

Heim- und Gebäudeautomatisierung zur Effizienzsteigerung in Gebäuden

P. PALENSKY OVE, P. RÖSSLER, D. DIETRICH OVE

Moderne Gebäude werden aus vielerlei Gründen mit Automatisierungssystemen ausgerüstet. Ein gemeinsamer Nenner ist, insbesondere im Zweckbau, Effizienzsteigerung. Automatisierte Betriebsmittel können zentral verwaltet, diagnostiziert und gesteuert werden. Der primäre Mehrwert ist aber das effiziente Zusammenspiel von Heizung, Licht, Klima und Einheiten anderer Gewerke im Gebäude. Die möglichst lückenlose Vernetzung eröffnet dem Energiemanagement und der Effizienzsteigerung im Allgemeinen neue und vielseitige Möglichkeiten.

Schlüsselwörter: Heim- und Gebäudeautomatisierung; Feldbus; Energiemanagement; Gebäudemanagement

Efficiency in buildings by means of home and building automation.

Automation systems are used in homes and buildings for many reasons. One important issue concerning this context is efficiency, particularly in large buildings. By using home and building automation, resources and devices can be controlled, monitored and maintained from one central office. The main feature is, however, to connect heating, ventilation, light systems and other devices used in homes and buildings together in one single network. That way, new possibilities concerning energy management and efficiency in general are opened.

Keywords: home and building automation; fieldbus system; energy management; facility management

1. Heim- und Gebäudeautomatisierung

Unter dem Begriff Gebäudeautomatisierung versteht man allgemein die Vernetzung von Infrastruktur in Gebäuden. Die Idee ist an sich nicht neu (Battermann, 1979), lediglich die Technologie hat eine nicht mehr mit früher zu vergleichende Performance und Qualität erreicht. Geräte und Anlagen zur Heizung, Belüftung oder Beschattung werden üblicherweise durch ein Datenkommunikationsnetzwerk, den so genannten Feldbus, miteinander vernetzt (Kabitzsch, Dietrich, Pratl, 2002). Aus historischer Sicht war das ursprüngliche Ziel dieser Vernetzung die Reduktion von Material- und Installationskosten der kilometerlangen Kabel und Leitungen, was durch Ersatz einer Vielzahl von parallelen Leitungen durch (im Idealfall) ein einziges busförmiges Medium, eben dem Feldbus, geschieht. Die einfachere Topologie bei Einsatz eines Feldbusses wirkt sich zudem positiv auf den Aufwand bei der Fehlersuche und Wartung und damit wiederum kostenmindernd aus.

Neben diesen ursprünglichen Zielen erkannte man bald, dass sich durch die nunmehrige Möglichkeit einer Kommunikation vormals getrennter Gewerke, etwa von Heizungsanlage und Beschattungssystem, weitere entscheidende Vorteile ergeben (Abb. 1). Es können damit Strategien zur effizienteren Nutzung von Energie realisiert werden, darüber hinaus ist eine Mehrfachnutzung von Komponenten möglich. So kann beispielsweise ein und derselbe Temperatursensor prinzipiell sowohl von der Heizungsanlage als auch vom Brandmeldesystem verwendet werden. Schließlich lassen sich durch das Zusammenspiel verschiedenartiger Gewerke auch zahlreiche neue Funktionen implementieren, die etwa auch den Komfort des Benutzers steigern.

Bevor die derzeit meistverwendetsten Gebäudeautomatisierungssysteme angeführt werden, seien zunächst die wichtigsten

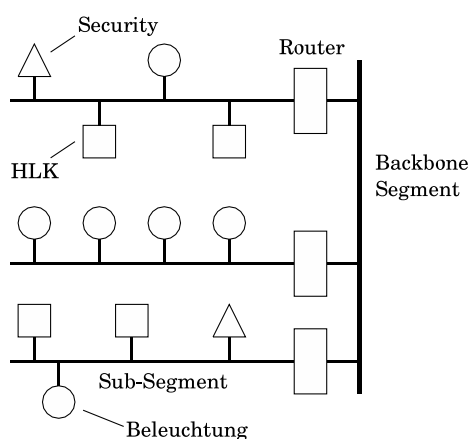


Abb. 1. Gebäudeautomatisierung mit verschiedenen Gewerken

Charakteristika von Anwendungen im Bereich der Gebäudeautomatisierung kurz erläutert.

- ▶ Ein besonderes Spezifikum der Gebäudeautomatisierung ist die, etwa im Vergleich zur Industrieautomation, hohe Anzahl von Kommunikationsteilnehmern (Knoten). Führt man sich die in einem Gebäude mögliche Vielzahl von verschiedenen

PALENSKY, Peter, Dipl.-Ing. Dr. techn., RÖSSLER, Peter, Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn., DIETRICH, Dietmar, O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn., Technische Universität Wien, Institut für Computertechnik, Gußhausstraße 27–29/E 384, A-1040 Wien.
(E-Mail: palensky@ict.tuwien.ac.at; roessler@ict.tuwien.ac.at; dietrich@ict.tuwien.ac.at)

Gewerken vor Augen (Heizung, Lüftung, Licht, Beschattung, Zutrittskontrollsystem, Brandmeldesystem usw. (*Kabitzsch, Dietrich, Pratl, 2002*), wird schnell klar, dass in einem einzigen Großgebäude oftmals tausende von Knoten in einem Netzwerk existieren können.

- ▶ Zur Kommunikation der einzelnen Knoten stellt sich eine Multi-Master-Struktur am geeignetsten heraus. Traditionelle Systeme, die beispielsweise im Bereich der Industrieautomation eingesetzt werden, bauen hingegen zumeist auf einer Master-Slave-Struktur auf, in der ein „intelligenter“ Master-Knoten (etwa eine Leitrechner) eine Anzahl weniger intelligenter Slave-Knoten steuert (*Dietrich, Neumann, Thomesse, 2001*). Eine derartige Struktur ist für Anwendungen der Gebäudeautomatisierung hingegen aus verschiedenster Sicht wenig sinnvoll. Die Intelligenz ist hier statt dessen verteilt (dezentral organisiert) und lokal in den einzelnen Knoten zu finden.
- ▶ Nachdem in Gebäuden auch im Nachhinein oftmals bauliche Veränderungen durchgeführt werden, müssen sich Gebäudeautomatisierungssysteme flexibel gegenüber Topologieänderungen verhalten. Ebenso muss die Möglichkeit vorhanden sein, defekte oder neue Knoten während des laufenden Betriebs in einfachster Weise auszutauschen bzw. neu zu installieren. Über diese Eigenschaft grenzen sich zum Beispiel Systeme für die Gebäude- oder Industrieautomation, von Systemen, die in Kraftfahrzeugen eingesetzt werden, ab.
- ▶ Infolge der hohen Anzahl von Knoten muss der Datenverkehr im Netzwerk lokal beschränkt werden, was durch Router geschieht. In vielen existierenden Feldbusssystemen, etwa für die Industrie- und Prozessautomatisierung, ist jedoch eine derartige topologische Segmentierung des Netzwerks infolge fehlender Routing-Funktionalitäten des Protokolls nicht möglich, wodurch sich deren Einsatz im Bereich der Gebäudeautomation verbietet.
- ▶ Gerade wegen der hohen Anzahl von Knoten in Zweckbauten ist der Preisdruck von entscheidender Bedeutung. Klar ist, dass der Einsatz eines Gebäudeautomatisierungssystems nur rentabel und damit sinnvoll ist, wenn die zusätzlichen Kosten für die Knotenhardware, die Einsparungen durch einfachere Installation und Wartung sowie reduzierten Energieverbrauch nicht übersteigen (sieht man einmal von Projekten, wie beispielsweise der Vernetzung des Berliner Reichstages durch Feldbusssysteme, ab, bei denen mehr das Prestige als die Kostengründe im Vordergrund stehen). In vielen erfolgreich realisierten Projekten konnte die Kosteneffizienz und damit die Sinnhaftigkeit von Automatisierungssystemen in Gebäuden jedoch bereits eindrucksvoll belegt werden.

Gerade aus dem letzten Punkt heraus begründet sich, warum Feldbusssysteme in Eigenheimen bis dato kaum Einzug gefunden haben. Eine Kosteneinsparung, so wie beim Einsatz in Großgebäuden, ist bei der Heimautomatisierung im besten Fall langfristig gegeben. Es muss deshalb versucht werden, die Technologie durch Implementierung eines entsprechenden Zusatznutzens für den Benutzer attraktiv zu machen.

Im Folgenden sollen die wichtigsten Vertreter der Heim- und Gebäudeautomatisierung genannt werden.

Das System X10 der gleichnamigen Firma wurde bereits am Ende der siebziger Jahre in großem Stil vertrieben und stellt damit wohl das älteste System zur Heimautomatisierung dar. Als Übertragungsmedium wird das 110-V- bzw. 230-V-Stromnetz verwendet (Powerline-Übertragung), wodurch kein eigenes Medium zur Informationsübertragung notwendig ist. Infolge des einfachen Aufbaus und fehlender Funktionalitäten auf höheren Abstraktionsebenen kann X10 jedoch nicht für die Ge-

bäudeautomation verwendet werden. Interessant ist jedoch, dass X10 sich gerade wegen seines simplen und damit kostengünstig zu implementierenden Konzepts als bisher einziges System im Bereich der Heimautomatisierung durchsetzen konnte und sich in den USA auch mehr als 20 Jahre nach seiner Entwicklung noch immer großer Beliebtheit erfreut.

Auch der amerikanische CEBus (Consumer Electronic Bus), der als Low-Cost-Bus zum Zwecke der Vernetzung von Produkten aus dem Bereich der Konsumelektronik entwickelt wurde, ist dem Bereich der Heimautomatisierung zuzuordnen. Im Gegensatz zu X10 bietet die Protokollspezifikation des CEBus schon wesentlich komplexere Funktionalitäten, die darüber hinaus im 1992 veröffentlichten Standard EIA 600 festgeschrieben sind (*CEBus, 1992*). Die Verbreitung des CEBus ist im Vergleich zu X10 jedoch als sehr gering zu bezeichnen und darüber hinaus, so wie X10, praktisch auf den nordamerikanischen Raum beschränkt. Der European Home Systems Bus (EHS) wurde Ende der achtziger Jahre über Fördermittel der Europäischen Union entwickelt und kann als europäisches Pendant des CEBus angesehen werden (*European Home Systems Specification, 1992*). Die ursprünglichen Ideen und Konzepte sind jedoch mittlerweile in der Konnex-Initiative aufgegangen, ebenso wie der in Frankreich entwickelte BatiBUS, der im Gegensatz zu den vorher genannten Systemen als „echter“ Gebäudebus bezeichnet werden kann (*ENV 13154-2, 1998*).

Als dritte Basistechnologie floss der EIB (European Installation Bus) in die Konnex-Initiative ein. EIB und das amerikanische System LonWorks stellen die eigentlichen Marktleader im Bereich der Gebäudeautomation dar (*Loy, Dietrich, Schweinzer, 2001; Dietrich, Kastner, Sauter, 2001*). Sowohl der EIB als auch LonWorks, beide über entsprechende nationale und internationale Normen standardisiert, können als etablierte Systeme im Bereich der Gebäudeautomation angesehen werden. Während LonWorks weltweit im Einsatz ist, wird EIB derzeit vor allem im europäischen Raum verwendet. Im Bereich der Gebäudeautomatisierung bieten beide Systeme ähnliche Funktionalitäten, und auch die Kosten für die Komponenten sind in etwa gleich. Dennoch gibt es Unterscheidungsmerkmale.

Während der EIB zum alleinigen Einsatz in der Gebäudeautomation konzipiert wurde, wird LonWorks auch in anderen Bereichen, wie etwa der Gastronomietechnik oder der industriellen Automatisierung, eingesetzt. Als physikalisches Medium verwendet EIB vor allem Twisted-Pair-Leitungen, aber auch eine Powerline-Übertragung ist möglich. In LonWorks ist das physikalische Medium nicht durch den Standard festgelegt, so dass eine Übertragung prinzipiell über jedes denkbare Medium möglich ist und auch praktiziert wird. Die physikalische Übertragungsrates beträgt bei Twisted-Pair-EIB 9,6 kbit/s, in LonWorks kann die Übertragungsrates hingegen im Bereich von 300 bit/s bis 2,5 Mbit/s ausgewählt werden. Im Bereich der Tools kann bei LonWorks zwischen einer Anzahl verschiedener Hersteller ausgewählt werden, während beim EIB nur ein einziges Tool zur Konfiguration und Inbetriebnahme des Netzwerks zur Verfügung steht. Was den Bereich der Heim- und Gebäudeautomation betrifft, zeichnet sich eine Koexistenz der beiden Systeme ab. EIB kann selbst im Heimbereich gefunden werden, wohingegen LonWorks sich aufgrund seiner Flexibilität auch in sehr großen Zweckbauten bewährt.

2. Effizienzsteigerung – Hintergründe und Anwendungen

Die Effizienzsteigerung bei Gebäuden kann man heute in zwei Kategorien einteilen:

- (i) Verminderung der Betriebskosten,
- (ii) Verminderung der Energiekosten.

Zweiteres kann natürlich als Untermenge von ersterem angesehen werden, doch betrachten wir die beiden Punkte hier getrennt.

Moderne Gebäudeautomatisierung kann den Betrieb von Gebäuden (insbesondere von Zweckbauten) massiv optimieren. Die Automatisierung von Gebäuden hat in diesem Kontext vor allem zwei Vorteile: Betriebsdaten können effizient erfasst werden und der Betrieb kann zentral beeinflusst werden.

Defekte oder verschmutzte Betriebsmittel können durch ein Automatisierungsnetz erkannt und möglicherweise auch diagnostiziert werden. Dadurch wird die Wartung, Reinigung und Instandhaltung des Gebäudes erleichtert. Auch die Historie von Betriebsdaten ist von Nutzen, sie kann zur statistischen Analyse und Optimierung verwendet werden und Daten liefern, die ineffiziente Aspekte des Gebäudes erkennen lassen. Mit solchen Daten kann ein nicht-automatisiertes Gebäude nicht aufwarten.

Die Steuerung und Beeinflussung des Betriebs kann ebenfalls Kosten sparen. Ein Bürogebäude mit z. B. 500 Jalousien pro Gebäudefront kann manuell schwer verwaltet werden. Automatisiert werden bei Sturmwarnung alle Jalousien eingefahren, ohne dass ein Trupp von Bediensteten durch die Stockwerke pilgern muss, um händisch zu kurbeln. Auch Aspekte wie Gebäudesicherheit, die Überwachung von Türen und Fenstern und dergleichen lassen sich durch ein Netzwerk kostengünstiger realisieren als durch entsprechenden Personalaufwand.

Ergänzend zum effizienteren Betrieb von Gebäuden werden Automatisierungsnetze aber auch zum tatsächlichen Vermindern der Energiekosten eingesetzt. Den „Energiekonsum“ zu reduzieren, ist eine direkte Effizienzsteigerung – verschwendetes Geld wird dadurch eingespart. Abhängig vom jeweiligen Energieliefervertrag sind verschiedene Strategien von Nöten, um die Energiekosten zu senken. Die den Energielieferverträgen zugeordneten Abrechnungen stellen üblicherweise eine Konstellation von folgenden Diensten in Rechnung:

- ▶ Konsum von elektrischer Energie,
- ▶ Bereitstellung von elektrischer Leistung,
- ▶ Bereitstellung von abschaltbarer Leistung usw.

Automatisierungstechnisch unterstütztes Energiemanagement versucht also diese Aspekte und Posten der Energieverrechnung zu optimieren, um dadurch letztendlich die Energiekosten zu senken.

Den reinen Konsum elektrischer Energie kann man im Allgemeinen durch folgende Maßnahmen optimieren: modernes elektrisches Gerät, optimierter Betrieb der vorhandenen Betriebsmittel, intelligente Gebäudeführung.

Moderne und neue Gerätschaften können sich schnell amortisieren. So findet man in alten Kälteanlagen oft ineffiziente Kompressoren und Regelungen sowie verschlissene Isolierungen und Dichtungen, was hohe Energiekosten verursachen kann.

Oft sind ganz profane Gründe die Ursache für erhöhte Energiekosten, wie eine Klimaanlage, die – obwohl nicht benötigt – am Wochenende nicht abgeschaltet wird (vergleiche die Fallstudien später in diesem Artikel). Durch Gebäudeautomatisierung lassen sich diese Probleme einfach lösen. Alle energierelevanten Betriebsmittel wie HLK (Heizung, Lüftung, Klima), Beleuchtung oder auch Umwälzpumpen und andere Maschinen, die nicht permanent, sondern situationsbezogen verwendet werden können, kann man durch ein Netzwerk für die Gebäudeautomatisierung zentral verwalten und somit deren ineffizienten Betrieb optimieren.

Intelligente Gebäudeführung kann auch durch Gebäudeautomatisierung unterstützt werden, man denke bloß an einen Supermarkt, der des Nächtens mit Umgebungsluft gekühlt wird und dadurch am Vormittag die Klimaanlage spürbar entlastet.

Solche einfachen Mittel sind nur durch ein Gebäudeleitsystem kostengünstig implementierbar.

Das Bereitstellen elektrischer Leistung wird im Allgemeinen mit Dingen wie einem „Leistungspreis“ verrechnet. Die Preismodelle sind mehr oder minder kompliziert und entwicklungsmäßigen Änderungen unterworfen. Eine Möglichkeit ist es z. B., die drei größten Leistungsspitzen des Kunden in einem Jahr zu protokollieren und diese dann nach einem gewissen Schema zu verrechnen. So oder in ähnlicher Art wird also nicht nur die verbrauchte Energie (unabhängig vom zeitlich gestalteten Leistungskonsum) verrechnet, sondern auch die zeitliche Gestaltung des Konsums.

Die automatisierungstechnische Antwort auf diesen Rechnungsposten ist Lastregelung, je nach Komplexität auch Demand-Side-Management (DSM), Maximumwächter, Spitzenlastglättung und dergleichen genannt. Das Prinzip ist einfach formuliert: Wenn der Energieversorger bestimmte Verbrauchsprofile finanziell honoriert und andere bestraft, dann muss man seine Betriebsmittel so einsetzen, dass der Verbrauch letztendlich ein „gutes“ Profil ergibt. Traditionell (also eigentlich veraltet) ist die Maßgabe, dass ein möglichst konstanter Energieverbrauch am erstrebenswertesten ist, was aber als Untermenge eines Profils angesehen werden kann. Klassische „Maximumwächter“ verfolgen den „Trend“ des Energieverbrauchs und schalten gegebenenfalls (wenn der „Trend“ unerwünschte Dimensionen annimmt) diverse Verbraucher aus.

In ein vernetztes Gebäude mit „intelligenten“ Geräten können weitaus effizientere Maßnahmen integriert werden. Die Geräte geben über das Automatisierungsnetz eine wahrscheinlichskeitsbehaftete Prognose ihrer zukünftigen Aktivitäten und Möglichkeiten ab, und das DSM-System versucht, aus diesen Möglichkeiten die „beste“ zu ermitteln (Palensky, Gordeev, 1999). Eine Prognose beinhaltet natürlicherweise mehr heuristisches „Wissen“ als ein einfacher Trend (Abb. 2).

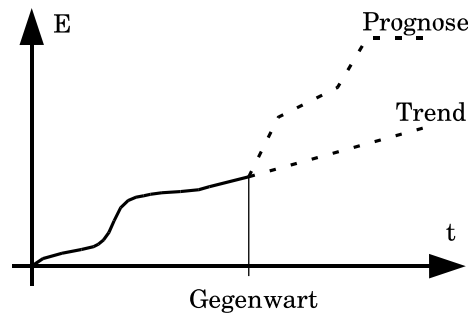


Abb. 2. Trend und Prognose des kumulativen Energieverbrauchs

Das Problem hinter dieser an sich guten Idee ist, dass die Prozesse beim Kunden oft keine Beeinflussung oder diese nur unter finanziellen Einbußen zulassen.

Man stelle sich folgendes Beispiel vor: Ein Fertigungsbetrieb für elektronische Leiterplatten hat einige elektrische Verbraucher wie beheizte Ätzbäder, galvanische Bäder, Lötplätze mit Schwallbädern und Reflow-Öfen usw. All diese Betriebsmittel sind durch den Fertigungsprozess zeitlich aneinander gebunden. Wenn nun also das DSM-System dem Reflow-Ofen eine 15-Minuten-Pause verordnet, um eine drohende Verbrauchsspitze zu vermeiden, dann müssen die Platinen vor dem Ofen auf Warteposition gestellt werden, was den ganzen Prozess bis hin zur Lieferung beeinflusst. Die Komplexität der Kundenprozesse wirkt also zurück auf den DSM-Algorithmus.

Aber auch kausal nicht gekoppelte Verbraucher lassen sich nicht so ohne weiteres von einem DSM-System regeln. Beson-

ders im Zweckbau, aber auch im privaten Heim sieht man, dass dem DSM enge Grenzen gesetzt sind – die Beleuchtung lässt sich nicht einfach abschalten, wenn der E-Herd verwendet werden soll. Wie auch in obigem Beispiel der Fertigungsstraße beruht jedes DSM-System auf Speichern. Nur mit Speichern lässt sich der Betrieb von elektrischen Verbrauchern zeitlich verschieben. Es sollen hier zwei Arten von Speichern identifiziert werden: Energiespeicher und organisatorische Speicher.

Organisatorische Speicher sind abhängig vom Prozess, so wie die Wartezeit beim Beispiel der Platinenfertigung: im weitesten Sinne ein „Regal“, wo man Prozesselemente eine gewisse Zeit ablegen kann. Dieser Speicher kann natürlich auch wieder Kosten („Zeit ist Geld“) und sogar Energiekosten verursachen, wenn er z. B. gekühlt oder beheizt sein muss.

Energiespeicher können in zwei Kategorien eingeteilt werden, nämlich in additive Energiespeicher und virtuelle Energiespeicher.

Additive Energiespeicher werden dem Prozess und der DSM-Prozessführung hinzugefügt. Das kann zum Beispiel elektrochemisch (Batterien) oder mechanisch (Schwungräder, Pumpspeicher) erfolgen. Additive Energiespeicher müssen aber nicht notwendigerweise die „Ur-Energie“ – in unserem Fall die gelieferte elektrische Energie – speichern, sondern können auch eine andere Energiequelle nutzen, wie z. B. ein vorhandenes Diesel-Notstromaggregat, das bei Bedarf natürlich auch zur Lastglättung eingesetzt werden kann.

Virtuelle Energiespeicher sind inhärent im Prozess vorhanden, aber nicht offensichtlich als solche zu erkennen. Klassischerweise sind es thermische Speicher. Eine Kühltruhe ist beispielsweise in der Lage, Energie zu speichern, indem man sie mit einer Energiemenge E auf 2°C unter ihren normalen Sollwert kühlt. Sie kann danach für eine gewisse Zeit von dieser gespeicherten Energie zehren und verbraucht währenddessen keine weitere. Auch der CO_2 -Gehalt von Gebäuden kann als Speicher dienen. Eine Belüftungsanlage, die im Normalfall jede Stunde 20 Minuten läuft, kann man – um Energie zu speichern – einmal für 30 Minuten die Luft erneuern lassen und somit den CO_2 -Gehalt so weit senken, dass sie längere Zeit nicht mehr benötigt wird.

Ohne diese Speicher kann ein DSM-System nicht effizient funktionieren. DSM reduziert nicht den Energieverbrauch, sondern verteilt ihn lediglich so, dass die dadurch entstehenden Kosten reduziert werden.

Traditionelle DSM-Systeme verwenden diese Speicher indirekt und ohne explizite Absicht. Wenn ein Kochkessel in einer Küche im DSM-System die Eigenschaft „temporär abschaltbar“ bekommt, dann beruht diese Eigenschaft auf dem thermischen Speicher, den das Kochgut darstellt. Je nachdem wie der Kochkessel allerdings verwendet wird (zum Warmhalten, zum Kochen, verschiedene Inhalte usw.) ändern sich die Eigenschaften des Speichers sowie die Parameter des DSM-Algorithmus, wie die erlaubten maximalen Abschaltzeiten und Pausen.

Ein modernes DSM-System verwendet diese Speicher also nicht implizit, sondern ist sich deren Existenz und deren Eigenschaften bewusst. Dieses zusätzliche Maß an „Intelligenz“ lässt sich sinnvoll und flexibel nur mit dezentralen Automatisierungssystemen realisieren. Je mehr dieser additiven und virtuellen Speicher sinnvoll in das DSM-System integriert werden können, desto mehr Freiheitsgrade hat das System. Viele Energieverbraucher – wie z. B. Beleuchtung oder Fertigungsmaschinen – bieten nämlich keinerlei „eingebauten“ Speicher an. Man muss ihn also bei anderen Betriebsmitteln finden oder hinzufügen.

Eine möglichst „totale Vernetzung“ des Gebäudes hilft in diesem Sinne, DSM-Systeme effizienter zu machen. Moderne Gebäudetechnik entwickelt sich mehr und mehr in die Richtung, diese Prinzipien zu nutzen. Handlungsbedarf besteht allerdings

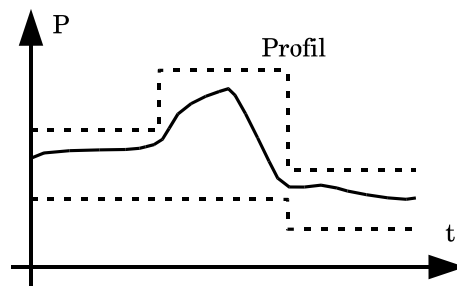


Abb. 3. Leistungsbezug innerhalb eines vorgegebenen Profils

immer noch im Aspekt der Parametrierung von DSM-Systemen. Üblicherweise wird lediglich auf einen nicht zu überschreitenden Maximalwert oder Tag/Nacht-Tarife geregelt. Mögliche 24-h-Profile, die ein Energieversorgungsunternehmen (EVU) noch mehr honorieren würde, werden nicht berücksichtigt. Denkbar wäre auch, dass das entsprechende EVU gewünschte Lastgänge regelmäßig per Internet ausschickt und die DSM-Systeme der Energiekunden versuchen, diesen Lastgängen zu entsprechen (Abb. 3). Die Möglichkeiten des Energiehandels könnten mit einer flächendeckenden Nutzung solcher online-Systeme erheblich vergrößert werden.

Abschaltbare Leistung findet man oft im Zusammenhang mit Nachtspeicherheizungen, Umwälzpumpen für Swimming Pools oder anderen Verbrauchern, die keine direkte Interaktion mit Benutzern haben und für eine vereinbarte Dauer jederzeit abgeschaltet werden können. Wenn beim Kunden modernes DSM betrieben wird, erübrigt sich das System der abschaltbaren Leistung – das EVU kann den Abschaltwunsch in einem gewünschten Lastgang formulieren oder auch direkt den Abschaltwunsch an das DSM-System übermitteln. In diesem Fall ist ein Teil der DSM-Algorithmik beim EVU zu finden.

Weitere Möglichkeiten, die durch die moderne Gebäudeleittechnik eröffnet werden, sind weniger mit dem direkten Energieverbrauch verbunden, sondern können eher indirekt zugeordnet werden. Ein intelligentes und automatisiertes Beschattungssystem kann die Klimaanlage entlasten, und Einzelraumregler, bei denen z. B. die Raumheizung abgeschaltet wird, wenn das Fenster offen steht, helfen ebenso, den Energieverbrauch zu senken. Erst die Vernetzung von moderner Gebäudetechnik (Jalousien, die nicht nur beschatten, sondern bei entsprechender Stellung auch Licht in den Raum reflektieren, oder doppelt verglaste Fassaden zur Isolation oder Kühlung) führt zu einem flexiblen und mächtigen System, das Einsparungen im Gebäudebetrieb ermöglicht.

Das Einsparungspotenzial ist stark vom Gebäude und dessen Nutzung abhängig. Bei Neubauten kann man die Einsparung oft gar nicht beziffern. So wurde die Fachhochschule Kufstein, um ein österreichisches Beispiel heranzuziehen, mit modernster Gebäudeleittechnik ausgestattet, den monetären Vorteil kann man aber aufgrund des fehlenden Vergleichs nicht benennen. Wie sich das Gebäude ohne die genutzte Technologie verhalten würde, könnte man nur erfahren, wenn man es eine gewisse Zeit ohne die effizienzsteigernde Gebäudeautomatisierung betreibt, was im Allgemeinen nicht möglich ist. Eine weitere, ebenfalls zu aufwändige Methode wäre die mathematische Modellierung des Gebäudes mit „Building Emulators“ (Peitsman et al., 1994) oder ähnlichem.

„Retrofitting“, also das Modernisieren von existierenden Gebäuden, kann hingegen mit realen Zahlen aufwarten. Eine Studie wurde von der US-amerikanischen Regierung mit einem „Hammer Award“ ausgezeichnet: Das Berkeley National Laboratory ermittelte ein Einsparungspotenzial von 450000 USD bei

einem großen Zweckbau in San Francisco (Chen, 1996). Dieses Potenzial kann nur mit Hilfe der Gebäudeautomatisierung genutzt werden. Die finanziellen Vorteile treten bei solchen Systemen bemerkenswert rasch ein. Siemens Building Technologies nennt in diesem Zusammenhang z. B. ein Projekt mit 1,2 Jahren Amortisationszeit (SBT, Fallstudie „Lockheed-Martin“).

Online-Energiedaten (McGowan, 2002) (dort aber irreführend als „real time energy systems“ bezeichnet), sind einer der wichtigsten Vorteile der Gebäudeautomatisierung. Daten, Meldungen, Alarmer und ähnliche Informationen können schnell und effizient übermittelt und ausgewertet werden. Ein interessantes Produkt in dieser Domäne wird von Envidatec GmbH in Hamburg angeboten (Envidatec Portal JEVIS). Es handelt sich dabei um ein Web-Portal, mit dem man seine Gebäude analysieren und evaluieren kann. Hintergrund ist ein Automatisierungsnetz (in diesem Falle LonWorks), das über das Internet Messwerte in Sachen Energieverbrauch, Temperaturen usw. an die Datenbank des Portals übermittelt. Der Kunde kann Statistiken und Analysen seines Gebäudes oder seiner Filialen berechnen und grafisch darstellen. Mithilfe dieses Systems erkannten Kunden beispielsweise, dass Betriebsmittel wie Klimaanlage seit Jahren unnötig und unkoordiniert verwendet und Ressourcen wie Wasser oder Wärme durch unbekanntes Leckagen oder suboptimalen Einsatz verschwendet wurden.

Die Hersteller und Betreiber von Gebäudeautomatisierungsanlagen bieten oft einen guten Überblick über die Möglichkeiten eines modernen Gebäudes, indem erfolgreiche Beispiele genannt werden. Insbesondere bei Contracting-Verträgen ist die Protokollierung der Einsparungen Pflicht und daher verfügbar. Ein Konsortium rund um Siemens Building Technologies hat z. B. 23 Wiener Schulen mit EIB-Systemen modernisiert und beachtliche Einsparungen erzielt (LON Nutzer Organisation, 1999) (siehe dazu auch <http://www.ewb.at>). Das besagte Contracting garantiert üblicherweise Einsparungen von 20 %. Auch Krankenhäuser, Wohnheime oder Kindergärten wurden österreichweit mit Gebäudeautomatisierung zum Zwecke der Energieeinsparung modernisiert.

Echelon Corp., die treibende Kraft hinter LonWorks, nennt ebenfalls Erfolgs-Stories wie das Hoppenbrouwers-Projekt in Holland, bei dem die Effizienz der Beleuchtung dank eines LonWorks-Systems um 70 % gesteigert wurde. Als weiteres Beispiel sei hier das General Service Administration(GSA)-Gebäude in Chicago genannt, bei dem die jährlichen Energiekosten um 30 % gesenkt werden konnten.

Auch die Interessensvertretungen und User-Organisationen der für die Gebäudeautomatisierung eingesetzten Netzwerke bieten Referenzen für erfolgreiche Projekte, in denen es gelungen ist, Energiekosten zu senken. Zahlreiche Beispiele für LonWorks finden sich in (Freund, 2000), so wird ein Klimatechnikprojekt in Berlin beschrieben, bei dem ein LonWorks-System von Honeywell 50 % Einsparung der Primärenergie erreichen konnte.

Die Machbarkeit und der Nutzen von obigen Anlagen werden also seit Jahren permanent neu unter Beweis gestellt und sind Stand der Technik. Nun ist es an der Zeit, die Algorithmen der DSM-Systeme weiter zu optimieren und eine breite Selektion an Verbrauchern DSM-fähig zu machen.

3. Zusatznutzen durch Einsatz der Feldbustechnik

Neben der effizienteren Nutzung von Energie bietet der Einsatz von Feldbussystemen in Heimen und Gebäuden noch eine Reihe weitere Vorteile. Auf den wichtigen Punkt der Kostenersparnis bei Installation und Wartung durch die einfachere Topologie vernetzter Systeme im Vergleich zu Systemen traditioneller Verkabelung wurde bereits eingegangen. Ein weiterer Zusatznutzen ergibt sich durch die Möglichkeit, auch Gewerke, die nicht in Zusammenhang mit der Energieeffizienzsteigerung ste-

hen, infolge des bereits vorhandenen, universellen Feldbussystems mit relativ geringem Aufwand im Gebäude zu integrieren. Zu diesen Gewerken zählen beispielsweise Aufzugssteuerungen, Zutrittskontrollsysteme und Einbruchsmeldanlagen, Brandmeldesysteme, Kontroll- und (Fern-)Wartungssysteme.

In diesem Zusammenhang wurde bereits die Möglichkeit einer Mehrfachnutzung von Komponenten durch die verschiedenen Gewerke erwähnt. Ein einzelner Anwesenheitssensor kann sowohl vom Alarmsystem als auch von einer Lichtsteuerung ausgewertet werden, die etwa die Beleuchtung in einem Raum automatisch abschaltet, sobald sich für eine gewisse Zeit keine Personen in diesem Raum befinden. Auch kann beispielsweise ein einzelner Temperatursensor prinzipiell sowohl von einer Heizungsanlage, einem Brandmeldesystem als auch von einer Klimaanlage verwendet werden. Möglich ist diese Mehrfachnutzung nur, wenn auch wirklich für eine große Zahl verschiedenster Gewerke entsprechend netzwerkfähige Komponenten existieren. Die erwähnten Systeme EIB und LonWorks decken hier bereits einen sehr großen Teil wichtiger Gewerke ab, laufend kommen neue Gewerke hinzu, siehe (<http://www.eiba.org>; <http://www.lno.de>)

Als weiterer Zusatznutzen ist die gesteigerte Ausfallsicherheit und Zuverlässigkeit von vernetzten gegenüber traditionellen Systemen zu nennen. Fällt in einem traditionellen System etwa die zentrale Steuerung der Heizungsanlage aus, ist de facto das ganze Gebäude ohne Heizung. Im Falle des Einsatzes von intelligenten Sensor- und Aktorknoten kommunizieren Temperatursensoren und Heizungsventile direkt miteinander und ohne eine zentrale Steuerungseinheit. Ein derart fehlertolerantes Heizungssystem ist auch robust gegenüber dem Ausfall einzelner Knoten.

Es sei angemerkt, dass gerade im Bereich der Heimautomation besonderes Augenmerk auf den Zusatznutzen von Automationssystemen gelegt werden muss. Die bei der Gebäudeautomation schlagenden Argumente der Kostenersparnis durch Energieeffizienz und bei der Installation und Wartung überzeugen hier im Allgemeinen nicht. So wird sich der typische private Bauherr nur durch einen für ihn interessanten Zusatznutzen zum Einbau eines Feldbussystems in sein Eigenheim überzeugen lassen. Einige, speziell auf den Heimbereich zugeschnittene Anwendungsbereiche seien in der folgenden Aufzählung genannt:

- ▶ Vernetzung von brauner Ware (HiFi-Anlage, Videorecorder usw.) und weißer Ware (Küchengeräte usw.),
- ▶ Anwesenheitssimulation bei Abwesenheit der Bewohner als Einbruchschutz,
- ▶ Steuerung von Gartenbewässerungsanlagen,
- ▶ Fernablesung von Verbrauchszähler für Strom, Wasser und Gas (in Zusammenarbeit mit den Energieversorgungsunternehmen),
- ▶ Erleichterungen für ältere Menschen und Menschen mit Behinderung.

Insbesondere in Verbindung mit dem Internet lässt sich die Heim- und Gebäudeautomatisierung in vielfältiger Art und Weise nützen (Chemishkian, 2002). Festzustellen bleibt aber, dass sich infolge der hohen Installationskosten die Heimautomation bis jetzt noch nicht in dem Maße durchsetzen konnte, wie dies bei der Gebäudeautomation seit einigen Jahren der Fall ist.

4. Chancen und Risiken

Auf die zahlreichen Vorteile des Einsatzes der Heim- und Gebäudeautomation wurde bereits weitgehend eingegangen. Es seien jedoch auch die Nachteile nicht unerwähnt. So wurde die Problematik der derzeit noch hohen Kosten für Heimautomationssysteme bereits im letzten Kapitel erläutert.

Zunächst muss festgestellt werden, dass das Thema Heim- und Gebäudeautomation bis vor einigen Jahren nur einem relativ kleinen Fachkreis bekannt war. Wenn aber das Bewusstsein bei den entsprechenden Entscheidungsträgern wie Planern, Architekten, Investoren und Betreibern von Gebäuden fehlt, werden die entsprechenden Systeme natürlich nicht eingesetzt. Nutzerorganisationen wie die EIBA (EIB Association) und die LNO (LON Nutzer Organisation) haben dieses Problem erkannt und seitdem einiges getan, um die Bekanntheit von Heim- und Gebäudeautomationsystemen zu steigern. Als Beispiel sei das von der LNO herausgegebene Buch (*Dietrich, Fischer, 2001*) genannt, das speziell den Leserkreis der Planer und Architekten ansprechen soll.

Berechtigte Skepsis herrscht auch, was die Frage der zukünftigen Verfügbarkeit von Komponenten und Tools angeht. Was tun, wenn man sich bei der Errichtung eines Gebäudes auf bestimmte Tools und Komponenten festgelegt hat, die vielleicht zehn Jahre später nicht mehr existieren? Auch dieses Problemkreises sind sich die EIBA und die LNO bewusst. Aus diesem Grunde wird bei der Entwicklung neuer Geräte und Komponenten sehr auf die Einhaltung von so genannten Interoperabilitätskriterien (*EIBA Handbook, 2000; EIB's Object Interworking Standards, 1998; LonMark Application Layer Interoperability Guidelines, 2002*) geachtet, die den mehr oder weniger problemslosen, herstellerunabhängigen Austausch von Komponenten garantieren sollen.

Etwas problematisch muss der Einsatz von Gebäudeautomatisierungssystemen in Altbauten gesehen werden. Spezielle Kabelkanäle für den Feldbus, die man bei Neubauten ja schon bei der Planung berücksichtigen kann, sind hier nicht vorhanden. Aus diesem Grunde wurde von vielen Feldbussystemen eine Powerline-Übertragung vorgesehen, da man sich hier das Kommunikationsmedium erspart. Es muss jedoch festgestellt werden, dass die ursprünglichen Erwartungen an das Medium wohl etwas zu euphorisch angesetzt wurden, da die heutigen Transceiver im Vergleich etwa zu Twisted-Pair-Transceivern sehr teuer und zudem störanfällig sind. Aus diesem Grund ist heutzutage die verdrillte Zweidrahtleitung noch immer das bevorzugt eingesetzte Übertragungsmedium. In naher Zukunft sind jedoch im Bereich der Funk-Transceiver entsprechende Impulse zu erwarten.

Ein Problem, für das bisher überhaupt das Bewusstsein auf breiter Basis fehlt, ist das der Security. Mechanismen wie Verschlüsselung und Authentifizierung von Daten, wie sie etwa im Internet praktisch schon zum Standard gehören, fehlen bei konventionellen Feldbussystemen völlig oder sind nur rudimentär vorhanden. Angesichts der Menge an heute existierenden Computerviren ist es wohl nur eine Frage der Zeit, wann die ersten „Viren“, „Hacker“ oder ähnliche Phänomene auch im Bereich der Feldbussysteme auftauchen. Gerade der anhaltende Trend zur Anbindung von Feldbussystemen an IP-Netzwerke, etwa zum Zwecke der Fernwartung, sowie drahtlose Gebäudeautomatisierung machen es potenziellen Angreifern prinzipiell einfacher, die Infrastruktur kompletter Großgebäude lahmzulegen (*Sauter, Palensky, 2000*).

Schließlich sind unter Umständen noch Probleme soziologischer Natur zu lösen. Die Tatsache, dass beim Betreten eines Raumes praktisch „von Geisterhand“ Lichter ein- und ausgeschaltet werden oder sich Jalousien automatisch zu bewegen beginnen, mag manchen potenziellen Kunden abschrecken. Das Vertrauen der Kunden und das Gefühl des „Nicht-entmündigt-Werdens“ muss sich die Automatisierungstechnik noch auf breiter Basis erkämpfen. Probleme der Akzeptanz beim Endbenutzer sind, wie praktisch immer, wenn neue Technologien eingeführt werden, nicht auszuschließen. Aus diesem Grund muss Gebäudeautomatisierung sanft und unaufdringlich wirken. Als

Beispiel sei die Effizienzsteigerung eines Gebäudes in Athen genannt, bei dem explizit eingeplant wurde, dass die Bewohner des Gebäudes mit dem System „kooperieren“, indem sie Fenster öffnen oder einen Ventilator händisch einschalten können (*Tombazis, Preuss*).

5. Ausblick

Vor allem in Europa, aber auch weltweit, spielen die Dienstleistungs- und Energiekosten eine immer größere Rolle. So gewinnt das Energiemanagement mehr und mehr Business-Relevanz (*Tatum, 2001*), vor allem bei der Planung von Gebäuden spielt es zunehmend eine zentrale Rolle, wenn es beispielsweise um die Folgekosten geht.

Der Mensch möchte zudem zunehmend von einfachen Aufgaben entlastet werden. Man erwartet heute von einem guten Kraftfahrzeug, dass die Fenster elektrisch bedienbar sind. Die Kraftfahrzeughersteller wollen eine Online-Wartung für das Kraftfahrzeug einführen, was über Internetanschlüsse im Kraftfahrzeug abgewickelt werden wird. An ähnlichen Projekten arbeiten die Heizungsproduzenten, die Aufzugsfirmen, die Gastronomie – in nahezu allen Bereichen werden ähnliche Wünsche laut und nehmen laufend zu. Es steht wohl außer Zweifel, dass die Vernetzung auf Feldebene mehr und mehr zunehmen wird (*Dietrich, 2002*). Da, wie ausführlich dargelegt wurde, die Vernetzung anderer Gewerke und Branchen einhergeht, wird die Vernetzung der Knoten zunehmend komplexer, die Algorithmen, die in den einzelnen Applikationen und zwischen den Knoten ablaufen, zunehmend aufwändiger (*Palensky, 2001*). Das bedeutet zum einen, dass hier noch ein enormes Potenzial vorhanden ist, um effizientere Lösungen zu finden, es bedeutet aber auch, dass hier noch viel Grundlagenforschung notwendig werden wird. Viele Themen stehen an, bearbeitet zu werden. Interessant und vielversprechend ist so die Thematik der Agenten für die Heimvernetzung (*Sharples, 1999*) und hier im Speziellen für das Energiemanagement (*Palensky, 2001*). Aber auch Aufgaben aus den Bereichen des Facility-Management, des Bereichs Security und der sozialen Verträglichkeit stehen an. Wesentlich ist auch das Thema der prinzipiellen allgemeinen Modellbildung hochkomplexer Systeme mit Hunderttausenden von Datenpunkten und Knoten (*Dietrich, 2002*), denn exakt darauf wird es langfristig hinauslaufen. Und bis heute gibt es dafür noch keine annähernd ausreichende Lösung.

Literatur

- Batterman, C. A. (1979): A distributed facilities management system. Proc. IEEE Computer Society's 3rd Int. Computer Software and Applications Conference 1979 (COMPSAC 79).
- Kabitzsch, K., Dietrich, D., Pratl, G. (2002): LonWorks – Gewerkeübergreifende Systeme. Berlin: VDE.
- Dietrich, D., Neumann, P., Thomesse (2001): FeT'2001, IFAC Int. Conference on Fieldbus Systems and their Applications, Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications (LORIA) Société de l'électricité, de l'Électronique et des technologies de l'information et de la communication (SEE).
- CEBus Consumer Electric Bus (1992): EIA Standard, EIA, USA.
- European Home Systems Specification (1992): Release 1.1, Home Systems Consortium/European Home Systems Association, Eindhoven.
- ENV 13154-2 1998 E, Data Communication for HVAC Application Field Net. Part 2, Protocols, CEN, Brüssel, Juni.
- Loy, D., Dietrich, D., Schweinzer, H.-J. (Hrsg.) (2001): Open Control Networks, LonWorks/EIA709 Technology. Kluwer Academic Publishers.
- Dietrich, D., Kastner, W., Sauter, T. (Hrsg.) (2001): EIB Gebäudebus-system. Heidelberg: Hüthig.
- Palensky, P., Gordeev, M. (1999): Demand side management by using distributed artificial intelligence and fieldbus technology. In: Proc. Intelligent and Responsive Buildings Conference. Brugge.

- Peitsman, H. C., Wang, S., Karki, S. H., Park, C., Haves, P. (1994): Reproducibility of tests on energy management and control systems using building emulators. ASHRAE Transactions, Vol. 100, No. 1: 1455–1464.
- Chen, A. (1996): Energy efficiency: \$ 450 000 annual savings possible in single San Francisco building. Berkeley Labs Research News, October 14.
- SBT Siemens Building Technologies. Fallstudie „Lockheed-Martin“, <http://www.sbt.siemens.com/hvp/staefa/resources/lmartin.asp/>.
- McGowan, J. (2002): „Real time and the future of the energy management business“. In: Buildings Online 2002, Energy User News.
- Envidatec Portal „JEVis“: <http://www.my-jevis.com/>.
- LON Nutzer Organisation (1999): Gebäudeautomation von Honeywell sorgt am Potsdamer Platz für sparsame Nutzung von Energie. LON-Brief Nr. 15, LNO Verlag.
- Freund, R. (2000): Energie-Einspar-Contracting in Österreich. e & i (117), H. 7/8: 468–473.
- EIBA (EIB Association), siehe <http://www.eiba.org/>.
- LNO (LON Nutzer Organisation), siehe <http://www.lno.de/>.
- Chemishkian, S. (2002): Building smart services for smart home. Proc. 4th IEEE Int. Workshop on Networked Appliances.
- Dietrich, D., Fischer, P. (Hrsg.) (2001): LonWorks Planerhandbuch für Planer Architekten und Betreiber. Berlin: VDE.
- EIBA Handbook Series (2000): Vol. 3 (System Specifications), Part 7 (Interworking). EIBA.
- EIB's Object Interworking Standards (1998).
- LonMark Application Layer Interoperability Guidelines (2002): Version 3.3. LonMark Interoperability Association, USA.
- Sauter, T., Palensky, P. (2000): Security Considerations for FAN-Internet connections. 3rd IEEE Workshop on Factory Communication Systems, Barcelona.
- Tombazis, A. N., Preuss, S. A.: The Avax Office Building, Athens. The European Directory of Energy Efficient and Sustainable Building.
- Tatum, R. (2001): Big Picture: Enterprise energy management takes a comprehensive look at energy – from procurement to consumption – to find bottom line savings. In: Building Operation Management, Oct. 2001, Trade Press Publishing Corporation.
- Dietrich, D. (2002): Feldbussysteme – ihre Chancen für die Gegenwart und Zukunft. VDE Kongress.
- Palensky, P. (2001): Distributed reactive Energy Management. Dissertation, TU Wien.
- Sharples, S., Callaghan, V., Clarke, G. (1999): A multi-agent architecture for intelligent building sensing and control. Int. Sensor Review Journal 19 (2), May. ■