverbrauchs von Heizungsumwälzpumpen, die in den v. g. Zahlen noch nicht berücksichtigt ist.

Die Kapitalrückflusszeiten liegen in der Regel bei etwa drei Jahren [1].

Präsenzerkennung

Werden Räume nur temporär genutzt, z. B. Besprechungsräume, oder gibt es signifikante Abwesenheitsphasen, wie z. B. in Einzel- oder Kleinbüros, ist es sinnvoll, die zeitgesteuerte Betriebsartenumschaltung (siehe oben) mittels Präsenzerkennung zu modifizieren. Räume werden zeitgesteuert zunächst nur in den Bereitschaftsbetrieb geschaltet. Erst bei Erkennung der Anwesenheit wird auf den Komfort-Sollwert umgeschaltet. Diese Funktion verbessert die Effizienz je nach Belegungshäufigkeit um weitere 10 %.

Fensterüberwachung

In Gebäuden mit Fensterlüftung führt das Öffnen der Fenster meistens zu einem Energieverlust. Herkömmliche Thermostatventile verhalten sich dabei völlig kontraproduktiv: Aufgrund der abfallenden Temperatur öffnen sie das Ventil. Das führt zur Zunahme der Energieverschwendung. Deshalb ist eine Regelung mit Überwachung der Fenster und automatischer Umschaltung in den Frostschutzbetrieb vorzuziehen. Die erzielbare Energieeinsparung beträgt zwischen 5 % und 10 % und fällt auch hier wegen der geringeren Speicherfähigkeit in Gebäuden mit leichter Bauweise höher aus.

Thermoautomatik

Ein vorhandener Sonnenschutz kann den Eintrag der Sonnenenergie effektiv steuern. Es ist sinnvoll, diese Funktion zur Unterstützung des Heiz- oder Kühlbetriebs in den Zeiten zu aktivieren, in denen der Raum nicht genutzt wird und deshalb die Notwendigkeit eines Blendschutzes entfällt. So kann z. B. im Frühjahr die Sonnenenergie gezielt den Aufheizvorgang unterstützen, während an heißen Sommertagen eine Überhitzung durch Abschattung vermieden werden kann.

Freie Nachtkühlung

Die freie Nachtkühlung nutzt die kalte Nachtluft zum Herunterkühlen eines Raumes ohne nennenswerten Energieeinsatz. Diese Funktion kann

auch ohne den Einsatz von Lüftungsanlagen durch automatisch zu öffnende Fenster realisiert werden. Voraussetzung für den energiesparenden Effekt ist eine konstruktiv berücksichtigte Durchströmung, damit Speichermassen entladen werden können. Angaben zum Einsparpotenzial lassen sich zur Zeit nicht finden, allerdings weisen div. Veröffentlichungen die Wirksamkeit nach.

Lastoptimierung

Der Einsatz eines integrierten Raumautomationssystems bietet die Möglichkeit, die Heiz- und Kühlbedarfe aller Räume zu erfassen. Durch Auswertung aller Bedarfe eines jeden Vorlaufstrangs kann dessen Temperatur stets optimal an den Bedarf angepasst werden und damit die Verlustenergie reduziert werden. Die Wirkung ist unbestreitbar, Aussagen über das Effizienzpotenzial sind nicht bekannt.

4.2. Beitrag der Automation von Primäranlagen

Bedarfsgeführter Betrieb von Pumpen

Die Vielzahl von Stellventilen im Rahmen von Raumautomationskonzepten sorgt für ständig wechselnde hydraulische Verhältnisse im Leitungsnetz. Während moderne Pumpen ihre Drehzahl bereits selbstständig der erforderlichen hydraulischen bzw. thermischen Leistung anpassen, erschließt ihre Einbindung in die Gebäudeautomation weitere Einsparpotenziale, z. B. durch Abschalten bei abgesperrter Leitung, Blockierschutz bei längeren Stillständen usw.

Die mit modernen Pumpen im Rahmen eines ganzheitlichen Automationskonzeptes erzielbaren Einsparungen sind erheblich: So wurde errechnet, dass in einem großen Hotel in Hannover der Austausch der vorhandenen 80 Pumpen älterer Bauart durch sog. Hocheffizienzpumpen und deren Regelung in Abhängigkeit vom Bedarf zu einer Einsparung von 150.000 kWh/a führen würde – was ca. 5 % des Stromverbrauchs des Gebäudes entspricht [11].

Zeitvariable Verringerung des Luftvolumenstroms in RLT-Anlagen

Diese Möglichkeit der Energieeinsparung erschließt sich durch Verkürzung der Laufzeit bei Nennleistung und/oder Zeitoptimierung auf möglichst kleiner Stufe.

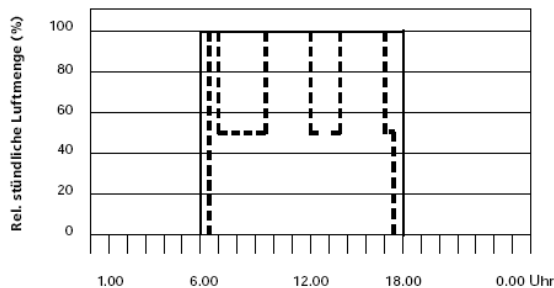


Bild 4: Energieeinsparung durch zeitvariable Verringerung des Luftvolumenstroms (---) gegenüber einem starren Betrieb (—) [12].

So kann man etwa mit dem in Bild 4 für eine Klimaanlage im Bürobereich dargestellten Profil die geförderte Tagesluftmenge auf ca. 75 % des „starren Betriebes“ reduzieren. Die erforderliche Antriebsenergie sinkt dabei auf ca. 65 %.

Diese Verringerung des Luftvolumenstroms erfordert selbstverständlich Antriebe mit mindestens zwei Drehzahlstufen.

Sofern bei Bestandsanlagen Umbauten erforderlich sind, kann man davon ausgehen, dass sich die damit verbundenen Investitionen in weniger als zwei Jahren amortisieren [12].

Ventilator-Betrieb mit variabler Drehzahl

Eine exakt am Bedarf ausgerichtete Einstellung des Luftvolumenstroms erfordert Ventilatorantriebe, deren Drehzahl stufenlos veränderbar ist. Der Einsatz von Stellklappen oder Dralldrosseln ist aus energetischer Sicht nicht zu empfehlen. Erfreulicherweise haben sich in der HLK-Branche Drehstrommotoren durchgesetzt, die mit Frequenzumrichtern angesteuert werden.

Der aktuelle Volumenstrombedarf ergibt sich gewöhnlich aus einer Messung des Drucks im Kanalsystem. Dieser verändert sich, wenn Gebäudenutzer Zuluftauslässe öffnen oder schließen. Dem wirkt ein Regler des Gebäudeautomations-Systems entgegen, indem er die Drehzahl der Ventilatoren entsprechend verändert.

Die Modellrechnung einer Lüftungsanlage für ca. 1.500 m² Bürofläche führt unter Zugrundelegung eines vereinfachten Lastprofils zu folgendem

Bei RLT-Anlagen ab einer Luftleistung von 20.000 m³/h (Tendenz: fallend!) ist die stufenlose Drehzahlverstellung von Ventilatoren die technisch und ökonomisch beste Lösung!

Ergebnis [12]: Bei angenommenen Stromkosten von 92 €/MWh (netto) erzielt die Drehzahlverstellung mit Frequenzumrichter im Vergleich zum Konstantvolumenstrombetrieb etwa 2.812,00 € an Energiekostensparnis. Damit würde sich die Ausrüstung mit einem Frequenzumrichter bei Investitionen von ca. 5.100,00 € allein aus der Stromkostensparnis in weniger als zwei Jahren bezahlt machen.

Hinzu kommen Einsparungen bei der thermischen Luftbehandlung und durch den selteneren Filterwechsel.

Regelung der CO₂-Konzentration in RLT-Anlagen

Ein sehr moderner Ansatz zur (weiteren) Energieeinsparung in RLT-Anlagen ist die Regelung der CO₂-Konzentration. Sie sorgt dafür, dass nur soviel Außenluft in die Anlage gelangt, wie zur Aufrechterhaltung einer vorgegebenen CO₂-Konzentration erforderlich ist. Dies führt zu Einsparungen sowohl von Wärmeenergie.

Flexible Sollwerte

Zusätzliche Energieeinsparungen bei RLT-Anlagen lassen sich durch die regelungstechnische Ausnutzung der Grenzen des Behaglichkeitsfelds (Raumlufthtemperatur, Raumlufthfeuchte) erzielen. Dies bedeutet die Absenkung der Raumtemperatur im Heizfall bzw. deren Anhebung im Kühlfall. Daraus ergeben sich Einsparungen bei der Luftaufbereitung und beim Lufttransport.

Auszug aus dem Energiebericht 2003 der BayernLB [13]

- Kosteneinsparung durch Optimierung, Sanierung und Anpassung der Funktionsabläufe in der Kälteerzeugung	89.428 €
- Kosteneinsparung durch Anpassung der Betriebszeiten von RLT-Anlagen an tatsächliche Nutzungszeiten	58.780 €
- Kosteneinsparung durch Einführung von Temperatur- und Feuchtebändern	41.300 €

Zu erzielende relative Einsparpotentiale erreichen nach [12] Werte bis zu 20 % (Lufttransport), 10 % (Sekundärkühlung), 15...18 % (Primärkühlung), 2...3 % (Nacherwärmung), wenn man für den Kühlfall das Behaglichkeitsfeld um +1K und +10 % r. F. aufspreizt. Ausgangssituation ist dabei ein Bürogebäude in Deutschland mit einer Ener-

giekennzahl von 220 kWh/(m²·a), Klimaanlage mit Taupunktregelung und WRG, Betrieb nach DIN 1946, gleitend (22...26 °C, 45...50 % r. F.).

In Neuanlagen bzw. Bestandsanlagen, die keine anlagentechnischen Umbauten erfordern, besitzen derartige Maßnahmen Amortisationszeiten von weniger als einem Jahr. Wenn der Umbau von Anlagen erforderlich ist, ist bei kleineren Anlagen mit Kapitalrückflusszeiten zwischen 5 und 6 Jahren, bei Anlagen mit mehr als 20.000 m³/h zwischen 2 und 4 Jahren zu rechnen [12].

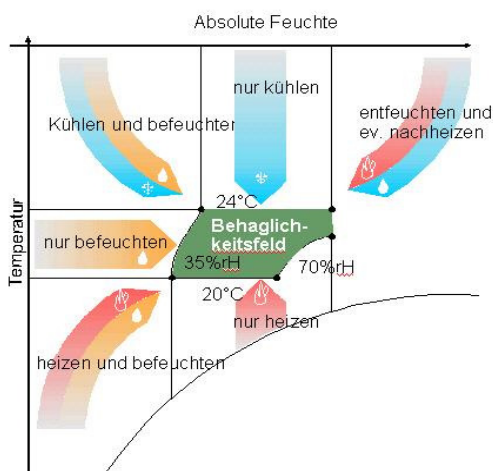


Bild 5: **Strategien zur Energieeinsparung durch Ausnutzen eines größeren Behaglichkeitsfeldes.** [12]

Fortgeschrittene Strategien

Verschiedene Hersteller haben Regelstrategien entwickelt, bei denen die Sollwerte der Luftkonditionen innerhalb des Behaglichkeitsfelds nach DIN1946 - oder auch darüber hinaus – automatisch nach bestimmten Kriterien verändert werden.

Als Beispiel sei ein Konzept der Fa. Siemens Building Technologies erwähnt (12), bei dem zusätzlich die Kostenrelation zwischen Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten hinterlegt ist. Damit wurden in der Praxis Energieeinsparungen von bis zu 50% gegenüber Anlagen mit fest eingestellten Sollwerten erzielt.

4.3. GA-Effizienzfaktoren der EN 15232

Die Auswirkungen von Funktionen der Gebäudeautomation und des technischen Gebäudemanagements auf den jährlichen Energieaufwand für Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung eines Gebäudes lassen sich durch sog. „GA-Effizienzfaktoren“ ausdrücken. EN 15232 [8] teilt dazu Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude in vier GA-Effizienzklassen A, B, C und D ein, die sich durch ihre Ausrüstung mit Gebäudeautomations-Funktionen unterscheiden. Gebäude mit einem hohen Automationsgrad sowohl im Bereich der Primäranlagen als auch bei den

Funktionen der Raumautomation sowie einer Managementebene entsprechen der Klasse A. Die Klasse C definiert eine Standardausstattung und gleichzeitig den Referenzwert 1 für die GA-Effizienzfaktoren. Klasse D

Durch die Nennung einer GA-Effizienzklasse nach EN 15232 in der Leistungsbeschreibung kann ein Auftraggeber einen bestimmten Standard der Ausstattung mit Gebäudeautomation festschreiben!

entspricht Gebäudeautomations-Systemen, die nicht energieeffizient sind. In der Norm heißt es dazu: „Gebäude mit derartigen Systemen sind zu modernisieren. Neue Gebäude dürfen nicht mit derartigen Systemen gebaut werden.“

Es gibt GA-Effizienzfaktoren für thermische Energie (Heizung, Kühlung) „ $f_{BAC,HC}$ “ und elektrische Hilfsenergie „ $f_{BAC,el}$ “ (Pumpen, Ventilatoren usw.):

Tabelle 4: GA-Effizienzfaktoren $f_{BAC,HC}$ für thermische Energie

GA-Effizienzklasse	D	C	B	A
Büros	1,51	1	0,80	0,70
Schulen	1,20	1	0,88	0,80
Hotels	1,31	1	0,85	0,68
Restaurants	1,23	1	0,77	0,68

Tabelle 5: GA-Effizienzfaktoren $f_{BAC,el}$ für elektrische Energie

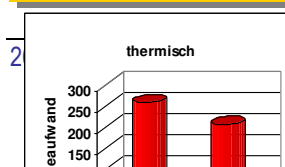
GA-Effizienzklasse	D	C	B	A
Büros	1,10	1	0,93	0,87
Schulen	1,07	1	0,93	0,86
Hotels	1,07	1	0,95	0,90
Restaurants	1,04	1	0,96	0,92

Wenn also der jährliche Energiebedarf zuzüglich der Anlagenverluste eines Referenzgebäudes (Klasse C) bekannt ist, z. B. durch Berechnung nach den einschlägigen Normen, kann durch Anwendung der GA-Effizienzfaktoren der Energieaufwand für davon abweichende Klassen durch Multiplikation mit dem entsprechenden Faktor bewertet werden.

Beispiel: Bürogebäude, GA-Effizienzklasse C → B,

somit $f_{BAC,HC} = 0,80$ und $f_{BAC,el} = 0,93$

- Errechneter Energieaufwand für Heizen und Kühlen bei Ausstattung nach Klasse C: **260 kWh/Jahr**
- Verringerung durch Ausstattung nach Klasse B auf $260 \text{ kWh/Jahr} * 0,80 = \mathbf{208 \text{ kWh/Jahr}}$



5. Technologien

5.1. Netzwerke

Wie in Abschnitt 3.1.1 bereits erwähnt, wären die dort beschriebenen Raumautomationsfunktionen ohne einen Informationsaustausch über digitale, seriell arbeitende Netzwerke nicht mit vertretbarem Aufwand zu

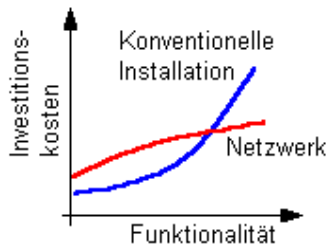


Bild 6: Tendenzuell steigen die Investitionskosten einer Netzwerkinstallation langsamer als die einer konventionellen Lösung.

realisieren (Bild 6). Auch die Weiterleitung des aktuellen Energiebedarfs aus den Räumen an die Automationssysteme der Primäranlagen erfordert ein hohes Maß an Kommunikation. Schließlich sind Datenverbindungen zwischen den Automationssystemen der Räume und denen der Primäranlagen mit den Management- und Bedieneinrichtungen unabdingbar. Auch für diese Verbindungen werden heute ausschließlich Netzwerkverbindungen benutzt. Bild 7 zeigt eine Übersicht der innerhalb und außerhalb eines Gebäudeautomationssystems erforderlichen Kommunikationswege.

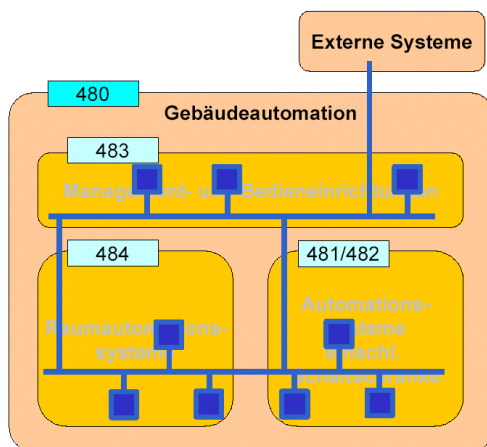


Bild 7: Die Kommunikationswege bei einem Gebäudeautomations-System (schematische Darstellung). ■ = GA-Komponenten, z. B. Sensoren, Aktoren, Controller, Bedieneinrichtungen usw.

Gleichwohl sei an dieser Stelle gesagt, dass Kommunikation keine Automationsfunktion ist! Es ist wichtig, dies zu betonen, da die Diskussion über Netzwerke und die zweifellos notwendige Auseinandersetzung mit diesem Thema häufig von den eigentlichen Aufgaben der Gebäudeautomation ablenkt bzw. ebenso häufig evtl. Mängel der Kommunikation pauschal der Gebäudeautomation angelastet werden – und umgekehrt!

Bis heute sind im Bereich der Automationssysteme von Primäranlagen und zur Erledigung der Kommunikation mit den Management- und Bedieneinrichtungen herstellereigene („proprietäre“) Netzwerke sehr weit verbreitet. Der Wunsch der Kundenseite nach stärkerem Wettbewerb hat allerdings in den letzten Jahren dazu geführt, dass zunehmend sog. „offene“ Netzwerke eingesetzt werden. Offene Netzwerke zeichnen sich dadurch aus, dass ihre Spezifikationen („Protokolle“) veröffentlicht sind

und von jedermann als Grundlage eigener Geräteentwicklungen verwendet werden dürfen.

Die Herausforderung bei der Errichtung von Netzwerken ist die Sicherstellung der Interoperabilität, d. h. der Fähigkeit dieser Geräte, miteinander nicht nur Daten, sondern Informationen auszutauschen. Solange die beteiligten Geräte „aus einer Hand“ stammen, sollte dies kein Problem darstellen. Wenn jedoch Geräte unterschiedlicher Hersteller zusammentreffen, ist Interoperabilität nur möglich, wenn sich die Hersteller strikt an die Vorgaben des Protokolls halten bzw. Interpretationsspielräume in gleicher Weise nutzen.

Derzeit wird der Markt der offenen Netzwerke („Bussysteme“) in der Gebäudeautomation praktisch von drei Entwicklungen dominiert: KNX/EIB, LON und BACnet.

5.1.1. KNX/EIB und KNX RF



KNX/EIB (EIB = Europäischer Installationsbus) ist ein genormtes², offenes Installationsbussystem, das hauptsächlich im Zusammenhang mit Funktionen der Raumautomation, vorwiegend Steuerung und Regelung von Beleuchtungsanlagen, Temperaturregelung sowie Jalousiesteuerung eingesetzt wird.

Gefördert und geleitet (!) wird KNX durch die Herstellervereinigung Konnex Association in Brüssel. Sie sorgt für die Festlegung von techni-

KNX RF wurde als Funkstandard (ISO/IEC 14543) für die Gebäudeautomation entwickelt und deckt die Anforderungen der drahtlosen Installationstechnik ab. Im Kontext des gesamten KNX-Standards mit seinen verschiedenen Medien ist KNX RF die derzeit einzige Lösung, wenn mehr als eine einfache Fernbedienung gefordert ist.

schen Richtlinien und Prüfstandards, die Vergabe des Warenzeichens und die Überwachung der Konformität und Interoperabilität. Dank konsequenter Handhabung dieses Instrumentariums sind KNX/EIB-Produkte aus derzeit fast 7.000 Produktgruppen von über 100 unterschiedlichen Herstellern problemlos interoperabel.

Alle KNX-Geräte besitzen einen eigenen Mikroprozessor und können als gleichberechtigte Teilnehmer Informationen über das Bussystem

² CENELEC EN 50090, CEN EN 13321-1, ISO/IEC 14543-3

miteinander austauschen. Der physikalische Träger der Information kann dabei eine verdrehte Zweidrahtleitung (Twisted Pair), die 230 V – Netzverkabelung (Powerline) oder auch eine drahtlose Funkstrecke (KNX RF) sein. Eine Übertragung von KNX-Telegrammen über ein LAN oder das Internet ist mit Hilfe von IP-Routern möglich.

KNX-Geräte werden in die Kategorien Sensoren, Aktoren und Systemgeräte unterteilt.

Der wohl am weitesten verbreitete Sensor ist ein Taster, der als Installationsgerät in eine UP-Schalterdose eingesetzt wird und das Schalten bzw. Dimmen von Verbrauchern, das Speichern und Abspielen von Szenen usw. ermöglicht. Weitere Beispiele für Sensoren sind Temperaturfühler, Helligkeitsfühler und Präsenzmelder. Zu den Sensoren zählen auch Raumbediengeräte (Bild 8), wie sie im Zusammenhang mit Einzelraumregelungen zum Einsatz kommen. Sie beinhalten z. B. den Raumtemperaturfühler, den Sollwertsteller, Taster für die Auswahl sowie LEDs für die Anzeige der Betriebsart. Die Regelfunktion ist als Software implementiert, die über den Bus die zugeordneten Stellventile für Heizen und ggfls. Kühlen ansteuert.



Bild 8: Beispiel für einen KNX-Einzelraumregler (GIRA)

Beispiele für Aktor sind Schalt- und Dimmgeräte für Beleuchtungsanlagen, Jalousieaktoren oder eben auch Stellventile für Heizkörper. Sie werden angeboten für den Unterputz-Einbau, den Einbau in Zwischendecken bzw. Doppelböden oder als Reiheneinbaugerät für den Einbau in Verteilungen.

Systemgeräte schließlich bilden die Infrastruktur eines KNX-Systems, sei es als Spannungsversorgung, als Schnittstelle zu einem PC oder als Koppler zur Verbindung bzw. Separierung von Busabschnitten.

Von erheblicher Bedeutung für den praktischen Umgang mit KNX ist von der KNX Association herausgegebene einheitliche und ausschließliche Projektierungs- und Inbetriebnahmesoftware ETS (= EIB-Tool-Soft-

ware). Gerätespezifische Parametrierfenster werden über Plug-Ins eingebunden, die die Hersteller zusammen mit ihren Geräten anbieten.

5.1.2. LON



LON[®] steht für Local Operating Network und ist eine universelle Technologie zur dezentralen intelligenten Automation auf Basis von Netzwerken aus sog. Automationsknoten und standardisierten Kommunikationsmedien unter Nutzung eines einzigen durchgängigen Kommunikationsprotokolls. LON wird weltweit in der Gebäude- und Industrieautomation und vielen anderen Branchen eingesetzt.



Bild 9: Ein LON-Raumbediengerät (Speg)

Die LON-Technologie ist international genormt: EIA-709/EIA-852 bzw. EN 14908.

In Gebäuden kann der Netzwerkaufbau alle funktionalen Bereiche von der Raumautomation bis zur Primäranlagen-Automation umfassen. So findet man LON-Knoten in Form von Automationsgeräten im Schaltschrank ebenso wie als Reiheneinbaugeräte in Unterverteilungen oder als Unterputz-Installationsgerät im Rahmen von Raumautomations-Konzepten (Bild 9).

Schlüsselkomponente der LON-Technologie ist der Neuron[®]-Chip – ein leistungsfähiger Mikrocontroller, der einerseits für eine konkrete Anwendung frei programmierbar ist und andererseits das LON-Protokoll „LonTalk“ als Firmware enthält. Über Transceiver kann der Chip mehrere Medien zur Kommunikation nutzen: Verdrillte Zweidrahtleitung und die Netzleitung (PowerLine). LON-Telegramme lassen sich mit Hilfe von Routern auch über ein lokales Netzwerk (LAN) oder das Internet transportieren.

Ein wichtiger Bestandteil des Systems ist das standardisierte Netzwerkmanagement für Installation, Administration und Service von Komponenten in Form des Netzwerk-Betriebssystems LNS[®] (LONWORKS Network Services). Es verfügt über eine leistungsfähige, offen gelegte, gut dokumentierte und allgemein zugängliche Softwareschnittstelle für

das Netzwerk-Management sowie für Datenzugriffe auf das LON-Netzwerk, die sich in die IT-Welt mit ihren Standard-Softwareschnittstellen nahtlos einpasst. Auf der Grundlage dieser Schnittstelle haben mehrere Anbieter eigene Engineering-Werkzeuge entwickelt, mit denen sich LON-Systeme projektieren und in Betrieb nehmen lassen. Gerätespezifische Parametrierprogramme werden als Plug-Ins eingebunden, die die Hersteller zusammen mit ihren Geräten anbieten.

Grundbausteine der Interoperabilität von LON-Knoten sind einerseits die Verwendung von Standard-Netzwerkvariablentypen („SNVTs“) und andererseits die Festlegung von Funktionsprofilen. Letztere sind standardisierte Softwarebausteine, in denen für konkrete Komponenten der Technischen Gebäudeausrüstung (Volumenstromregler, Gebläsekonvektoren, Brandschutzklappen, Pumpen usw.) deren Funktionen, Ein-/Ausgangsvariablen und Konfigurationsparameter festgelegt sind.

In Europa und vielen Ländern außerhalb Europas haben sich Hersteller von LON-Produkten sowie Hochschulen, Systemintegratoren, Planer und Endkunden in nationalen Nutzer-Organisationen organisiert. Die LonMark Deutschland, 1993 als LON Nutzer Organisation e. V. (LNO) gegründet, ist mit mehr als 100 Mitgliedern die größte dieser nationalen Nutzer-Organisationen.

5.1.3. BACnet

BACnet ist ein international genormtes Datenprotokoll für alle Bereiche der Gebäudeautomation (DIN EN ISO 16484-5). Es basiert auf einem entsprechenden Standard der American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE.

Für die kommunikationsnahen Funktionen benutzt BACnet bereits bekannte Übertragungskonzepte. In Europa derzeit am weitesten verbreitet sind die Nutzung des Internet-Protokolls auf einem Ethernet-Netzwerk (BACnet/IP), einer MS/TP-Kommunikation auf einem RS-485-Netzwerk (BACnet/MS/TP), die Nutzung der unteren Protokollschichten des Lon-talk-Protokolls (BACnet/LON) oder aber bei Modem-Verbindungen eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung (BACnet/PTP). Sofern es für diese Über-

tragungsarten funkbasierte Lösungen gibt, lässt sich BACnet hier grundsätzlich integrieren, ohne dass es etwa einer Erweiterung des Standards bedürfte.

Von sehr großer Bedeutung sind in der Praxis die weitreichenden Definitionen des Protokolls im Bereich der Applikationen, also der gebäudetechnischen Funktionen. Dies geschieht in Form von Objekten und Diensten.

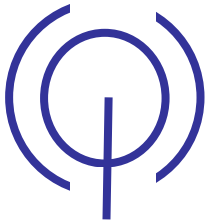
Objekte entstehen, wenn man die Eigenschaften von Datenpunkten oder Funktionen der Gebäudeautomation als Ganzes betrachtet. Die Gesamtinformation über einen Datenpunkt „Raumtemperatur“ besteht eben nicht nur aus dem aktuellen Wert der Raumtemperatur, sondern darüber hinaus aus weiteren Informationen wie physikalische Einheit, Grenzwerten, einer Beschreibung, Aussagen über die Verfügbarkeit und weitere Informationen, die in einem klassischen Kommunikationsmodell als separate Daten adressiert und übertragen werden müssten. In einem objektorientierten Ansatz wie BACnet wird die Raumtemperatur als Objekt vom Standard-Typ „Analog Input“ abgespeichert, in dessen Eigenschaften („Properties“) alle o. g. Informationen hinterlegt sind.

Der Angebotsschwerpunkt von BACnet-Geräten in Europa liegt derzeit bei den BACnet Building Controllern (B-BC), die von mehr als 20 Herstellern als Automationsstationen für Primäranlagen angeboten werden. BACnet kommt somit vorwiegend als Netzwerk innerhalb der Primäranlagen und zur Anbindung der Management- und Bedieneinrichtungen zum Einsatz, und zwar in der Variante BACnet/IP. Vereinzelt werden jedoch auch bereits Geräte für die Raumautomation mit BACnet/(MS-TP) angeboten, z. B. in Form von Raumbediengeräten oder Steuergeräten von Volumenstrom-Boxen.

Ein einheitliches Engineering-Werkzeug für eine unkomplizierte und zeitsparende Errichtung von BACnet-Netzwerken ist derzeit nicht verfügbar und auch nicht angekündigt.

Die Hersteller von BACnet-Geräten, aber auch Planer, Betreiber, Systemintegratoren, Hochschulen usw. haben sich zur BACnet-Interest Group Europe (BIG-EU) zusammengeschlossen. Die BIG-EU koordiniert die europäischen BACnet-Aktivitäten und vertritt die Interessen der europäischen Mitglieder gegenüber der ASHRAE, der noch von nordamerikanischen Firmen dominierten „BACnet International“ sowie weiteren Partner-Gruppen weltweit.

5.1.4 Funktechnologien



Für die drahtlose Vernetzung von Fühlern, Sensoren und Aktoren der Gebäudeautomation werden am Markt mehrere unterschiedliche Funktechnologien angeboten. Ein batterieloses funkbasiertes System hat die Fa. EnOcean, Oberhaching, entwickelt. Die für die Übertragung von Sensorinformationen erforderliche Energie wird dabei aus der Umgebung gewonnen. Anstatt für jede Messgröße eigene Funkensormodule zu prä-

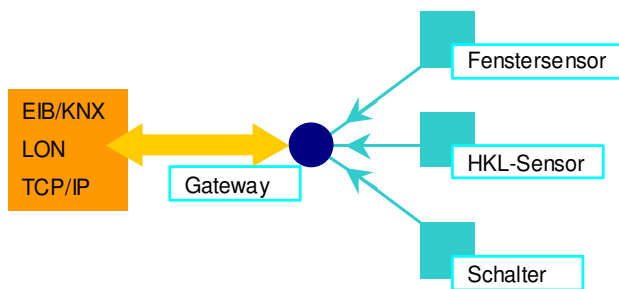


Bild 10: Ausschnitt aus der derzeitigen EnOcean-Systemarchitektur

sentieren, stellt EnOcean universelle Module zur Verfügung, an die der Kunde eine Vielzahl unterschiedlicher Messfühler sehr einfach anschließen kann. Eine Reihe von Anbietern vor allem aus der Raumautomation haben auf Basis der EnOcean-Technologie eigene Produkte auf den Markt ge-

bracht, z. B. Lichtschalter, Temperaturfühler und Tür-/Fensterkontakte. Auch Empfänger für KNX- und LON-Systeme sind am Markt verfügbar (Bild 11).

Zu den technischen Vorteilen zählt die hohe Flexibilität der Anwendungen – eine Leitungsverlegung ist nicht erforderlich, Installationsgeräte können sogar auf Glaswänden montiert werden. Bei der Montage resultiert daraus eine erhebliche Zeitersparnis. Der Wegfall des Batteriewechsels bedeutet Wartungsfreiheit und ein hohes Maß an ökologischer Verträglichkeit.

Weitere Hersteller bieten andere, allerdings batteriegestützte Funksysteme für Regel- und Schaltfunktionen in Gebäuden an. Dabei kommen

sowohl proprietäre Protokolle als auch offene Protokolle zum Einsatz, wie z. B. ZigBee oder Z-Wave:

ZigBee ist eine Erweiterung der bisher zur Verfügung stehenden standardisierten Funkverfahren wie z. B. WLAN oder Bluetooth und zielt besonders auf Marktsektoren wie die Gebäudetechnik, die Nahbereichsnetzwerke mit niedrigen Datenraten benötigen. Z-Wave wurde von dem dänischen Technologieunternehmen Zensys primär für die Heimautomation, d. h. den Einsatz im Wohngebäudebereich, entwickelt. Zur „Z-Wave-Allianz“ gehört u. a. ein deutsches Unternehmen der Installationstechnik, das für die Kopplung seiner Funkkomponenten an ein KNX/EIB-Netzwerk ein entsprechendes Gateway angekündigt hat.

Obwohl beiden Systemen gute Marktchancen vorhergesagt werden, befinden sie sich derzeit noch in einer technologischen und auch kommerziellen Orientierungsphase.

5.1.5 IP-Netze

In vielen Gebäuden existiert neben den oben beschriebenen Netzwerken ein lokales Netz (LAN) auf IP-Basis, oftmals auch mit Internetanbindung. Es ist möglich, die Gebäudeautomations-Netzwerke dort anzubinden, um die vorhandene Netzinfrastruktur als sog. „Backbone“ für den schnellen Datenaustausch zwischen Bereichen zu nutzen. Unter Zuhilfenahme von Routern können KNX/EIB-Systeme und LON-Systeme dieselben Transportkanäle benutzen wie BACnet/IP-Systeme.

5.2. Visualisierung

Visualisierung von Anlagen, von Zuständen und Messwerten, von Alar-men und Trends findet im Wesentlichen in den Management- und Be-dieneinrichtungen statt. Die Hardware besteht aus leistungsfähigen PCs, bei der Software handelt es sich um sog. SCADA-Systeme (Supervisory Control and Data Acquisition).

Kommunikationstechnisch gesehen sind Visualisierungs-Systeme Teil-nehmer am Netzwerk, von denen Interoperabilität in gleicher Weise er-wartet wird wie von einem Gerät etwa der Raumautomation, allerdings

bei wesentlich höherem Datendurchsatz und oftmals auch für mehrere Protokolle.

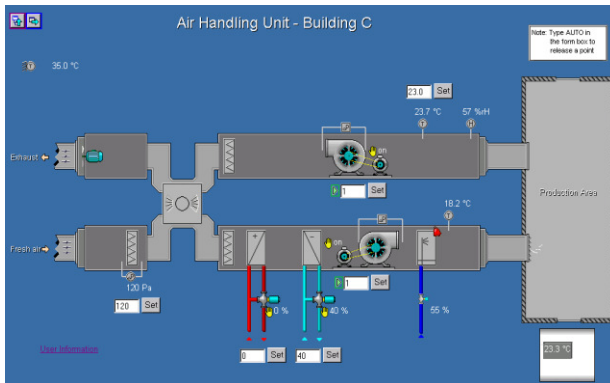


Bild 11: Beispiel aus der Visualisierung einer Klimaanlage

Auch hier hat der Wunsch nach Wettbewerb zum Entstehen „neutraler“ Lösungen geführt, also Lösungen, die unabhängig vom Fabrikat der unterlagerten Automationseinrichtungen sind und von jedem interessierten Dienstleister nach entsprechender Schulung projiziert werden können.

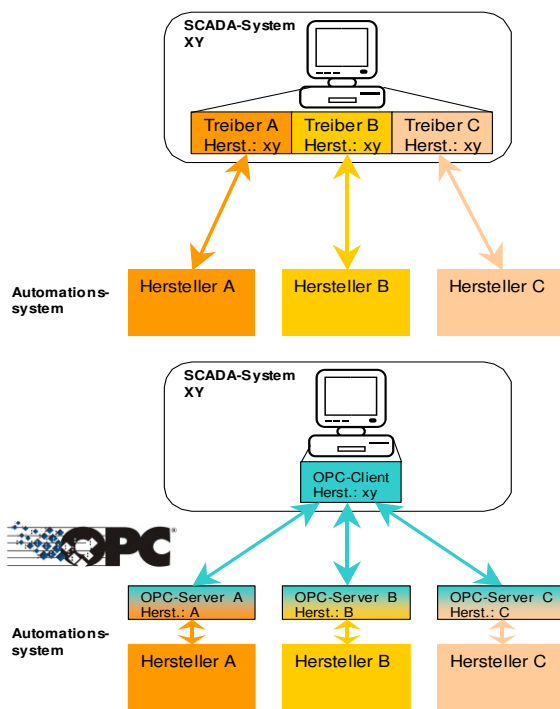


Bild 12: Die OPC-Schnittstelle (unten) verlagert die Verantwortung für eine individuelle Kopplung vom Hersteller des SCADA-Systems auf den Hersteller des Automationssystems.

Sehr weit verbreitet bei der Anbindung von SCADA-Systemen ist die sog. OPC-Schnittstelle: Ihre Grundidee besteht darin, dass alle Automationssysteme, ob Einzelgeräte oder Bus-Systeme, als „Dienste-Erbringer“ (Server) ihre Dienste in gleicher dem SCADA-System als „Nutzer“ (Client) zur Verfügung stellen müssen. Der Nutzen einer standardisierten Schnittstelle wie OPC wird in Bild Bild 12 deutlich:

Ein Anwender, der ein neues Produkt an sein SCADA-System anschließen wollte, konnte dies nur, wenn das SCADA-System für dessen Kommunikationsprotokoll eine passende „Treiber“-Software besaß, die entweder fertig gekauft oder aber eigens

erstellt und angepasst, in jedem Fall aber in das SCADA-System integriert werden musste. Ist das SCADA-System dagegen ein OPC-Client und stellt der Lieferant des neu anzuschließenden Produktes einen OPC-Server zur Verfügung, so ist die Kopplung mit wesentlich weniger Aufwand möglich.

Hinter den OPC-Spezifikationen steht eine 1996 gegründete internationale Gruppe von Firmen der Automationsbranche, die OPC-Foundation.

Sie sorgt dafür, dass die Schnittstelle an die stetig fortschreitende Entwicklung der Informationstechnologien angepasst wird. Die aktuelle Aufgabe besteht in einer Portierung von bisher verwendeten Microsoft-eigenen Plattformen auf offene Internet-basierte Kommunikationsstandards unter dem Namen „Unified Architecture“ (UA).

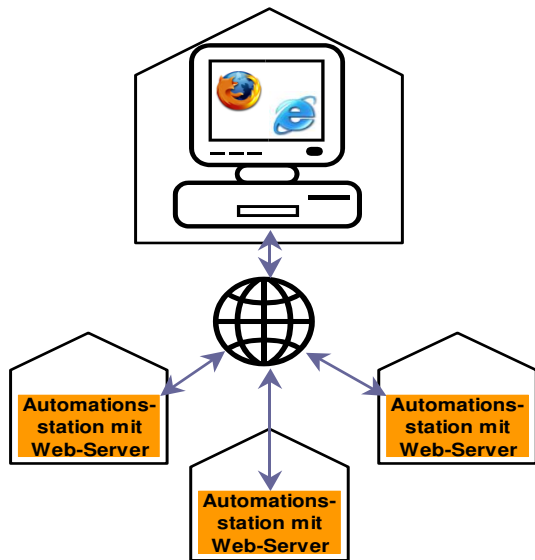


Bild 13: Integrierte Web-Server erlauben Bedienen und Beobachten von Datenpunkten über das Internet mit einem Browser.

Eine zunehmende Anzahl von DDC-Controllern am Markt stellt dem Nutzer Bedien- und Beobachtungsmöglichkeiten zu den eigenen Datenpunkten über integrierte Webserver zur Verfügung. Damit entsteht praktisch ein „verteiltes“ SCADA-System: Die Datenpunkte in jedem DDC-Controller können über ein Intranet oder das Internet mittels eines Standard-Webrowsers (Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox u. ä.) eingesehen und verändert werden. Ihre Darstellung erfolgt entweder in einem vom Hersteller starr vorgegebenen Rahmen oder sie kann vom Endnutzer in ein frei gestaltbares HTML- oder XML-Dokument eingebunden werden.

Wenn eine ständige Verbindung zwischen Managementstation und verteilten Liegenschaften nicht ständig erforderlich ist und keine zu hohen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Verbindung gestellt werden, wird häufig auch die Kopplung über das Telefonnetz per Modem realisiert. Eine schnelle Reaktion auf Störungen ist in solchen Fällen dennoch möglich, wenn die Automationssysteme in der Lage sind, Störmeldungen über das Mobilfunknetz, z. B. per SMS abzusetzen.

5.3. Zukunftstrends, Synergien

Ein großer Teil der in Abschnitt 9 genannten Beispiele für Funktionen der Gebäude- und Raumautomation wäre nicht realisierbar ohne eine ganzheitliche, gewerkeübergreifende Sicht auf die Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung. Ohne sie ist eine zielgerichtete und von allen Parametern abhängige Koordination der Funktionen nicht möglich.

Beispiele für die Verzahnung von Gewerken über die Automationsfunktionen:

- Sensoren (z. B. Präsenzsensoren) und Aktoren (z. B. Jalousieaktor) tragen sowohl zur Reduzierung des Beleuchtungs- als auch zur Reduzierung des Heiz- oder Kühlbedarfs bei.
- Bedarfsabhängige Regelstrategien verbinden die Raumautomation mit den Primäranlagen.
- Eine einheitliche Visualisierung erfordert Informationen aus allen Gewerken.

Aufgrund der schwierigen und oftmals kostenintensiven Umsetzbarkeit wurde dieses Synergie-Potenzial in der Vergangenheit nur wenig genutzt. Sowohl der Trend zu offenen Standards als auch die geschilderten Entwicklungen aus dem Bereich der Informations-Technologien haben jedoch dazu beigetragen, dass ein Umdenken stattfindet. Nicht zuletzt auch durch die rasante Entwicklung auf anderen Massenmärkten wie Unterhaltungselektronik, Telematik im Verkehr, Kommunikationstechnik, wird sich dieser Prozess in Zukunft stetig beschleunigen.

Andererseits ist kurzfristig nicht damit zu rechnen, dass die Vernetzung von Komponenten der Gebäudeautomation über eine IP-Infrastruktur bis hin zu Einzelgeräten der Raumautomation ausgedehnt wird. Hier dürften die erwähnten dedizierten, offenen Systeme wegen ihrer einfachen Projektierbarkeit und der mitgelieferten Interoperabilität noch auf Jahre hinaus dem Anwender Investitionssicherheit bieten.

6. Was spart man durch Raumautomation?

In diesem Kapitel wird eine mögliche Vorgehensweise skizziert, um die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen der Raumautomation für ein konkretes Gebäude abzuschätzen. Im Prinzip werden dabei die Investitions- und Betriebskosten desselben Gebäudes zweimal ermittelt: Einmal für den (Referenz-)Fall, dass die Räume mit dem „klassischen“ Standard an Automationstechnik ausgerüstet ist – im wesentlichen also mit Heizkörper-Thermostatventilen –, ein weiteres Mal für den Fall, dass in den Räumen bestimmte Raumautomations-Funktionen umgesetzt sind. Ein Vergleich dieser beiden Szenarien zeigt, ob die Automations-Maßnahmen wirtschaftlich sind oder nicht.

Bild 14 zeigt die 11 Schritte der vorgeschlagenen Vorgehensweise in einer Übersichtsdarstellung.

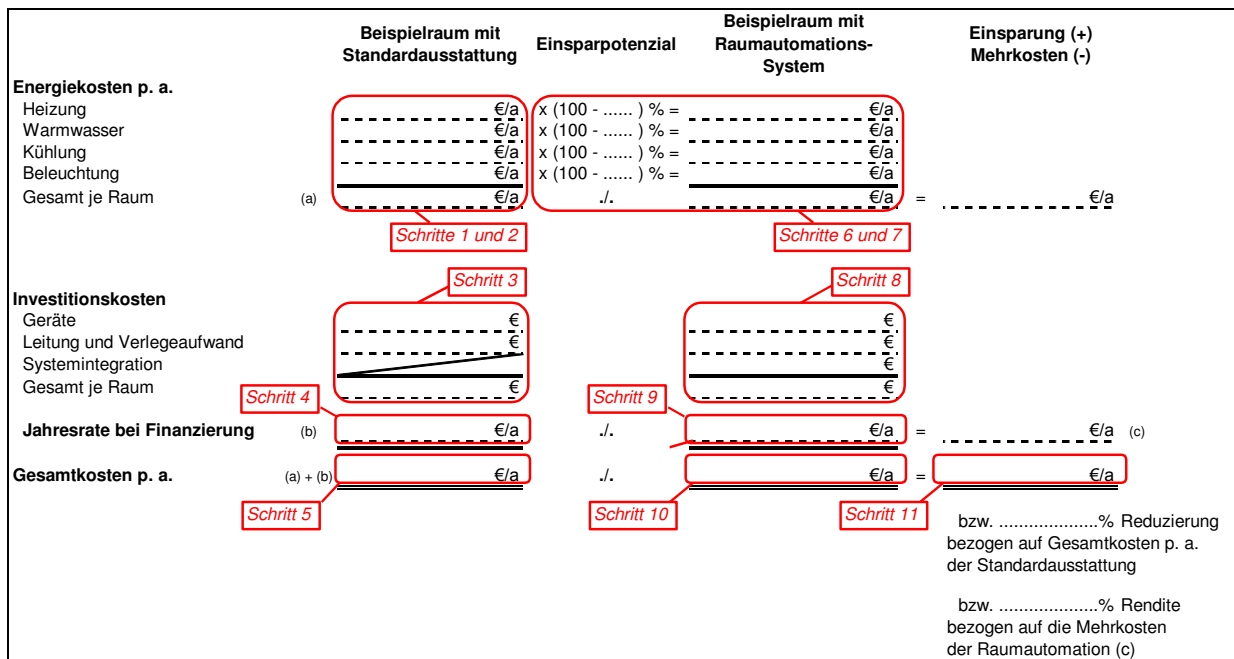


Bild 14: Roadmap zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Gebäudeautomations-Maßnahme

Schritt 1: Beschreibung der Raumsituation, Berechnung der Energiemengen für den Referenzfall

Startpunkt der hier vorgeschlagenen Vorgehensweise ist die Zusammenstellung relevanter Grunddaten über das Gebäude bzw. den betrachteten Raum (Qualität der Dämmung, Art der Heizung, Art der Kühlung, Art der Lüftung, Betriebs- und Nutzungszeiten, Belegungsdichte, Anforder-

rungen an die Beleuchtung). Für diesen Referenzfall kann nach DIN V 18599 [5] der Energiebedarf ermittelt werden, etwa mit Hilfe des vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik ermittelten Excel-Werkzeugs [6].

Schritt 2: Ermittlung der Energiekosten für den Referenzfall

Auf Basis von angenommenen Marktpreisen für Gas/Öl und Strom führen die Ergebnisse aus Schritt 1 zu jährlichen Energiekosten.

Schritt 3: Ermittlung der Investitionskosten für den Referenzfall

Dieser Schritt beruht auf einer Zusammenstellung von Geräten, von Material und von Arbeitsaufwand zur Realisierung der Automationsfunktionen in der Standardvariante. Bei der Ermittlung des Leitungs- und Verlegeaufwands ist die Kalkulationshilfe des Elektrohandwerks [14] hilfreich.

Schritt 4: Berechnung einer Annuität für die Investitionskosten aus Schritt 3

Da der Zeitpunkt der Investition und der Zeitpunkt evtl. Einsparungen nicht zusammenfallen, wird unterstellt, dass die Investitionskosten über ein Darlehen zu finanzieren sind, das am Ende seiner Laufzeit vollständig getilgt ist. Die Annuität dieses Darlehens lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$A = K \cdot \frac{S \cdot (1 + S)^n}{(1 + S)^n - 1}$$

A: Annuität in €/a

K: Investitionskosten aus Schritt 3 in €

S: Zinssatz für das Darlehen als Dezimalzahl, z. B. 0,045 für einen Zinssatz von 4,5 % p. a.

N: Laufzeit des Darlehens in Jahren

Diese Formel steht im Übrigen als Funktion RMZ() unter MS-Excel zur Verfügung bzw. ist Grundlage einer Reihe von Finanzierungsrechnern im Internet, z. B. www.interhyp.de.

Schritt 5: Berechnung der jährlichen Gesamtkosten für das Referenzgebäude

Die jährlichen Gesamtkosten für das Referenzgebäude ergeben sich als Summe der Beträge aus Schritt 2 und Schritt 4.

Schritt 6: Beschreibung der Raumautomationsfunktionen, Berechnung der veränderten Energiemengen

In diesem Schritt wird der bisher betrachtete Raum mit Raumautomationsfunktionen ausgerüstet. Die damit erzielte Energieeinsparung ergibt sich z. B. aus der Studie der Hochschule Biberach [9], der Broschüre des LonMark Deutschland e. V. [3] – sh. auch Tabelle 2 und Tabelle 3 – oder der EN 15232 [8]. Mit den so ermittelten Prozentsätzen multipliziert, führen die Energiemengen aus Schritt 1 zu neuen Werten.

Schritt 7: Ermittlung der Energiekosten für das energieeffiziente Gebäude

Auf Basis von angenommenen Marktpreisen für Gas/Öl und Strom er rechnen sich aus den Ergebnissen von Schritt 6 jährliche Energiekosten.

Schritt 8: Ermittlung der Investitionskosten für das energieeffiziente Gebäude

Analog zu Schritt 3 werden die Investitionskosten zusammengestellt, jetzt jedoch für die Umsetzung der angestrebten Raumautomationsfunktionen. Diese Kosten dürften über denen der Standardausstattung liegen. Beim Einsatz von Busgeräten fällt zusätzlicher Aufwand für Parametrierung und Inbetriebnahme („Systemintegration“) an.

Schritt 9: Berechnung einer Annuität für die Investitionskosten aus Schritt 8

Dieser Schritt folgt derselben Rechnung wie Schritt 4.

Schritt 10: Berechnung der jährlichen Gesamtkosten für das energieeffiziente Gebäude

Die jährlichen Gesamtkosten für das energieeffiziente Gebäude ergeben sich als Summe der Beträge aus Schritt 7 und Schritt 9.

Schritt 11: Vergleich beider Varianten

Der Vergleich der Ergebnisse aus Schritt 5 und Schritt 10 zeigt, mit welchen Kosteneffekte durch den Einbau von Raumautomation in das Referenzgebäude in etwa erwartet werden können.

Weitere Kennzahlen

Bezieht man das Ergebnis aus Schritt 11 auf die Gesamtkosten der Standardlösung (Schritt 5), erhält man eine Abschätzung für die prozentuale jährliche Gesamtkostenreduzierung durch Raumautomation.

Bezieht man das Ergebnis aus Schritt 11 auf die durch Raumautomation verursachten jährlichen Investitions-Mehrkosten (Schritt 4 ./.. Schritt 9), so ergibt sich ein Anhaltswert für die Rendite auf die höheren Investitionskosten.

7. Beispiele

In diesem Abschnitt werden für die drei Gebäudetypen Bürogebäude, Schulen und Hotels jeweils zwei Arten von Beispielen vorgestellt:

- Berichte aus der Fachliteratur lassen das Potenzial der Gebäudeautomation zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden deutlich werden.
- Konkrete Abschätzungen auf Basis der in Abschnitt 6 vorgestellten Methodik belegen die Wirtschaftlichkeit von entsprechenden Maßnahmen. Die dabei zugrunde gelegten Daten, insbesondere über Einsparungen, wurden – soweit nicht anders angegeben – von der Fa. spega, 47443 Moers, freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

7.1. Verwaltungs- und Bürogebäude

7.1.1. Projektbeispiel aus der Literatur: Neubau einer Sparkasse

Beim Neubau der Hauptstelle der Sparkasse Hagen wurde von Beginn der Planung an größter Wert auf Energieeffizienz gelegt [15]. Eine umfangreiche Gebäudeautomation übernimmt nicht nur die Steuerung



Bild 15: Blick in die Kundenhalle

der technischen Anlagen, sondern gewährleistet darüber hinaus das Energiemonitoring im laufenden Betrieb. Letzteres ist auch Grundlage für die Nebenkostenabrechnung der zum Neubau gehörenden Mieteinheiten wie Restaurant, Kaffeebar und Läden.

An dem Projekt wird erkennbar, dass bestimmte Planungsziele eines Energiekonzepts sich erst mit Hilfe von Gebäudeautomation realisieren lassen. So führte der Grundsatz „Natürliche Lüftung geht vor mechanischer Lüftung“ zu folgender Lösung: Büroräume, die an den

überdachten Kundenhallenbereich (Bild 15) oder den Innenhof angrenzen, erhalten Quelllüftung über Luftauslässe. Die Luft streicht durch den Raum und wird über Fassadenlüftungselemente in die Kundenhalle bzw. den Innenhof geleitet. Zum Ausgleich der Gesamtluftmengenbilanz stellt das Gebäudeautomations-System die Lüftungsklappen in Fassade und Glasdach zur natürlichen und/oder mechanischen

Be- und Entlüftung dieser Bereiche je nach Witterung, d. h. Klimadaten, Windstärke und Windrichtung - selbstverständlich unter Berücksichtigung der Belange der Raumautomation in den Büroräumen.

Synergieeffekte ergeben sich aus der gemeinsamen Nutzung von Messgrößen (Witterungsdaten) und von Stellgliedern (Klappen, Fenster) einerseits im Rahmen der Lüftungstechnik, andererseits im Rahmen der Rauch- und Wärmeabzugsanlage auf Basis einer integrierten Gebäudeautomations-Technik.

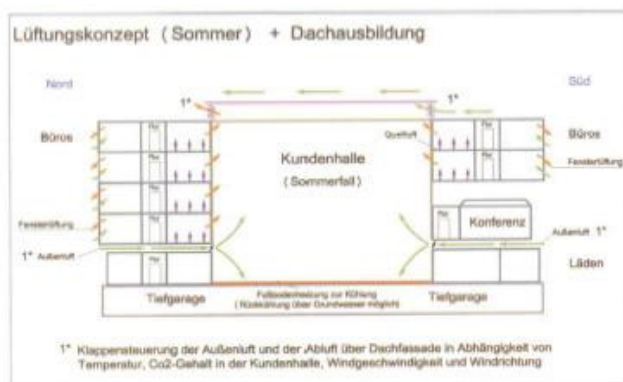


Bild 16: Lüftungskonzept (Sommer) und Dachausbildung [15]

Über die flächendeckend in den Büros vorgesehene Bauteilaktivierung wird eine Grundtemperierung des Gebäudes erreicht. Deren Einsatz wird durch das Gebäudeautomations-System anhand der Temperaturregelung in den einzelnen Büroräumen optimiert.

Eingebunden ist auch das Kältesystem, bei welchem die Gebäudeautomation für eine energieeffiziente Nutzung von freier Lüftung und Kältemaschinen sorgt.

Das Raumautomations-System auf Basis von LON hat die Aufgabe der Raumtemperatur-Regelung, der Steuerung des Sonnenschutzes und der Beleuchtungsregelung. Die Jalousien besitzen unterschiedlich geformte und beschichtete Lamellen, die im oberen Teil Licht in den Raum lenken können. Über eines Tageslichtmesskopf, der nicht nur Lichtintensität, sondern auch die Stellung der Sonnen an die Raumautomationsgeräte weitergibt, werden je nach Raumbelegung Beleuchtung, Sonnenschutz und – wo vorhanden – auch Blendschutz in die optimale Stellung gefahren. Somit wird eine optimale Tageslichtnutzung bei gleichzeitigem Blendschutz erreicht.

Folgende Funktionen der Raumautomation wurden realisiert:

- Örtliche Bedienung über Raumbediengeräte

- Präsenzerfassung manuell über Raumbediengerät oder automatisch über Präsenzmelder
- Erfassen von Fensterkontakten
- Raumtemperaturregelung (Heiz- und Kühlbetrieb)
- Einstellung der Luftvolumenströme
- Individuelle Zeitprogramme
- Schnellaufheizung oder –kühlung
- Freie Nachtkühlung
- Morgenspülung
- Sommer-/Winterkompensation

Darüber hinaus erlaubt das Bussystem

- die Einzel-, Gruppen- und Zonensteuerung der Einzelräume
- die Energiebedarfsmeldung aus den Räumen an die Primäranlagen
- die individuelle Anpassung an geänderte Raumnutzung
- den Zugriff auf jeden Datenpunkt der angeschlossenen Automationseinrichtungen (DDC)
- den Aufbau einer leistungsfähigen Managementeinrichtung zur Ermittlung von Basisdaten für die Nebenkostenabrechnung und zur weiteren Optimierung des Anlagenbetriebs und des Energieverbrauchs.

7.1.2. Was spart man durch Raumautomation in einem Bürogebäude? – Ein Berechnungsbeispiel

Gegenstand der Abschätzung ist ein Doppelachsbüro in einem fiktiven Bürogebäude mit folgenden Grunddaten (Büromodell nach [9], Abschnitt 2.11):

- Gebäudehülle mit zeitgemäßer Dämmung
- Raumachismaße: 3 m Breite x 5 m Raumtiefe,
Nutzung als Doppelachsbüros (30 m²)
- Heizung: statische Heizflächen mit Brennwertkessel
- Kühlung: Kühldecke
- Lüftung: Fensterlüftung
- Betriebszeit: werktags 05:00 Uhr bis 22:00 Uhr
- Nutzungszeit: werktags 07:00 Uhr bis 18:00 Uhr

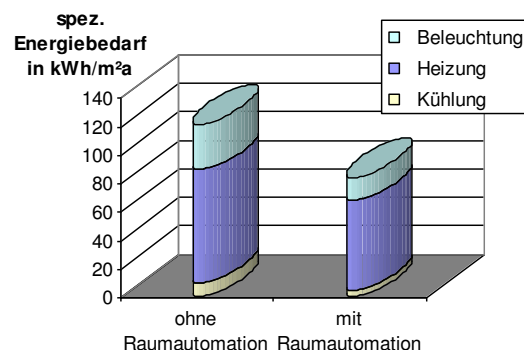
- Belegungsdichte: 15 m²/Person
- Beleuchtung: 2 Spiegelrasterleuchten (alubedampft) je Achse,
Leuchtmittel/Leuchte: 4 x T26 / 36 W / 6400 lm,
min. 500 lx am Arbeitsplatz;

Durch Raumautomation werden folgende Einspareffekte gegenüber der Referenzausstattung (Sequenzregelung Heizen/Kühlen mittels P-Regler, Proportionalbereich 2 K; manuelle Jalousie- und Lichtbedienung) erzielt:

- Bei der Raumheizung
 - durch präsenzabhängige Betriebsartenumschaltung [9]: 19 %
 - durch eine Umschaltung auf Frostschutzbetrieb bei geöffnetem Fenster [9]: 3 %

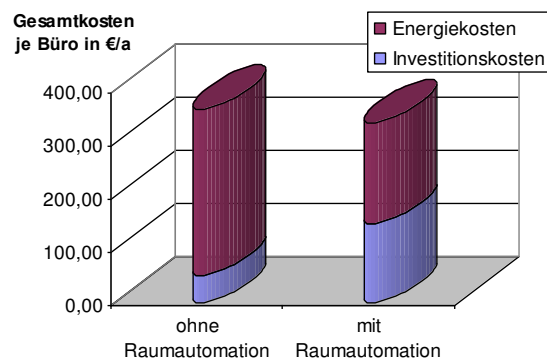
Einsparung insgesamt: $100 \% * (1 - 0,81 * 0,97) = 21 \%$
- Bei der Raumkühlung
 - durch präsenzabhängige Betriebsartenumschaltung (Tabelle 3) 5 %
 - durch Abschaltung bei Fensterlüftung 3 %
 - durch Kühllastreduzierung infolge Konstantlichtregelung, Lamellennachführung und Automatiklicht [9] 50 %

Einsparung insgesamt: $100 \% * (1 - 0,95 * 0,97 * 0,5) = 54 \%$
- Bei der Beleuchtung
 - Konstantlichtregelung, Lamellennachführung und Automatiklicht [9] 50 %



Diese Einsparungen überwiegen die dafür notwendigen zusätzlichen Investitionskosten – mit einem Zinssatz von 4,5 % p. a. über 10 Jahre fi-

nanziert –, so dass die jährlichen Gesamtkosten um 7 % p. a. reduziert werden können.



Das Berechnungsschema zu dieser Abschätzung ist gemeinsam mit den Basisdaten in Anhang A zusammengestellt.

7.2. Schulen

7.2.1. Projektbeispiel aus der Literatur: Sanierung einer Grundschule

Ein schon älteres Beispiel aus der Markteinführungszeit von KNX/EIB zeigt, dass in einer Grundschule in Norderstedt durch eine bedarfsgerechte Temperatur-Einzelraumregelung 30 % Heizkosten eingespart werden konnten [16]. Im Einzelnen wurden folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Einzelraum-Temperaturregelung mit Berücksichtigung von Fensterkontakten,
- zeitgesteuertes, am Stundenplan orientiertes Schalten zwischen drei Betriebsarten,
- zeitliche begrenzte manuelle Übersteuerungsmöglichkeit in jedem Raum,
- Einrichtung einer zentralen Managementstation beim Pförtner.

7.2.2. Einzelraumregelungssysteme an Schulen: Praktische Erprobung eines Expertensystems

Drei Schulgebäude-Typen (Beispiel sh. Bild 17) mit unterschiedlicher Gliederung des Baukörpers waren Grundlage einer Untersuchung, die von der TU Dresden im Jahr 2004 vorgelegt wurde mit dem Ziel, anhand von Modellrechnungen verschiedene Temperaturregelungs-Varianten im Hinblick auf deren Energie- und Kosteneinsparungs-Potenzial gegen-

überzustellen) [17]. Die Auswahl gerade von Schulen erscheint interessant, weil unterschiedliche Temperaturregelungs-Systeme in Gebäuden mit zeitlich stark strukturierter Nutzung (neben Schulen z. B. auch in Hotels, Hochschulen u. ä.) die deutlichsten Effekte erwarten lassen.

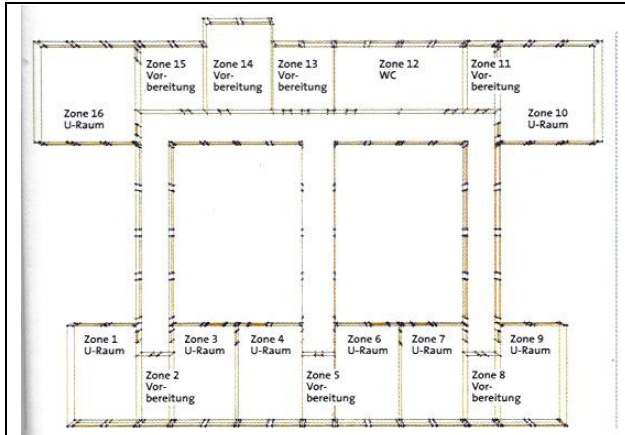


Bild 17: Grundriss für Schultyp „Dresden“ [17]

Tabelle 6: Untersuchte Regelungsvarianten

Variante	Regelung Raumtemperatur		Sollwertvorgabe Raumtemperatur	Regelung Primäranlage
	Unterrichtsräume	Nebenräume		
1	RA	RA	Zeitplan	keine
2	RA	TRV	Zeitplan	Pumpenabschaltung
3	RA	TRV	Zeitplan	Vorlauftemperaturabsenkung 20 K
4	TRV	TRV	entf.	Pumpenabschaltung
5	TRV	TRV	entf.	Vorlauftemperaturabsenkung 20 K
6	RA	RA	fest	keine

RA: Raumautomation (Einzelraumregelung),
TRV: Thermostatregelventil

Die Untersuchung kommt zu einigen grundsätzlichen Ergebnissen:

- Die Absenkung der Raumtemperatur in Freistunden (intermittierender Betrieb) führt erst ab einer Absenkdauer von ca. 2 h zu signifikanten Einspareffekten. In stochastisch genutzten Nebenräumen (Flure, Vorbereitungsräume, WC) ist eine zeitgesteuerte Absenkung der Raumtemperatur daher nicht sinnvoll.
- Bei Thermostatregelventilen stellen sich prinzipbedingt während der Heizperiode im Mittel über dem Sollwert liegende Raumtemperaturen ein. Daraus resultiert ein höherer Heizwärmeaufwand gegenüber einer Einzelraumregelung.
- Je geringer der Nutzungsgrad des Gebäudes, desto größer ist das relative Energie-Einsparpotenzial bei Einsatz von Einzelraumregelung anstelle von Thermostatregelventilen.
- Je kleiner die mittlere spezifische Heizlast eines Gebäudes, desto größer ist das relative Energie-Einsparpotenzial bei Verwendung von Einzelraumregelung.
- Leichte Gebäude kühlen aufgrund der geringeren Wärmespeicherfähigkeit schneller aus und der Einspareffekt im intermittierenden Betrieb steigt.

Konkrete Ergebnisse der Untersuchungen resultieren aus einem zusammenfassenden Expertensystem, mit dessen Hilfe eine Investitionsentscheidung unterstützt werden kann. Das Verfahren wurde an zwei konkreten Beispielen erprobt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Kennwerte der untersuchten Beispielgebäude und Ergebnisse der Investitionsrechnung

	Beispiel A	Beispiel B
	Neubau	Sanierung
Nutzung	Berufsschulzentrum	Gymnasium
BGF	2.500 m ²	8.800 m ²
Anzahl Räume	46	210
Anzahl Räume mit RA	20	67
Anzahl Räume mit TRV	26	143
Jahresenergiebedarf	167.100 kWh	1.460.000 kWh
Nutzungsgrad	0,16	0,22
Korrektur Heizlast	0,8 %	2,3 %
Bauschwere-Korrektur	0 %	0 %
Einsparung Heizenergie bzw.	14,5 %/a 24.200 kWh/a	12,3 %/a 180.000 kWh/a
Typ RA	Einzelkomponenten	KNX-System
Zusätzliche Investition RA	8.200 €	22.400 €
Annuität ¹⁾	500 €/a	5.800 €/a

¹⁾ Annuitätenverfahren nach VDI 2067-1 [18]; keine Berücksichtigung dynamischer Effekte

Die Investition in Raumautomation ist tendenziell umso wirtschaftlicher, je mehr Unterrichtsräume eine Schule besitzt.

7.2.3. Was spart man durch Raumautomation in einem Schulgebäude? – Ein Berechnungsbeispiel

Gegenstand der Abschätzung ist ein Klassenraum in einem fiktiven Schulgebäude mit folgenden Grunddaten:

- Gebäudehülle mit zeitgemäßer Dämmung
- Raumachismaße: 10 m Breite x 6 m Raumtiefe, (60 m²)
- Heizung: statische Heizflächen mit Brennwertkessel
- Kühlung: keine Kühlung
- Lüftung: Fensterlüftung
- Betriebszeit: werktags 08:00 Uhr bis 15:00 Uhr
- Nutzungszeit: werktags 07:00 Uhr bis 18:00 Uhr

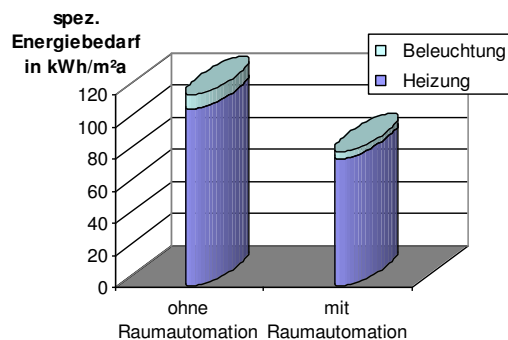
- Beleuchtung: 8 + 2 Anbaurasterleuchten (alubedampft) je Achse, Leuchtmittel/Leuchte: 1 x 58 W / 6000 lm, min. 300 lx;

Durch Raumautomation sollen sich nach [3] folgende Einspareffekte gegenüber der Standardausstattung erzielen lassen:

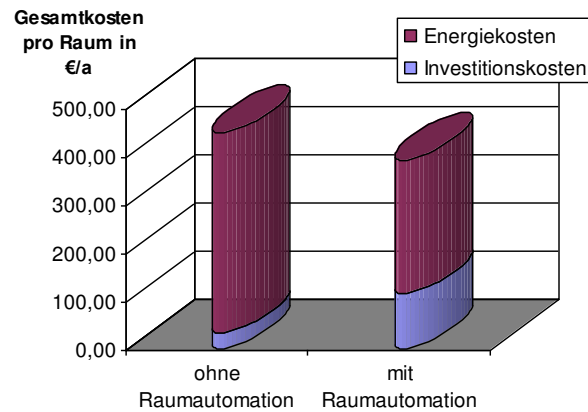
- Bei der Raumheizung (sh. Tabelle 3)
 - durch nutzungsabhängige Betriebsartenumschaltung mittels Belegungsplan und Präsenzerfassung: 20 %
 - durch eine Umschaltung auf Frostschutzbetrieb bei geöffnetem Fenster: 10 %

Einsparung insgesamt: $100 \% * (1 - 0,8 * 0,9) = 28 \%$
- Bei der Beleuchtung (sh. Tabelle 2)
 - durch Konstantlichtregelung mit Präsenzerkennung 50 %
 - durch Sonnenschutz mit Lamellennachführung 10 %

Einsparung insgesamt: $100 \% * (1 - 0,5 * 0,9) = 55 \%$



Diese Einsparungen überwiegen die dafür notwendigen zusätzlichen Investitionskosten – mit einem Zinssatz von 4,5 % p. a. über 10 Jahre finanziert –, so dass die Gesamtkosten um 12 % p. a. reduziert werden können.



Das Berechnungsschema zu dieser Abschätzung ist gemeinsam mit den Basisdaten in Anhang B zusammengestellt.

7.3. Hotels

7.3.1. Projektbeispiel aus der Literatur: *Strandhotel Bansin,*

Im Strandhotel Bansin auf der Insel Usedom steuert und überwacht die Gebäudeautomation die Haustechnik so, dass die Gäste sich rundum



wohl fühlen können [19]. Gleichzeitig ermöglicht sie einen effektiven und zuverlässigen Betrieb. Auf Raumebene sorgt die Raumautomation für optimale Bedingungen in mehr als einhundert Zimmern und Suiten des Hotels sowie allen anderen Hotelräumen. Auf Basis der Raumdaten werden Lüftungs- und Klima-

anlagen, Kessel und Heizkreise, Kälteanlagen und Wärmerückgewinnungsanlagen durch DDC-Controller geregelt und gesteuert. Über eine Managementzentrale wird das gesamte System bedient und überwacht. Hier werden die Verbrauchswerte und Trendkurven angezeigt, es laufen Störmeldungen ein und es wird auf anstehende Wartungsarbeiten hingewiesen. Wichtige Störmeldungen werden neben den Standardausgaben über Drucker, Bildschirm und Störmeldedatei auch als SMS per Mobilfunk verschickt.

Spezielle Softwaremodule der Managementeinrichtungen übernehmen weitere Funktionen:

- Ein E-Max-Modul verhindert elektrische Leistungsspitzen und ermöglicht so einen optimal niedrigen Anschlusswert, d. h. dauerhafte Einsparung von Anschlusskosten, ohne dass dabei ein Komfortverlust für die Gäste und Arbeitnehmer des Hotels erkennbar wird.
- Die Raumautomation wird durch ein Softwaremodul unterstützt, das mit dem Hotelbuchungssystem Fidelio verbunden ist und dessen Daten nutzt. Ist ein Zimmer nicht belegt, wird die Raumtemperatur zur Energieeinsparung automatisch abgesenkt. Beim Einchecken eines Gastes wird die Temperatur automatisch angehoben.

7.3.2. Projektbeispiel aus der Literatur: Hotel SIDE, Hamburg

Auch im Hotel SIDE in Hamburg ist das Hotelbuchungssystem Fidelio mit der Gebäudeautomation funktional gekoppelt [20]. Sobald die Daten eines Gastes am Front-Desk eingebucht sind und seine Key-Card konfiguriert ist, wird die Zimmertemperatur automatisch von einem Pre-Komfort-Wert auf den gewünschten Sollwert eingestellt. Voraussetzung für eine schnelle Reaktion der Raumtemperatur sind dabei kombinierte Heiz-/Kühldecken. Beim Betreten des



Raumes empfängt den Gast ein Begrüßungslicht, das beim Einstecken der Key-Card in das Kartenschloss aktiviert wird. Danach kann er an einem multifunktionalen Raumbediengerät zwischen unterschiedlichen Lichtprogrammen wählen. Verlässt ein Gast sein Zimmer, schaltet das Licht nach 90 Sekunden automatisch ab. Beim Auschecken gehen Heiz-/Kühlfunktionen automatisch in den Pre-Komfortbetrieb.

Die Key-Cards übernehmen auch Funktionen im Bereich des hausinternen Sicherheitskonzepts, indem sie zu einem selektiven Zugang berechtigen, z. B. zu den Spa- und Wellnesseinrichtungen oder den House-keeping-Bereich.

Selbst das Minibar-System ist eingebunden: Entnahmen bzw. Nachfüllungen werden dokumentiert und an das Abrechnungssystem weitergeleitet.

Auch offen stehende Fenster werden von der Gebäudeautomation erfasst, wobei das System erkennt, ob sich der Gast oder das Servicepersonal im Raum aufhält.

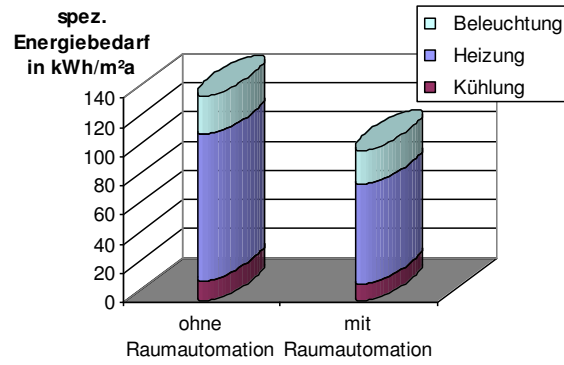
7.3.3. Was spart man durch Raumautomation in einem Hotel? – Ein Berechnungsbeispiel

Gegenstand der Abschätzung ist ein Gästezimmer in einem fiktiven Hotel mit folgenden Grunddaten:

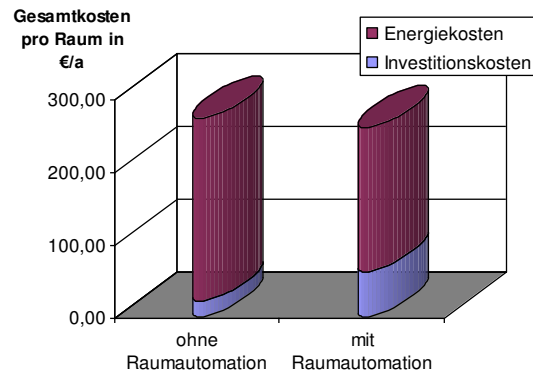
- Gebäudehülle mit zeitgemäßer Dämmung
- Raumachismaße: 4,5 m Breite x 5 m Raumtiefe, (22 m²)
- Heizung: Heizregister mit Gebläsekonvektor
- Kühlung: Kühlregister mit Gebläsekonvektor
- Lüftung: Fensterlüftung
- Betriebszeit: täglich 24 h
- Nutzungszeit: 21:00 Uhr bis 08:00 Uhr 365 d/a
- Belegungsquote: 80 %
- Beleuchtung: 550 W, Halogen- oder Glühlampen

Durch Raumautomation sollen sich nach [3] folgende Einspareffekte gegenüber der Standardausstattung erzielen lassen:

- Bei der Raumheizung (sh. Tabelle 3)
 - durch nutzungsabhängige Betriebsartenumschaltung mittels Buchungsplan und Kartenhalter: 25 %
 - durch eine Umschaltung auf Frostschutzbetrieb bei geöffnetem Fenster: 10 %
 - Einsparung insgesamt: $100 \% * (1 - 0,75 * 0,9) = 32 \%$**
- Bei der Raumkühlung (sh. Tabelle 3)
 - durch nutzungsabhängige Betriebsartenumschaltung: 10 %
 - durch Abschaltung bei geöffnetem Fenster: 10 %
 - Einsparung insgesamt: $100 \% * (1 - 0,9 * 0,9) = 19 \%$**
- Bei der Beleuchtung [3]
 - durch Abschaltung über Kartenhalter bei Verlassen des Raumes: 10 %



Diese Einsparungen überwiegen die dafür notwendigen zusätzlichen Investitionskosten – mit einem Zinssatz von 4,5 % p. a. über 10 Jahre finanziert –, so dass die Gesamtkosten um 5 % p. a. reduziert werden können.



Das Berechnungsschema zu dieser Abschätzung ist gemeinsam mit den Basisdaten in Anhang C zusammengestellt.

8. Maßnahmen im Bestand

Jede Anwendung von Verfahren der Gebäudeautomation setzt voraus, dass die zu automatisierenden Anlagen die erforderlichen Möglichkeiten zum Messen, Stellen und Kommunizieren besitzen. Bei einem Neubauvorhaben wird ein ganzheitliches Automationskonzept zur Auswahl der entsprechenden Betriebsmittel in allen Gewerken führen. Bei Sanierungs- oder Erweiterungsprojekten, die möglicherweise Zug um Zug durchgeführt werden, besteht die Gefahr, dass Entscheidungen für eine bestimmte Gerätetechnik während der ersten Projektphasen eine spätere Integration weiterer Gewerke entweder behindern oder sogar verhindern. Ein ganzheitliches Automationskonzept einschließlich der Management- und Bedieneinrichtungen ist daher auch hier unabdingbar – und zwar vor dem Start der ersten Sanierungsphase.

Der Erfolg der durchgeführten Maßnahmen ist nur dann objektiv nachweisbar, wenn Informationen über den Energiebedarf des Gebäudes aus der Zeit vor der Sanierung vorliegen. Es ist daher sehr sinnvoll, anhand von Unterlagen (Rechnungen u. ä.) oder auch anhand einer der Sanierung vorgeschalteten Monitoring-Phase den Status quo des Gebäudes festzuhalten.

Der Grundsatz, jede Maßnahme den technischen Regeln entsprechend ausführlich und nachvollziehbar zu dokumentieren, gilt umso mehr, wenn Maßnahmen Zug um Zug durchgeführt werden. Nur so ist es möglich, den ursprünglichen ganzheitlichen Ansatz über Jahre vollständig und geradlinig umzusetzen.

8.1. Handlungsempfehlungen

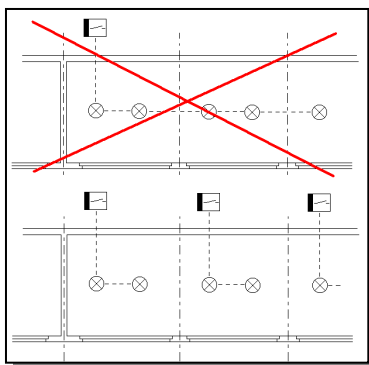
Obwohl jedes Projekt anders angegangen wird und andere Randbedingungen besitzt, lassen sich aus Sicht der Gebäudeautomation doch einige allgemeingültige Empfehlungen aussprechen, die – mehr oder weniger stark ausgeprägt – für alle hier betrachteten Gebäudetypen (Bürogebäude, Schulen und Hotels) von Bedeutung sind:

- Die Entscheidung für ein offenes Netzwerkprotokoll sollte möglichst frühzeitig fallen, auch wenn Kommunikationsstrecken erst in einer

späteren Phase eingerichtet werden. Ein Kriterium für die Auswahl muss die durchgängige Einsetzbarkeit unter Vermeidung von Gateways auch im Endausbau sein.

- Bei den Primäranlagen sollten stetig von außen verstellbare Aggregate eingesetzt werden: Ventilatoren mit veränderbarer Drehzahl, Kessel bzw. Kesselkreise mit einstellbarer thermischer Leistung, Stellklappen im Kanalsystem.
- Die Funktionen gerätespezifischer Regeleinrichtungen (Kesselregelungen, Brennersteuerungen, Steuerungen von RLT-Anlagen usw.) sollten sich nur auf anlagennahe Regelungs- und Steuerungsaufgaben beschränken, z. B. Sicherheitsverriegelungen, Schutzfunktionen. Für die (spätere) Einbindung in Automationssysteme sollten Schnittstellen für das ausgewählte Netzwerk zur Verfügung stehen bzw. nachrüstbar sein.
- Für die Implementierung übergeordneter Automationsstrategien sollten DDC-Automationsstationen eingesetzt werden, die sich in das ausgewählte Gebäudeautomations-Netzwerk ohne zusätzliche Gateways einbinden lassen. Die Programmierung in einer genormten Sprache nach DIN EN 61131-3 erlaubt spätere Erweiterungen ggfls. auch ohne den Ersterrichter und erlaubt Wettbewerb unter potenziellen Anbietern.
- Die Ausrüstung ohnehin neu zu beschaffender Fenster mit Fensterkontakten erhöht deren Preis nur unwesentlich. Sofern Lüftungskonzepte mit freier Nachtkühlung in Frage kommen, ist die Beschaffung von Rahmenkonstruktionen mit integrierten Stellantrieben zu prüfen.
- Bei der Beleuchtung sollte von vorneherein eine kontinuierlich verstellbare Helligkeit zumindest vorbereitet werden, d. h. Ausrüstung aller Leuchtstofflampen mit dimmbaren elektronischen Vorschaltgeräten mit geeigneter Schnittstelle.
- Beschattungseinrichtungen sollten mit Elektroantrieben versehen werden. Anstelle von Handtastern lassen sich später Jalousie-Aktoren in die Unterputz-Dosen einbauen.

- Leerrohre bzw. vorsorgliche Verlegung der Busleitung parallel zu den Starkstromleitungen: Sofern keine drahtlose Signalübertragung innerhalb von Räumen in Frage kommt, sollte für jeden Raum überlegt werden, wie evtl. später der Bereich Fensterbrüstung (Heizkörperventile, Fensterkontakte, Jalousieaktoren) mit der Eingangstür (Bedienelemente, Temperaturfühler) und den Beleuchtungsauslässen (Leuchten, Präsenzmelder) per J-Y(St)Y-Leitung verbunden werden kann. Falls weder Zwischendecken noch Doppelböden vorhanden sind, ist in regelmäßigen Abständen Einbauraum (Fußbodentank, UP-Wandverteiler o. ä.) für Reiheneinbaugeräte erforderlich. Es sollte eine Verbindung zur Etagen-Unterverteilung bestehen.
- Bei der Ausstattung von Bürogebäuden mit Gebäudeautomation im Rahmen einer Sanierung sollte darauf geachtet werden, dass die Topologie des Automationsnetzwerkes der in einem Bürogebäude



fast immer geforderten Flexibilität der Raumaufteilung Rechnung trägt. Aus Kostengründen werden häufig z. B. mehrere Leuchten oder Leuchtenkreise auf einem Aktor zusammengeführt. Dies ist allenfalls innerhalb einer Raumachse sinnvoll. Bei einer Zusammenführung über mehrere Raumachsen besteht die Gefahr, dass beim späteren Errichten einer Trennwand zwischen diesen Achsen kostenträchtige Umverdrahtungsarbeiten erforderlich werden. Dasselbe gilt für Heizventile, Kühlventile, Jalousieantriebe und Fensterkontakte.

- Auch auf der Leistungsseite sollten elektrische und thermische Verbraucher, z. B. Heizkörper, Kühldecken usw., sinnvoll zusammengefasst werden mit dem Ziel, bei einer nachträglichen Nutzungsänderung neue Abrechnungsbereiche mit möglichst wenig Installationsaufwand auf der Zählerseite schaffen zu können. Der Einbau von Passstücken für die Nachrüstung von Wärmemengenzählern ist während der (Um-)bauphase mit wenig Aufwand verbunden.

8.2. Projektbezogene Auswahl der Raumautomationsfunktionen

Aus den in Abschnitt 4.1 beschriebenen Raumautomationsfunktionen müssen vor einem konkreten Projekthintergrund diejenigen identifiziert werden, die eine besondere Relevanz haben. Bild 18 und Bild 19 zeigen einen dafür geeigneten Entscheidungspfad im Zusammenhang mit den Funktionen, die Einfluss auf die Beleuchtungsenergie haben, bzw. auf die Funktionen, die Einfluss auf die Heiz- und Kühlenergie haben.

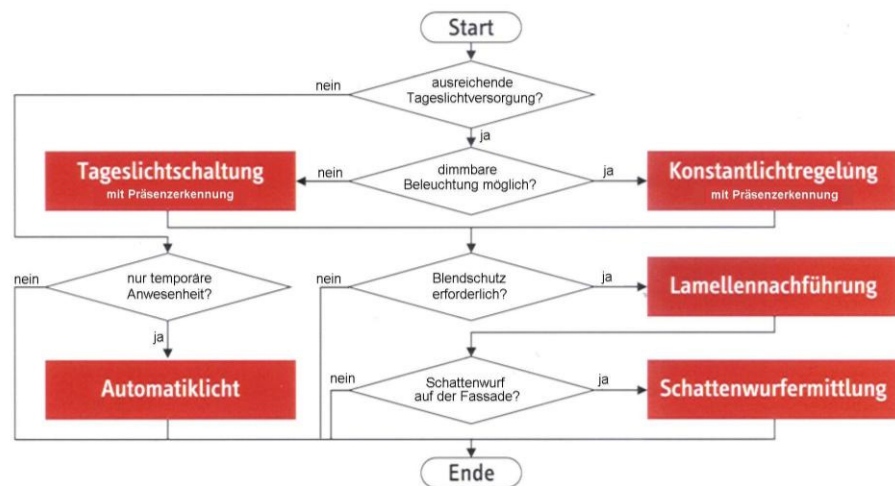


Bild 18: Entscheidungspfad für Beleuchtungsenergie [3]

Bei diesen Raumautomationsfunktionen steht die Motivation, mit Energie möglichst effizient umzugehen, im Vordergrund. Eine einmal vorhandene Vernetzung erschließt darüber hinaus die Möglichkeit, diesen Funktionen mit wenig Aufwand weitere hinzuzufügen, die den Nutzwert des Gebäudes weiter steigern.

Eine breite Auswahl an solchen Funktionen gerade auch für die Zielfelder dieses Buches – Bürogebäude, Schulen und Hotels – findet sich in der VDI-Richtlinie 6015 [21] in Form von Anwendungsbeispielen. Dort sind neben den Aufgaben der einzelnen Geräte die Vorteile aufgeführt, die sich ergeben, wenn man auch diese Funktionen einem Bus-System überträgt.

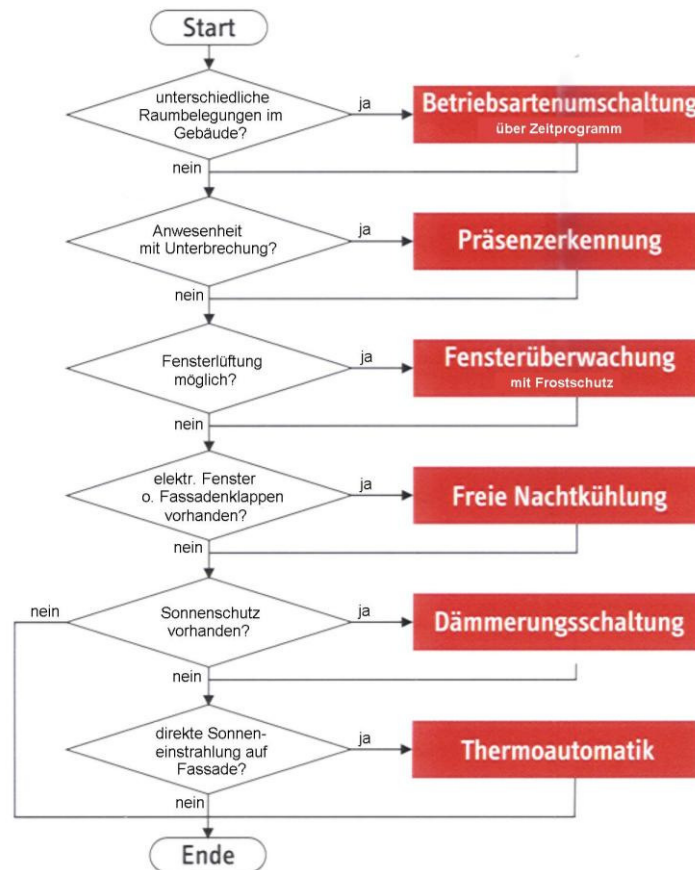


Bild 19: Entscheidungspfad für Heiz- und Kühlenergie [3]

8.3. Festlegung der Kommunikationsbeziehungen

Nach der Auswahl der für ein energieeffizientes Gebäude notwendigen und darüber hinaus gewünschten Funktionen stellt sich die Aufgabe, diese unter Auswahl geeigneter Geräte so in ein integriertes Gebäudeautomations-System zu überführen, dass alle Funktionen auch vollständig und konfliktfrei umgesetzt werden können. Diese Aufgabe ist wegen der Komplexität und Verzahnung der Funktionen und ihrer Sensoren und Aktoren keineswegs trivial und erfordert Unterstützung.

In der VDI-Richtlinie 6015 [21] wird hierfür eine neutrale Systematik vorgeschlagen, die in Form einer Kommunikationsmatrix beschreibt, welche Bus-Geräte mit welchen anderen Bus-Geräten kommunizieren und auf sie einwirken. Dabei wird die Wirkrichtung mit Hilfe von Pfeilen angegeben. Bild 20 zeigt diese Methode für das Beispiel eines Büroraums in einem Verwaltungsgebäude.

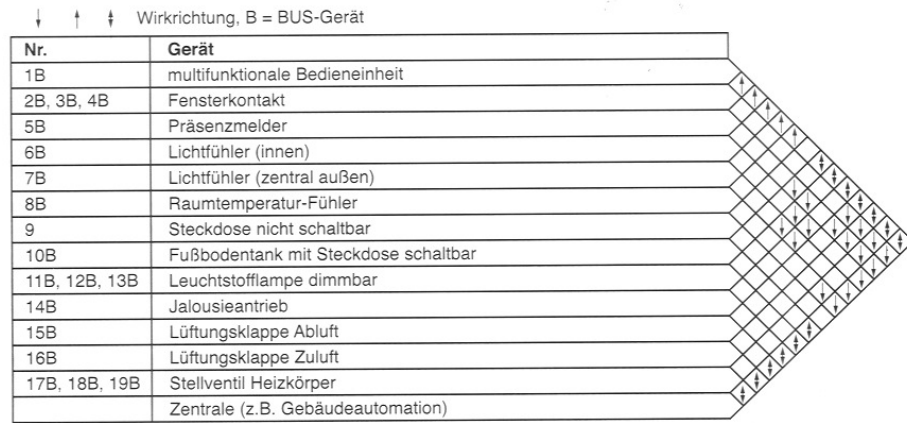


Bild 20: Kommunikationsmatrix nach VDI 6015 für das Beispiel eines Büroraums in einem Verwaltungsgebäude [21]

9. Personelle Voraussetzungen

Wenn hier von personellen Voraussetzungen die Rede ist, dann geht es in erster Linie um die Menschen, die direkt und unmittelbar verantwortlich sind für den Betrieb eines Gebäudeautomationssystems, also den Hausmeister einer Schule, den Haustechniker eines Hotels oder den technischen Gebäudemanager von Bürohaus-Liegenschaften.

Es ist sehr wichtig, dass diese Personen die konkret installierten Funktionen der Gebäudeautomation verstehen. Sie müssen zwingend geschult werden, um ihre Erwartungen und ihr Verhalten mit dem Gebäudeautomations-Konzept in Einklang zu bringen, wenn sie dieses Konzept erfolgreich umsetzen sollen.

Auch eine erfolgreiche Optimierungsphase setzt die Mitwirkung dieser Personen voraus. Dabei ist Fingerspitzengefühl notwendig, denn von ihnen nicht akzeptierte Maßnahmen führen schnell zu Unzufriedenheit mit dem Gebäude.

Eine optimale Gestaltung der „Mensch-Maschine-Schnittstelle“, also der PC-gestützten Management- und Bedieneinrichtung in der Leitzentrale

Trotz aller Technik gilt:
„Die Intelligenz sitzt vor dem Bildschirm!“

oder im Hausmeisterbüro, ist zwar eine notwendige Bedingung für die Akzeptanz von Gebäudeautomation, hinreichend ist sie jedoch nicht: Auch hier gilt – wie allgemein beim Umgang mit sog. „intelligenten“ Systemen, dass „die Intelligenz immer noch vor dem Bildschirm sitzt“...

Vom erwähnten Personenkreis muss erwartet werden können, dass er

- Optimierungsmöglichkeiten erkennt,
- um die Zusammenhänge zwischen Gebäude, Anlage, Umwelt und Nutzer weiß,
- Richtlinien, Vorschriften und Gesetze kennt und beachtet,
- die Bereitschaft besitzt, sich ständig neuen Herausforderungen zu stellen.

Schließlich sei angemerkt, dass eine nachhaltige Motivation des Personals entscheidend abhängt von der Bereitschaft des Gebäudeeigentümers, Erkenntnisse aus dem Betrieb auch umzusetzen.

10. Glossar

Die im folgenden Glossar enthaltenen Begriffe und Abkürzungen werden in diesem Buch verwendet. Sofern einige der Begriffe in einschlägigen Normen und Richtlinien definiert sind, kann es sein, dass diese Definitionen nicht wortgleich mit den folgenden Erläuterungen übereinstimmen. Eine ausführliche Zusammenstellung von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen findet sich z. B. in [22], [23] und [24].

Aktoren	In der Gebäudeautomation übliche Bezeichnung für → Busgeräte, die Stellbefehle ausgeben, z.B. Jalousieaktor
Backbone	In der Netzwerktechnik übliche Bezeichnung für besonders leistungsfähige Verbindungen zwischen Bereichen eines Netzwerks
BACnet	= Building Automation and Control Network
BIG-EU	= → BACnet Interest Group Europe
Bluetooth	Markenname einer Funktechnologie
Bus	Netzwerk, über das → Busgeräte Informationen austauschen.
Busgeräte	Betriebsmittel, die – an einen → Bus angeschlossen – physikalische Informationen empfangen oder ausgeben (z. B. → Sensoren, → Aktoren), die Automationsfunktionen ausführen oder die Infrastrukturaufgaben wahrnehmen.
Bussystem	→ Bus
Client	(Informatik) Nutzer von Informationen
Controller	→ DDC-Automationsstation
Datenpunkt	Historisch gewachsener Begriff; früher: elektrisches Ein- oder Ausgangssignal einer → DDC-Automationsstation („physikalischer Datenpunkt“); heute: Informationseinheit innerhalb eines → Bussystems, die dem Nutzer über eine eindeutige Adresse zur Verfügung steht.
DDC	= Direct Digital Control
DDC-Automationsstationen	Computerbasiertes Gerät, i. d. R. mit Ein- und Ausgängen für physikalische Signale und netzwerkfähig; frei programmierbar für die Ausführung von Automationsfunktionen, häufig als Controller bezeichnet
EIB	= Europäischer Installationsbus
EnOcean	Markenname für eine Funktechnologie mit batterielosen → Sensoren und → Aktoren
Ethernet	Bezeichnung einer Spezifikation für die unteren Schichten eines in der Netzwerktechnik weit verbreiteten → Protokolls zur Datenübertragung
Firmware	Vom Hersteller mitgelieferter und vom Anwender i. d. R. nicht veränderbarer Teil der Software eines Gerätes.
GA	= Gebäudeautomation
Gateway	Hard- und Software zur Kopplung von Netzwerken mit unterschiedlichen → Protokollen auf allen Schichten
GLT	= Gebäudeleittechnik
Hebel, (Vermeidungs-)hebel	Technischer Ansatzpunkt zur Verminderung von Treibhausgasemissionen, z. B. Verwendung effizienterer Prozesse oder Materialien
HTML	= HyperText Markup-Language; im Internet verwendete Beschreibungssprache in Textform
Interoperabilität	Nach VDI 3814-1:2005-05 die Fähigkeit von Systemen oder Systemkomponenten, mit anderen oder Systemkomponenten in einer Netzwerkumgebung über die Datenübertragung hinaus zusammenarbeiten zu können, um eine bestimmte Funktionalität zu realisieren
IP	= Internet- → Protokoll
IP-Router	→ Router für → Telegramme des Internet
IT	= Informationstechnik, Informationstechnologie
KNX	Markenbezeichnung für ein → Bussystem, das u. a. auf dem → EIB basiert
LAN	= Local Area Network

LON	= Local Operating Network
LonMark	Markenname für eine Bus-Technologie der Fa. Echelon, USA
lx	Einheitenzeichen für Lux (Einheit der Beleuchtungsstärke)
Management- und Bedieneinrichtungen	Nach DIN 276-1 übergeordnete Einrichtungen für Gebäudeautomation und Gebäudemanagement mit Bedienstationen, Programmiereinrichtungen, Anwendungssoftware, Lizenzen, Servern, Schnittstellen zu Automationseinrichtungen und externen Einrichtungen.
Modem	Hard- und Software zur Übertragung digitaler Daten über analoge Kommunikationsnetze (Telefonnetz)
MS-TP	= Master/Slave – Token Passing; Verfahren der Zugriffskontrolle auf ein Netzwerk; Teil einer → Protokoll-Spezifikation.
Objekt	In der → IT ein Ansatz zur Entwicklung von Software, der darauf beruht, die zu verarbeitenden Daten anhand ihrer Eigenschaften und möglichen Operationen zu klassifizieren.
Offen	Offene → Bussysteme besitzen öffentlich zugängliche Spezifikationen (→ Protokolle) und werden durch offenen Konsens auf der Basis internationaler Standards weiterentwickelt.
OPC	= Object Linking and Embedding for Process Control
OPC-Foundation	Vereinigung von Herstellern zur Pflege und Weiterentwicklung der → OPC-Schnittstelle.
Plug-In	Zusatz-Programm, das die Funktionalität der Basis-Software erweitert.
Powerline	Verfahren, bei dem die Leitungen des Stromnetzes als Medium zur Datenübertragung benutzt werden.
Primäranlagen	Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung, deren Aufgabe die Umwandlung von Primärenergie ist, z. B. Heizkessel, Kältemaschinen, Lüftungsanlagen, Transformatoren.
Proprietär	Proprietäre → Bussysteme sind nicht → offen.
Protokoll	Gesamtheit aller Spezifikationen einer Datenübertragung; meistens organisiert in Form von bis zu 7 → Schichten nach DIN ISO 7498 (sog. OSI-Referenzmodell).
Protokollschicht	→ Schicht
PTP	= Punkt-zu-Punkt; Kommunikationsverbindung mit nur zwei Endgeräten.
r. F.	= relative Feuchte
Router	Hard- und Software zur Führung von Datenpaketen zwischen Netzwerken, deren → Protokolle auf den unteren → Schichten verschieden sein können.
RS-485	Spezifikation für die unterste Schicht einer Datenübertragung.
SCADA	= Supervisory Control and Data Acquisition
Schicht	Teilbereich der Spezifikation eines → Protokolls zur Umsetzung bestimmter Aufgaben innerhalb einer Datenübertragung.
Sensoren	In der Gebäudeautomation übliche Bezeichnung für → Busgeräte, die Informationen aus der Umwelt entgegennehmen, z.B. Temperatursensor, aber auch Taster
Server	(Informatik) „Bereithalter“ von Informationen
SMS	= Short Message Service; Dienst zum Übertragen textbasierter Kurznachrichten in Mobilfunknetzen
Telegramm	Signalstruktur, die über das Medium eines Netzwerks übertragen wird, zusammengesetzt vom Sender nach der jeweiligen → Protokoll-Spezifikation.
Transceiver	Baustein innerhalb von → LON-Geräten zur Umsetzung des → Telegramms auf ein gegebenes Medium.
Treiber	Hilfsprogramm, das erforderlich ist, damit das Hauptprogramm mit angeschlossenen Geräten kommunizieren kann.
Twisted Pair	Verdrillte Zweidrahtleitung
W-LAN	= Wireless → LAN
XML	= eXtensible Markup Language; textbasierte, universell nutzbare Beschreibungssprache
ZigBee	Markenname einer Funktechnologie
Z-Wave	Markenname einer Funktechnologie

11. Weitere Hilfestellungen

- Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV): „Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb der Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden“, Berlin (2005)
Umfassende, aktuelle Hinweise, die das Verständnis von Gebäudeautomation verbessern und zu ihrer intensiveren Nutzung beitragen. Nicht nur an TGA-Fachleute, sondern auch an die Betreiber von Gebäudeautomations-Systemen gerichtet.
- GAEB – Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen:
Standardleistungsbuch Bau – Leistungsbereich 070 „Gebäudeautomation“
www.gaeb.de
Datenbankorientiertes Textsystem zur standardisierten Beschreibung von Bauleistungen. Leistungen können gem. § 9 VOB/A eindeutig und erschöpfend beschrieben werden.
- VDI 3807-2:1998-06: „Energieverbrauchskennwerte für Gebäude / Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte“
Sammlung von Energieverbrauchskennwerten in Form von Mittel- und Richtwerten für verschiedene Gebäudearten bzw. -nutzungen. Blatt 1 derselben Richtlinienreihe enthält ein Verfahren zur Ermittlung von Verbrauchskennwerten.
- IMPULS-Programm Hessen (Hrsg.): „Stromsparcheck für Gebäude – Grobanalyse des Stromverbrauchs von Dienstleistungsgebäuden“, Institut für Wohnen und Umwelt GmbH, 64283 Darmstadt (1998)
Energiekennwertverfahren zur Analyse des Stromverbrauchs von Gebäuden. Dokumentation einer Seminarreihe mit Excel-Arbeitshilfe.
- Energieagentur NRW: „Auf dem Weg zum energieeffizienten Bürogebäude – ein Leitfaden“, Wuppertal
Broschüre über den Weg zu einem energetisch optimierten Büroneubau. Grober Einstieg in die Thematik. U. a. auch Hinweis auf die Bedeutung von Gebäudeautomation.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung:
„Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“, 26.07.2007
Regeln zur vereinfachten Ermittlung von Heizenergieverbrauchskennwerten und Stromverbrauchskennwerten sowie Vergleichswerte, die im Zusammenhang mit der Ausstellung von Energieausweisen für bestehende Nichtwohngebäude anzuwenden sind.

...sowie weitere in Kapitel 12 genannte Normen und Richtlinien.

12. Schrifttum

- 1 U. Möhl: „Gebäudeautomation und Gebäudeleittechnik“ in J. Galonska, F.-D. Erbslöh: „Facility Management – Praxishandbuch für integriertes Immobilienmanagement“, Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln (Juni 2000)
- 2 VDI 3813-1:2007-05: „Raumautomation – Grundlagen“
- 3 LONMARK Deutschland e. V.: „Energieeffizienz automatisieren“, 3/2007
- 4 McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz: „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland – Sektorperspektive Gebäude“ (2007)
- 5 Vornormenreihe DIN V 18599:2005-07: „Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung“, bestehend aus 10 Teilen
- 6 K. Höttges, H. Erhorn: „Umsetzung EPBD - Excel-Berechnungsblatt zur DIN V 18 599 - Version 2.0, Umsetzung des Referenzgebäudeverfahrens der EnEV 2006“, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, November 2006
www.ibp.fraunhofer.de
- 7 Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 24.07.2007, BGBl Teil I Nr. 34, 26.07.2007, S. 1519
- 8 EN 15232:2007-07: „Energieeffizienz von Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement“
- 9 Hochschule Biberach, Projektbericht: „Untersuchungen zu Energieeinsparpotenzialen durch Nutzung integrierter offener Gebäudeautomationssysteme“, Studie im Auftrag des LONMARK Deutschland e. V., Biberach (2007)
- 10 Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB): „Hinweise für STLB-Bau“ - Beiblatt Nr. 070-9 (071 / 3) Stand 03/2003; Definitionen für die Datenpunktliste „Raumautomation“ STLB-Bau 071
- 11 WILO AG, Dortmund: Referenzbroschüre (2005)
- 12 Siemens Building Technologies: „Tipps aus der Praxis – Energieeinsparmöglichkeiten in Heizungs- und Lüftungsanlagen“ (2004)
www.buildingtechnologies.siemens.de/support/grundlagen/haus-_und_gebaueautomation
- 13 B. Fuchs, A. Maier: „Energieberichte auf Knopfdruck – BayernLB reduziert Betriebskosten“, www.facility-manager.de, März 2005
- 14 ZVEH: „Kalkulationshilfe für die elektro- und informationstechnischen Handwerke“, 2007/2008
- 15 Auf der Springe, K.: „Komplexe Gebäudeautomation – Energieeffizienter Neubau der Sparkasse Hagen“, HLH 57 (2006) Nr. 11, S. 44
- 16 Werner, P.: „Bedarfsgerechte Temperatur-Einzelraumregelung der Räume einer Grundschule“, in: Impulsprogramm Hessen: „Installations-Bus-Systeme unter dem Aspekt der Energieeinsparung / Seminar-Dokumentation“, Institut für Wohnen und Umwelt GmbH, 64283 Darmstadt

- 17 Knorr, M., Krimmling, J., Preuß, A.: „Einzelraumregelungssysteme an Schulen mit dem Ziel von Energie- und Kosteneinsparungen“, tab (2005) 2, S. 58
- 18 VDI 2067-1:2000-09: „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung“
- 19 Lahrz, W.: „Gebäudeautomation im Hotel“, tab (2006) 5, S. 14
- 20 Siemens Building Technologies: „Soll-Ist“ 34, Dezember 2004, S. 15
- 21 VDI 6015:2003-03: „BUS-Systeme in der Gebäudeinstallation – Anwendungsbeispiele“
- 22 DIN EN ISO 16484-2 : 2004-10 „Systeme der Gebäudeautomation - Hardware“
- 23 VDI 3814-1:2005-05: „Gebäudeautomation (GA) – Systemgrundlagen“
- 24 Siemens Building Technologies: „Gebäudeautomation – Begriffe, Abkürzungen und Definitionen“, Dokument-Nr. 0-91900-de
www.buildingtechnologies.siemens.de/support/grundlagen/haus-_und_gebaeudeautomation

Anhang A

Wirtschaftlichkeitsabschätzung für ein fiktives Bürogebäude (sh. Kapitel 7.1.2)

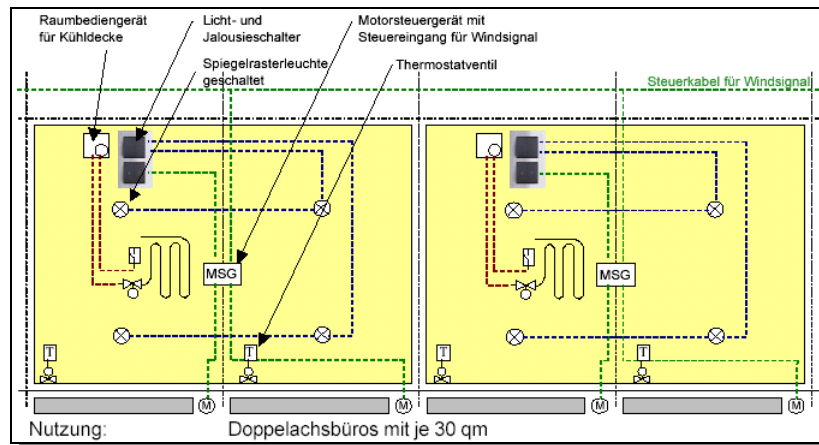
Betrachtungseinheit: Doppelachsbüro, 30 m²

- Abschätzung der Energiekosten für die Standardausstattung:

Preise:		Gas/Öl	0,05 €/kWh	
		Strom	0,16 €/kWh	
Heizung/Kühlung				
	spez. Energiebedarf	Fläche	Gesamtenergiebedarf	Preis
	in kWh/m ² a	in m ²	in kWh/a	in €/a
Heizung	80	30	2400	120,00
Kühlung	9	30	270	43,20
Beleuchtung				
	Vollbetriebsleistung	Stunden*)		
	in W	in h/a		
	576	1.650	950	152,06
Gesamtenergiekosten Standardausstattung				315,26

*) 250 d/a x 11 h/d x 0,6 (sh. [6])

- Abschätzung der Investitionskosten für die Standardausstattung



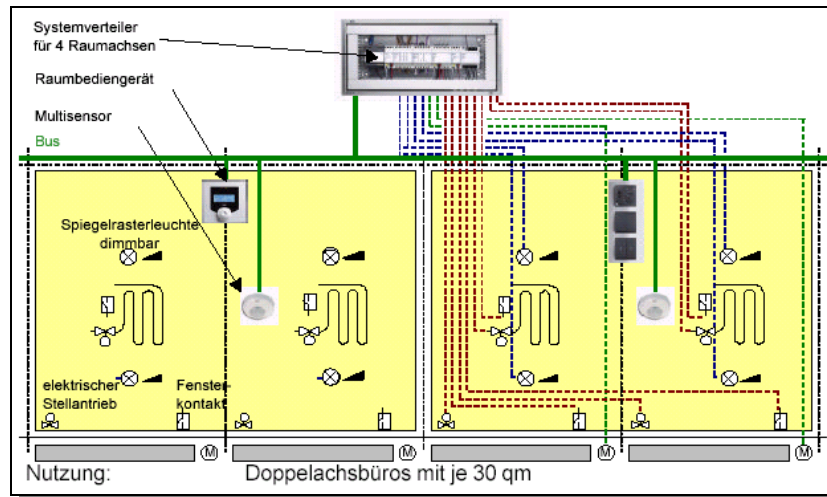
Installationsplan der Standardvariante (Grafik: Spega)

Bezeichnung	Menge	Länge	Listenpreis	Marktpreis	Gesamt
Geräte					
Raumbediengerät für Kühldecke	1		89,00 €	71,20 €	71,20 €
Jalousieschalter inkl. Abdeckung	1		17,65 €	14,12 €	14,12 €
Lichtschalter inkl. Abdeckung	2		8,80 €	7,04 €	14,08 €
3-fach Rahmen	1		8,50 €	6,80 €	6,80 €
Jalousie-Gruppensteuergerät, 2-fach	1		65,00 €	52,00 €	52,00 €
Thermostatventil	2		29,00 €	23,20 €	46,40 €
Stellantrieb	2		24,50 €	19,60 €	39,20 €
Taupunktfühler	2		20,00 €	16,00 €	32,00 €
Gesamt Geräte					275,80 €
Leitung und Verlegeaufwand (Preise gemäß Kalkulationshilfe des Elektrohandwerks, Verlegung in abgehängter Decke)					
Stellantrieb f. Kühldecke	H05RNF 2 x 1,0 mm ²	2 7 m	1,90 €	1,52 €	21,28 €
Taupunktfühler	H05RNF 2 x 1,0 mm ²	1 7 m	1,90 €	1,52 €	10,64 €
Jalousiemotor	H07RNF 4 x 0,7 mm ²	2 6 m	2,10 €	1,68 €	20,16 €
Jalousie-Gruppensteuergerät	H07RNF 4 x 0,7 mm ²	1 10 m	2,10 €	1,68 €	16,80 €
Zu- und Ableitung Jalousiegruppenbefehl	NYM 4 x 1,5 mm ²	1 13 m	1,75 €	1,40 €	18,20 €
Beleuchtung	NYM 3 x 1,5 mm ²	4 7 m	1,65 €	1,32 €	36,96 €
Klemmstellen		34		1,00 €	34,00 €
Gesamt Verlegung					158,04 €
Gesamtkosten je Büro in Standardausstattung					433,84 €
Annuität (Zinssatz: 4,5 %, Laufzeit 10 a)					54,83 €/a

• Abschätzung der Energiekosten; Ausstattung mit Raumautomation

Preise:		Gas/Öl	0,05 €/kWh			
		Strom	0,16 €/kWh			
Heizung/Kühlung						
	spez. Energiebedarf Standard	Einsparpotenzial in %	spez. Energiebedarf mit Raumautom. in kWh/m ² a	Fläche in m ²	Gesamtenergiebedarf in kWh/a	Preis in €/a
Heizung	80	21	63	30	1.896	94,80
Kühlung	9	54	4	30	124	19,87
Beleuchtung						
	Leistung in W	Vollbetriebsstunden* in h/a	Gesamtenergiebedarf Standard in kWh/a	Einsparpotenzial in %	Gesamtenergiebedarf mit Raumautom. in kWh/a	Preis in €/a
	576	1.650	950	50	475	76,03
Gesamtenergiekosten mit Raumautomation						190,70
*) 2750 h/a x 0,6						

• Abschätzung der Investitionskosten; Ausstattung mit Raumautomation



Installationsplan der Variante mit Raumautomation (Grafik: Spega)

Bezeichnung	Menge	Länge	Listenpreis	Marktpreis	Gesamt	
Konventionelle Geräte						
Serientaster	2		13,70 €	10,96 €	21,92 €	
Abdeckung für Raumthermostat	1		5,90 €	4,72 €	4,72 €	
3-fach Rahmen	1		8,50 €	6,80 €	6,80 €	
el. Stellantrieb, 24 V (heizen + kühlen)	4		24,50 €	19,60 €	78,40 €	
Taupunktfühler	2		20,00 €	16,00 €	32,00 €	
Fensterkontakt	2		10,00 €	8,00 €	16,00 €	
Busgeräte						
Binäreingang	1		100,00 €	80,00 €	80,00 €	
Raumthermostat	1		142,50 €	114,00 €	114,00 €	
Multisensor	1		178,00 €	142,40 €	142,40 €	
Systemverteiler, komplett	0,5		1.171,00 €	936,80 €	468,40 €	
Gesamt Geräte					964,64 €	
Leitung und Verlegeaufwand (Preise gemäß Kalkulationshilfe des Elektrohandwerks, Verlegung in abgehängter Decke)						
Fensterkontakte	H05RNF 2 x 1,0 mm ²	2	6 m	1,90 €	1,52 €	18,24 €
Stellantrieb heizen	H05RNF 2 x 1,0 mm ²	2	8 m	1,90 €	1,52 €	24,32 €
Stellantrieb kühlen	H05RNF 2 x 1,0 mm ²	2	4 m	1,90 €	1,52 €	12,16 €
Taupunktfühler	H05RNF 2 x 1,0 mm ²	2	4 m	1,90 €	1,52 €	12,16 €
Jalousiemotor	H07RNF 4 x 1,0 mm ²	2	6 m	2,10 €	1,68 €	20,16 €
Beleuchtung	H07RNF 5 x 1,5 mm ²	4	4 m	1,75 €	1,40 €	22,40 €
Busleitung	FB-2Y(ST)2x2x0,8	1	19 m	1,60 €	1,28 €	24,32 €
Klemmstellen		50		1,00 €	1,00 €	50,00 €
Gesamt Verlegung und Inbetriebnahme					183,76 €	
Systemintegration						
Parametrierung und Inbetriebnahme, pauschal					75,00 €	
Gesamtkosten je Büro mit Raumautomation					1.223,40 €	
Annuität (Zinssatz: 4,5 %, Laufzeit 10 a)						
					154,61 €/a	

Die Übernahme der ermittelten Daten in das Berechnungsschema nach Bild 14 führt zu folgendem Ergebnis:

	Beispielraum mit Standardausstattung	Einsparpotenzial	Beispielraum mit Raumautomations- System	Einsparung (+) Mehrkosten (-)
Energiekosten p. a.				
Heizung	120,00 €/a	21%	94,80 €/a	
Kühlung	43,20 €/a	54%	19,87 €/a	
Beleuchtung	152,06 €/a	50%	76,03 €/a	
Gesamt je Raum	(a) <u>315,26 €/a</u>	./.	<u>190,70 €/a</u>	= 124,56 €/a
Investitionskosten				
Geräte	275,80 €		964,64 €	
Leitung und Verlegeaufwand	158,04 €		183,76 €	
Systemintegration			75,00 €	
Gesamt je Raum	<u>433,84 €</u>		<u>1.223,40 €</u>	
Jahresrate bei Finanzierung	(b) <u>54,83 €/a</u>	./.	<u>154,61 €/a</u>	= -99,78 €/a (c)
Gesamtkosten p. a.	(a) + (b) <u>370,09 €/a</u>	./.	<u>345,31 €/a</u>	= 24,77 €/a

bzw. 7% Reduzierung
bezogen auf Gesamtkosten p. a.
der Standardausstattung

bzw. 25% Rendite
bezogen auf die Mehrkosten
der Raumautomation (c)

Anhang B

Wirtschaftlichkeitsabschätzung für ein fiktives Schulgebäude (sh. Kapitel 7.2.3)

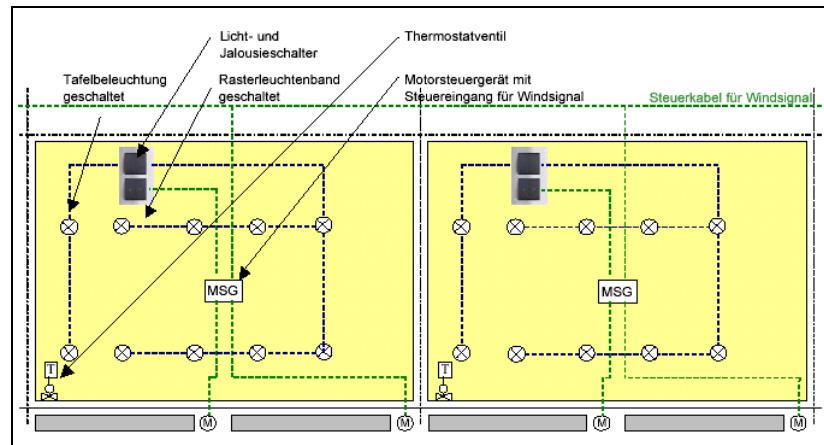
Betrachtungseinheit: Klassenraum, 60 m²

- Abschätzung der Energiekosten für die Standardausstattung

Preise:		Gas/Öl	0,05 €/kWh
		Strom	0,16 €/kWh
spez. Energiebedarf*)	Fläche	Gesamtenergiebedarf	Preis
in kWh/m ² a	in m ²	in kWh/a	in €/a
Heizung	110	60	6.600
			330,00
Beleuchtung			
	Vollbetriebs-Stunden**)		
	in h/a		
	9	931	540
			86,40
Gesamtenergiekosten Standardausstattung			416,40

*) Mittelwert des Heizenergieverbrauchskennwertes für Grund-/Hauptschulen bzw. Mittelwert des Stromverbrauchskennwertes für Grundschulen nach VDI 3807-2:1998-06
**) bei 300 lx bzw. 10 x 58 W inst. Leuchtmittel

- Abschätzung der Investitionskosten für die Standardausstattung



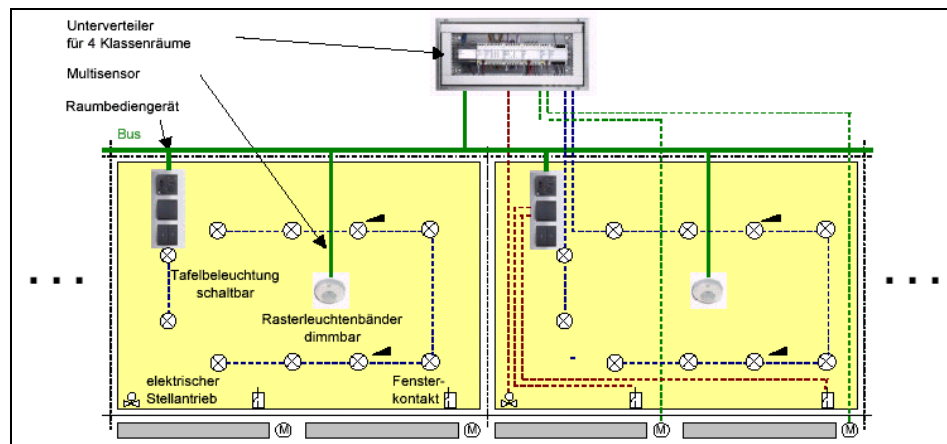
Installationsplan der Standardvariante (Grafik: Spegä)

Bezeichnung	Menge	Länge	Listenpreis	Marktpreis	Gesamt
Geräte					
Jalousieschalter inkl. Abdeckung	1		17,65 €	14,12 €	14,12 €
Lichtschalter inkl. Abdeckung	2		8,80 €	7,04 €	14,08 €
3-fach Rahmen	1		8,50 €	6,80 €	6,80 €
Jalousie-Gruppensteuergerät, 2-fach	1		65,00 €	52,00 €	52,00 €
Thermostatventil	2		29,00 €	23,20 €	46,40 €
Gesamt Geräte					133,40 €
Leitung und Verlegeaufwand (Preise gemäß Kalkulationshilfe des Elektrohandwerks, Verlegung unter Putz)					
Jalousiemotor		H07RNF 4 x 0,7 mm ²	2	6 m	2,40 €
Jalousie-Gruppensteuergerät		H07RNF 4 x 0,7 mm ²	1	12 m	2,40 €
Zu- und Ableitung Jalousiegruppenbefehl		NYM 4 x 1,5 mm ²	1	22 m	2,00 €
Beleuchtung		NYM 3 x 1,5 mm ²	10	3 m	1,90 €
Klemmstellen			46		1,00 €
Gesamt Verlegung					165,28 €
Gesamtkosten je Klassenraum in Standardausstattung					298,68 €
Annuität (Zinssatz: 4,5 %, Laufzeit 10 a)					37,75 €/a

• Abschätzung der Energiekosten; Ausstattung mit Raumautomation

Preise:	Gas/Öl	0,05 €/kWh				
	Strom	0,16 €/kWh				
	spez. Energiebedarf Standard		spez. Energiebedarf mit Raumautom.	Fläche	Gesamtenergiebedarf	Preis
	in kWh/m ² a	Einsparpotenzial in %	in kWh/m ² a	in m ²	in kWh/a	in €/a
Heizung	110	28	79	60	4.752	237,60
Beleuchtung	9	55	4	60	243	38,88
Gesamtenergiekosten mit Raumautomation						276,48

• Abschätzung der Investitionskosten; Ausstattung mit Raumautomation



Installationsplan der Variante mit Raumautomation (Grafik: Spegä)

Bezeichnung	Menge	Länge	Listenpreis	Marktpreis	Gesamt
Konventionelle Geräte					
Serientaster inkl. Abdeckung	2		13,70 €	10,96 €	21,92 €
Abdeckung für Raumthermostat	1		5,90 €	4,72 €	4,72 €
3-fach Rahmen	1		8,50 €	6,80 €	6,80 €
el. Stellantrieb, 24 V	1		24,50 €	19,60 €	19,60 €
Fensterkontakt	2		10,00 €	8,00 €	16,00 €
Busgeräte					
Binäreingang	1		100,00 €	80,00 €	80,00 €
Raumthermostat	1		142,50 €	114,00 €	114,00 €
Multisensor	1		178,00 €	142,40 €	142,40 €
Unterverteilung, komplett	0,25		1.202,00 €	961,60 €	240,40 €
Gesamt Geräte					645,84 €
Leitung und Verlegeaufwand (Preise gemäß Kalkulationshilfe des Elektrohandwerks, Verlegung unter Putz)					
Fensterkontakte		H05RNF 2 x 1,0 mm ²	2 12 m	2,20 €	1,76 €
Stellantrieb heizen		H05RNF 2 x 1,0 mm ²	1 14 m	2,20 €	1,76 €
Jalousiemotor		H07RNF 4 x 1,0 mm ²	2 12 m	2,40 €	1,92 €
Rasterleuchten		NYM 5x1,5 mm ²	10 3 m	2,10 €	1,68 €
Tafelbeleuchtung		NYM 3x1,5 mm ²	1 12 m	1,90 €	1,52 €
Busleitung		FB-2Y(ST)2x2x0,8	1 20 m	1,90 €	1,52 €
Klemmstellen			53	1,00 €	53,00 €
Gesamt Verlegung und Inbetriebnahme					256,60 €
Systemintegration					
Parametrierung und Inbetriebnahme, pauschal					60,00 €
Gesamtkosten je Klassenraum mit Raumautomation					962,44 €
Annuität (Zinssatz: 4,5 %, Laufzeit 10 a)					121,63 €/a

Die Übernahme der ermittelten Daten in das Berechnungsschema nach Bild 14 führt zu folgendem Ergebnis:

	Beispielraum mit Standardausstattung	Einsparpotenzial	Beispielraum mit Raumautomations- System	Einsparung (+) Mehrkosten (-)
Energiekosten p. a.				
Heizung	330,00 €/a	28%	237,60 €/a	
Beleuchtung	86,40 €/a	55%	38,88 €/a	
Gesamt je Raum	(a) <u>416,40 €/a</u>	./.	<u>276,48 €/a</u>	= 139,92 €/a
Investitionskosten				
Geräte	133,40 €		645,84 €	
Leitung und Verlegeaufwand	165,28 €		256,60 €	
Systemintegration			60,00 €	
Gesamt je Raum	<u>298,68 €</u>		<u>962,44 €</u>	
Jahresrate bei Finanzierung	(b) <u>37,75 €/a</u>	./.	<u>121,63 €/a</u>	= -83,89 €/a (c)
Gesamtkosten p. a.	(a) + (b) <u>454,15 €/a</u>	./.	<u>398,11 €/a</u>	= 56,03 €/a
				bzw. 12% Reduzierung bezogen auf Gesamtkosten p. a. der Standardausstattung
				bzw. 67% Rendite bezogen auf die Mehrkosten der Raumautomation (c)

Anhang C

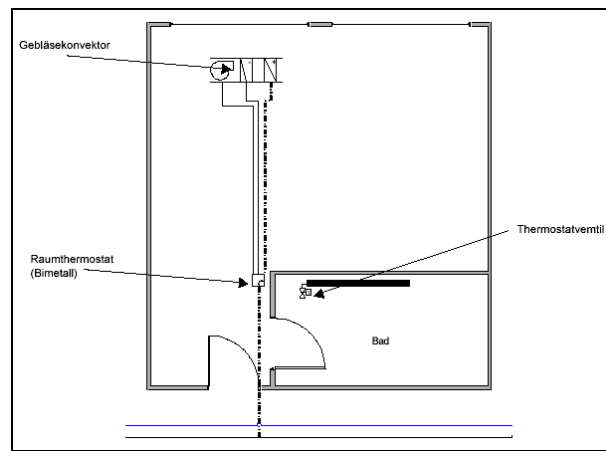
Wirtschaftlichkeitsabschätzung für ein fiktives Hotelzimmer (sh. Kapitel 7.3.3)

Betrachtungseinheit: Gästezimmer, 22 m²

- Abschätzung der Energiekosten für die Standardausstattung

Preise:	Gas/Öl	0,05 €/kWh		
	Strom	0,16 €/kWh		
	spez. Endenergiebedarf in kWh/m ² a	Fläche in m ²	Gesamtenergiebedarf in kWh/a	Preis in €/a
Heizung	100	22	2.200	110,00
Kühlung	14	22	308	49,28
Beleuchtung				
Leistung in W		Vollbetriebs- Stunden in h/a		
550	26	1.038	571	91,34
Gesamtenergiekosten Standardausstattung				250,62
Datenquelle: BMVBS - Bekanntmachung vom 26.07.2007 sowie DIN V 18599				

- Abschätzung der Investitionskosten für die Standardausstattung



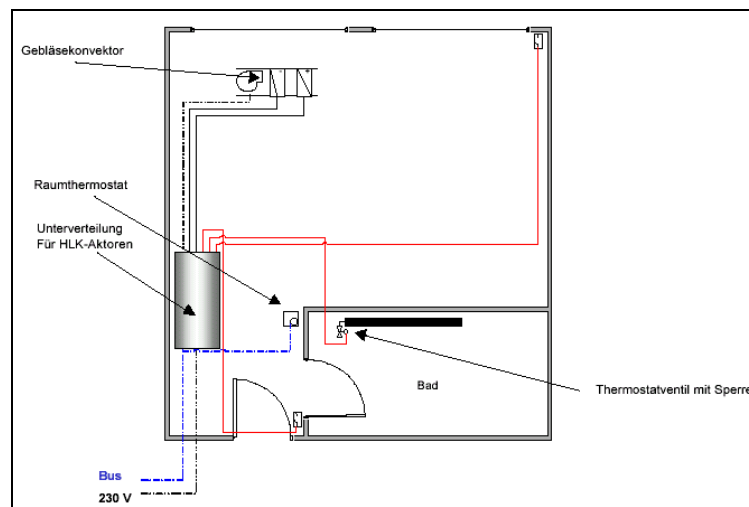
Installationsplan der Standardvariante (Grafik: Spega)

Bezeichnung	Menge	Länge	Listenpreis	Marktpreis	Gesamt
Geräte					
Raumbediengerät für Gebläsekonvektor	1		69,00 €	55,20 €	55,20 €
Stellantriebe Gebläsekonvektor	2		24,50 €	19,60 €	39,20 €
Thermostat Bad	1		29,00 €	23,20 €	23,20 €
Gesamt Geräte					117,60 €
Leitung und Verlegeaufwand (Preise gemäß Kalkulationshilfe des Elektrohandwerks, Verlegung unter Putz)					
Stellantriebe		H05RN-F 2 x 1,0 mm ²	2	6 m	2,10 €
Lüftermotor		NYM 5 x 1,5 mm ²	1	6 m	1,90 €
Zuleitung Versorgungsspannung		NYM 3 x 1,5 mm ²	1	5 m	1,90 €
Klemmstellen	16				1,00 €
Gesamt Verlegung					52,88 €
Gesamtkosten je Gästezimmer in Standardausstattung					170,48 €
Annuität (Zinssatz: 4,5 %, Laufzeit 10 a)					21,55 €/a

- Abschätzung der Energiekosten; Ausstattung mit Raumautomation

	Preise:		Gas/Öl		Strom	
	spez. Energiebedarf Standard	Einsparpotenzial in %	spez. Energiebedarf mit Raumautom.	Fläche in m ²	Gesamtenergiebedarf in kWh/a	Preis in €/a
Heizung	100	32	68	22	1.496	74,80
Kühlung	14	19	11	22	249	39,92
Beleuchtung	26	10	23	22	514	82,20
Gesamtenergiekosten mit Raumautomation						196,92

- Abschätzung der Investitionskosten; Ausstattung mit Raumautomation



Installationsplan der Variante mit Raumautomation (Grafik: Spega)




Bezeichnung	Menge	Länge	Listenpreis	Marktpreis	Gesamt
Konventionelle Geräte					
Kartenhalter	1		42,50 €	34,00 €	34,00 €
Abdeckung für Raumthermostat	1		4,50 €	3,60 €	3,60 €
Rahmen, 1-fach	2		3,50 €	2,80 €	5,60 €
el. Stellantrieb, 24 V	2		24,50 €	19,60 €	39,20 €
Thermostat mit el. Abschaltung	1		39,00 €	31,20 €	31,20 €
Fensterkontakt	1		10,00 €	8,00 €	8,00 €
Busgeräte					
Raumthermostat	1		142,50 €	114,00 €	114,00 €
Unterverteilung für HLK Aktoren	0,5		425,00 €	340,00 €	170,00 €
Gesamt Geräte					
405,60 €					
Leitung und Verlegeaufwand (Preise gemäß Kalkulationshilfe des Elektrohandwerks, Verlegung unter Putz)					
Fensterkontakte	H05RNF 2 x 1,0 mm ²	1 6 m	2,20 €	1,76 €	10,56 €
Stellantrieb	H05RNF 2 x 1,0 mm ²	2 3 m	2,20 €	1,76 €	10,56 €
Lüfterstufen	NYM 5 x 1,5 mm ²	1 3 m	1,90 €	1,52 €	4,56 €
Busleitung	FB-2Y(ST)2x2x0,8	1 7 m	1,90 €	1,52 €	10,64 €
Klemmstellen		13		1,00 €	13,00 €
Gesamt Verlegung und Inbetriebnahme					
49,32 €					
Systemintegration					
Parametrierung und Inbetriebnahme, pauschal					35,00 €
Gesamtkosten je Gästezimmer mit Raumautomation					
489,92 €					
Annuität (Zinssatz: 4,5 %, Laufzeit 10 a)					
61,92 €/a					



Die Übernahme der ermittelten Daten in das Berechnungsschema nach Bild 14 führt zu folgendem Ergebnis:

	Beispielraum mit Standardausstattung	Einsparpotenzial	Beispielraum mit Raumautomations- System	Einsparung (+) Mehrkosten (-)
Energiekosten p. a.				
Heizung	110,00 €/a	32%	74,80 €/a	
Kühlung	49,28 €/a	19%	39,92 €/a	
Beleuchtung	91,34 €/a	10%	82,21 €/a	
Gesamt je Raum	(a) <u>250,62 €/a</u>	./.	<u>196,92 €/a</u>	= 53,70 €/a
Investitionskosten				
Geräte	117,60 €		405,60 €	
Leitung und Verlegeaufwand	52,88 €		49,32 €	
Systemintegration			35,00 €	
Gesamt je Raum	<u>170,48 €</u>		<u>489,92 €</u>	
Jahresrate bei Finanzierung	(b) <u>21,55 €/a</u>	./.	<u>61,92 €/a</u>	= -40,37 €/a (c)
Gesamtkosten p. a.	(a) + (b) <u>272,17 €/a</u>	./.	<u>258,84 €/a</u>	= 13,33 €/a

bzw. 5% Reduzierung
bezogen auf Gesamtkosten p. a.
der Standardausstattung

bzw. 33% Rendite
bezogen auf die Mehrkosten
der Raumautomation (c)

Logo	Unternehmen	Kurzbeschreibung	Planung (Fachplaner)			Ausführung (Errichter)			Lieferung (Hersteller)		
			Entwurf	Ausführung	Überwach.	RA	DDC	GLT	RA	DDC	GLT
	Beckers Regeltechnik GmbH Paschenfurth 4b 47506 Neukirchen-Vluyn Tel. +49 (02845) 9800-0 Fax +49 (02845) 980580 info@beckers-regeltechnik.de Internet: www.beckers-regeltechnik.de	Firma Beckers befasst sich mit Planung, Errichtung und Vertrieb von MSR-Systemen für die effiziente Gebäude- und Raumautomation sowie intelligenter Softwaresysteme für das integrierte Gebäudemanagement. Darüber hinaus unterhält Fa. Beckers eine Service- und Wartungsabteilung. Firmenneutrale Bussysteme wie Bacnet und LON werden in den Projekten eingesetzt. Fa. Beckers projiziert Systeme zur Energie- und Ressourceneinsparung.	B	B		A	A	A			
	IMST GmbH Carl-Friedrich-Gauß-Str. 2 47475 Kamp-Lintfort Tel. +49 2842 981-100 Fax +49 2842 981-199 E-Mail contact@imst.de Internet: www.imst.de	IMST ist ein technischer Dienstleister für einfache und zuverlässige Funktechnik. Schwerpunkte der wireless-Lösungen sind In-dustrie- und Gebäudeautomation sowie Sicherheitstechnik. Funklösungen sind zukunftssicher und reduzieren Betriebskosten. Kunden sind Hersteller von Endprodukten, deren Innovationen bzw. Lösungen von IMST entworfen, getestet und ggf. in Kleinserie hergestellt werden. Typische Anwendungen sind: Türsprecheinrichtungen, Funk-Klingel, Funk-Sensorik und Alarmierung, Vernetzung über Funk.	A		A	A					
	LogiSystems Services by LogiBuy oHG Hülsdonker Str. 35 47441 Moers Tel. +49 (2841) 144 99-0 Email info@LogiSystems.de Internet: www.LogiSystems.de	LOGISYSTEMS ist Ihr kompetenter Systempartner, spezialisiert auf intelligente Gebäudetechnik, EDV und IT. Als eingetragener KNX/EIB-Partner unterstützt LOGISYSTEMS Bauherren und Planern rund um den European Installation Bus (EIB). Von Ihrer ersten Idee bis hin zur Übergabe an den Bauherrn steht LOGISYSTEMS Ihnen während jeder Projektphase als KNX-Partner gemäß DIN EN 50090 zur Seite.	B	B	B	B			B		

Logo	Unternehmen	Kurzbeschreibung	Planung (Fachplaner)			Ausführung (Errichter)			Lieferung (Hersteller)		
			Entwurf	Ausführung	Überwach.	RA	DDC	GLT	RA	DDC	GLT
	spega spelsberg gebäudeauto- mbh + co. kg Zechenstr. 70 47443 Moers Tel. +49 (2841) 88049-0 Fax +49 (2841) 88049-49 Email info@spega.de Internet: www.spega.de	spega ist der führende Hersteller von Raumautomationssystemen für die integrierte Regelung von Beleuchtung, Sonnenschutz und Raumklima zum Zwecke der Energieeinsparung, Komfortsteigerung und Sicherstellung der Nutzungsflexibilität. spega bietet darüber hinaus Bauherren, Fachplanern und Errichtern eine fachgerechte Beratung und Unterstützung bei der Spezifizierung und Inbetriebnahme von energieeffizienten Raumautomationssystemen an.	B	B		B			A		
	SOPHIA NRW GmbH Nordsternplatz 1 45899 Gelsenkirchen 0209-380-1518 daniela.hartl@sophia-nrw.de Internet: www.sophia-nrw.de	SOPHIA – dahinter verbirgt sich das neue Dienstleistungssystem der Wohnungswirtschaft, das älteren Kunden künftig „ Soziale Personenbetreuung – Hilfen Im Alltag “ bietet und dazu beiträgt, dass ältere Mieter länger sicher und selbstbestimmt in ihrer vertrauten Wohnung leben können. Die Angebotspalette von SOPHIA umfasst die Bereiche Kommunikation (24-Stunden-Rufbereitschaft, regelmäßige Kontaktaufnahme durch SOPHIA-Mitarbeiter), Sicherheit (automatisches Hausnotrufsystem), virtuelle soziale Betreuung, auch per Bildkommunikation über den häuslichen Fernseher, und die Organisation von Hilfs- und Betreuungsleistungen vor Ort in Partnerschaft mit Pflegediensten und haushaltsnahen Dienstleistern.									

Legende:

Planung Entwurf Leistungsphasen 1- 4 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)

 Ausführung Leistungsphasen 5- 7 der HOA)

 Überwachung Leistungsphase 8 der HOAI

RA Raumautomationssysteme (Kostengruppe 484 der DIN 276-1 „Kosten im Bauwesen – Hochbau“, Ausgabe 2006-11

DDC Anlagenregelung (Direct Digital Control) (Kostengruppe 481 der DIN 276-1 „Kosten im Bauwesen – Hochbau“, Ausgabe 2006-11

GLT Gebäudeleittechniksysteme) (Kostengruppe 483 der DIN 276-1 „Kosten im Bauwesen – Hochbau“, Ausgabe 2006-11

A Unternehmen ist **Anbieter** der Dienstleistung oder Produktgruppe

B Unternehmen unterstützt Anbieter oder Bauherren durch **Beratung**