

Netzwerke und Gebäude

Networks and Buildings

P. PALENSKY (OVE), S. SOUCEK, S. VON KLOT, D. Dietrich (OVE)

DIETRICH, Dietmar, Prof. Dr., PALENSKY, Peter, Dr., TU Wien - Institut für Computertechnik, Gusshausstrasse 27-29/384, A-1040 Wien (E-Mail: dietrich@ict.tuwien.ac.at, palensky@ict.tuwien.ac.at)

VON KLOT, Sandrine, Mag. Arch., Böcklinstrasse 110/3a, A-1020 Wien (E-Mail: klot@svk-architecture.at)

SOUCEK, Stefan, Dr., Loytec Electronics, Stolzenthalgasse 24/3, A-1080 Wien (E-Mail: soucek@ieee.org)

Kurzfassung

Die Gebäudeautomatisierung hat in den letzten Jahren einen substanziellen Wandel erfahren. Ist man früher von Fragestellungen wie "Wie kann ich mein Licht ein- und ausschalten?" bzw. "Wie kann ich meine Heizung steuern?" ausgegangen, hat man nun erkannt, dass ein Gebäude der Ort vieler Prozesse ist, die mit Hilfe der Informationstechnologie optimiert und sogar synergetisch verbunden werden können. Ein modernes Gebäude beherbergt oft mehrere, auf den ersten Blick orthogonal wirkende Netzwerke. Die zugehörigen Dienste sind Telekommunikation, Intercom, Office-Anwendungen, Multimedia, Gebäudeschutz, Warnmeldeanlagen, Zutrittssysteme und auch Steuerungen für Licht, Klima, oder Beschattung. Diese Netze erfüllen dabei eine wesentliche Voraussetzung für eine Automatisierung auf hohem Niveau: Sie machen Prozesse kommunikationsfähig, wodurch diese nicht nur entscheidend leistungsfähiger, zuverlässiger usw. gestaltet werden können, sondern völlig neue Funktionen bis hin zu Remote Control möglich werden. Die verwendete Technologie ist heterogen und spezialisiert, ein Netzwerk für Brandmelder ist anders aufgebaut als eines zur Übertragung von Video-Strömen. Wir befinden uns gerade im zweiten großen Schritt hin zum "integrierten Gebäude", der Konvergenz und Verbindung dieser bislang getrennten Systeme. Der Nutzen einer integrierten Infrastruktur liegt auf der Hand: geringere

Wartungskosten, einfacheres Netzwerkmanagement, durchgängige Funktionen und die potentielle Chance, vormals unabhängig betriebene Prozesse sinnvoll zu verbinden. Ein nahtloser Informationsaustausch zwischen Heizungssteuerung, Beschattungsanlage, Präsenzmeldern und der Lichtsteuerung erlaubt es, Energiekosten weiter zu optimieren. Diese Konvergenz und die zahlenmäßig stetige Zunahme der Sensoren führt zu komplexen Systemen und Datenmengen, die neue Konzepte hinsichtlich Anwendung, Entwurf, Planung, Integration, Implementierung sowie Wartung erfordern.

1. Einleitung

Die Gebäudeautomatisierung hat sich in den letzten Jahren stetig weiterentwickelt und eine Reihe neuer Technologien hervorgebracht, mit denen immer neue Dienste und Prozesse in Gebäuden erschlossen werden können. Ein wesentlicher Faktor dafür ist der steigende Vernetzungsgrad. Das bekannte Konzept des Direct Digital Control (DDC, *Newman, 1994*) wird durch den Einsatz flexiblerer Kommunikationssysteme, die auf offenen, internationalen Standards basieren, sukzessive aufgelöst. Die aus der Prozessautomatisierung bekannten Feldbussysteme lösen dedizierte I/O-Anbindungen ab und steigende Konvergenz mit Netzwerken aus dem Bereich der IT (Informationstechnologie) ermöglichen den durchgängigen Informationsfluss durch alle Ebenen der Automatisierungshierarchie (*ISO, 2004*).

Die Grenzen der Hierarchieebenen werden durch den erhöhten Vernetzungsgrad zunehmend verwischt. Es stehen verstärkt der Informationsfluss und die damit einhergehenden Dienste im Vordergrund. Prinzipiell gibt es unterschiedliche Informationsflüsse in Gebäuden, die nicht ausschließlich durch elektronische Vernetzung gegeben sind. Der Informationsfluss, der durch die bauliche Struktur und Architektur erzeugt wird, ist bisher in den Modellen der "Automatisierer" noch nicht mit dem technologischen Informationsfluss verknüpft. Eine architektonische Maßnahme zur Kommunikation der Windstärke kann beispielsweise durch Sichtzugang auf einen Fahnenmast erreicht werden. Dem gegenüber steht ein rein technologischer Ansatz, in dem eine Wetterstation die Windstärke ermittelt und über das Netzwerk an Visualisierungselemente in den Büros verteilt.

Die Technologien zur Vernetzung in Gebäuden werden auch von der Architektur in zunehmendem Maß berücksichtigt. Netze im Gebäude (z. B. IT-Netze, Feldbussysteme) sind mittlerweile im Markt etabliert (*Kastner, Neugschwandtner, Soucek, Newman, 2005*). Aus der Sicht der Architektur stellen Netze aber nicht nur den Informationsfluss innerhalb eines Gebäudes sicher, sondern bieten die Grundlage einer ganzheitlicheren Erfassung. Die Erweiterung der Vernetzung aus der Gebäudehülle wurde bereits längst vollzogen: technische Möglichkeiten zu Fernwartung, Überwachung der Zugangskontrolle von außen oder Fernkontrolle bei Ferienhäusern.

Diese Erweiterung fand jedoch in rein technischen Anforderungen ihren Ursprung. Von der Architektur werden bestehende, technologische Möglichkeiten interpretiert und weiterentwickelt, um das Gebäude als Raum zu erweitern. Die architektonische Definition von Raum durch Technologie erweitert in gewissem Sinne die typische Sichtweise der Gebäudeautomatisierung. In der Gebäudeautomatisierung wird der Raum heute hauptsächlich durch die Gebäudekoordinaten, d. h. in letzter Instanz durch die Gebäudehülle, physisch bestimmt. In der Architektur wird jedoch der Raum durch ein "soziales Diagramm" definiert. Dieses ist im Wesentlichen die Aufteilungsbeschreibung von Menschen und deren sozialen Bedürfnissen. Das Verhaltens- und Benutzer-Profil von Individuen und deren Zusammenspiel in einer sozialen Gruppe bestimmt den Raum. In der Vergangenheit zeichnete sich das soziale Diagramm vor allem dadurch aus, dass die Funktionen klar getrennt und auf Räume aufgeteilt waren, z. B. die klare Trennung in Küche, Wohnzimmer, Schlafzimmer mit jeweils getrennten Raumfunktionen. Die Entwicklung zeigt heute eine Veränderung des sozialen Diagramms, in dem klare Grenzen verschwimmen. Die Funktionen Küche und Wohnraum werden kombiniert wodurch auch die technische, räumliche Anpassung durch eine Küchenzeile erfolgt. Die technologischen Möglichkeiten, die aus der Vernetzung entstehen, nähren weitere Veränderung des architektonischen Raums. Daraus ergeben sich auch neue Problemstellungen für technologische Vernetzungen, die ermöglichen soll, Räume ohne Ortswechsel sich ändernden Bedürfnissen anzupassen. Andererseits können gewisse Dienste durch den Einsatz von Technologie personenbezogen und ortsunabhängig „mitgenommen“ werden.

Die Gebäudeautomatisierung hat sich von den klassischen, hierarchischen Steuerungen und Regelungen weiterentwickelt. Es geht vielmehr um eine breitere Vernetzung von Diensten. Hierzu ist jedoch auch eine Beschreibung der Vision aus architektonischer Sicht notwendig, um der Technik ein besseres Verständnis für zukünftige Anforderungen zu geben. Vor diesem Hintergrund soll eine Bestandsaufnahme etablierter Technologien in der Gebäudeautomatisierung erfolgen. Sie ermöglicht die Weiterentwicklung spezifischer Dienste, die ein neues Raumverständnis sowohl auf technischer als auch architektonischer Seite unterstützen.

2. Räume, die der Vernetzung folgen

Die heutige elektronische Industrie wirbt mit dem "Intelligent Home" als Zukunftsvision des Hauses. Waschautomaten, Geschirrspüler, automatisierte und umweltfreundliche Heizungen, Alarmanlagen, Audio- und Videogeräte und Telefone aller Art (digitale ISDN-Anlagen, schnurlose DECT-Apparate, GSM-Handys) sorgen für Behaglichkeit, Sicherheit, Unterhaltung und für Kommunikationsmöglichkeiten. Der Heimcomputer, der in Verbindung mit dem Telefonanschluss zum Eingangstor in ein multimediales weltweites Netzwerk von Informationen und Dienstleistungen geworden ist, erscheint unerlässlich. Weitere neue Dienste werden bald hinzukommen.

Seit ca. 1980 beschäftigen sich weltweit Techniker und Marktstrategen mit der Datenvernetzung innerhalb von Gebäuden. In den USA, Japan und in Europa haben sich unterschiedliche Standards etabliert. Allen war gemeinsam, dass sie von der Technologie, hier besonders von den Datenbussen und deren konsequenter Standardisierung, zur Anwendung gelangen wollten. Bei den Endanwendern stieß dieses Vorgehen auf große Verständnis- und Akzeptanzschwierigkeiten. Einige Systeme haben sich über die Nutzgebäudeanwendungen einen bescheidenen Anteil im Wohnhausbereich sichern können. Hier erhalten beispielsweise Hausapparate ein Höchstmaß an modernster elektronischer Ausrüstung, welche die körperliche Anstrengung bei ihrer Nutzung auf ein kaum noch nennenswertes Maß minimiert.

Die Perfektionierung des elektronischen Systems stellt nur den ersten Schritt zum allumfassenden "Intelligent Home" dar, denn nicht auf das Einzelgerät kommt es an, sondern auf die elektronisch gesteuerte Gesamtausstattung des Hauses und die

Vernetzung ihrer einzelnen Komponenten. Flexibilität und Technologie bilden bereits seit der Moderne des frühen zwanzigsten Jahrhunderts zentrale Begriffe im Bewusstsein innovativer Raumplanung. Gleichzeitig hat sich der heutige Flexibilitätsbegriff weit von dem in die Moderne zurückreichenden Verständnis einmaliger Wahlfreiheit (Mitbestimmung der Grundrissorganisation seitens Bewohner) oder einem vorgegebenem Möglichkeitsspektrum struktureller Veränderungen in gebauten Räumen entfernt (Schiebelemente oder mobile Wandelemente). In den 1960-er Jahren wurde der Begriff der Flexibilität am weitesten vorangetrieben; symbolisch stand sie für Pluralität, Toleranz und Informalität. Die flexible Wohnung hat als Komplement einen festen Platz erhalten. Der Wohnraum wird damit nicht nur von seiner rigiden Unterteilung, sondern auch von sämtlichen Möblierungen befreit und im Sinne eines durchsichtigen, neutralen Raumes weiterentwickelt.

Heute impliziert "räumliche Flexibilität" den Einsatz von Technik, die nicht so sehr räumlich als vielmehr organisatorisch wirksam wird. Seitens der Endanwender wächst zunehmend die Erwartungshaltung, Räume wechselnden Bedürfnissen anzupassen - ohne den jeweiligen Ort dafür ändern zu müssen. Die Werbung für das "Intelligent Home" bescheidet sich gleichzeitig mit einer Rhetorik, die sich kaum von einer ehemals modernistischen (*Adam, 2002*) unterscheiden hätte: Sparsamkeit, Komfort und Sicherheit sind die Eigenschaften, aufgrund der das elektronische Haus gepriesen wird, genauso wie vor 50 Jahren das mechanisierte Haus oder mechanisierte Esszimmer des Architekten Gio Ponti 1950. Qualitativ scheint sich seither nichts Wesentliches geändert zu haben. Es gilt weiterhin, den Bewohner soweit wie möglich vom Zwang häuslicher Arbeit zu befreien, um eine Totalisierung häuslicher Geborgenheit und Glücks zu suggerieren. Übersehen wird hierbei die längst implizierte Verschmelzung von Körper und Maschine, und zwar nicht mehr als visionärer Bestandteil, sondern als profane Realität. Der Körper ist Gegenstand der biotechnologischen, aber auch elektronischen Manipulation, gleichermaßen wie das Haus Designobjekt geworden ist. Auf das "Intelligent Home" angewendet bedeutet das, dass es ohne Entfaltung einer Strategie des interaktiven Design, das sowohl Körper als auch Apparat einschließt, kaum Zukunftschancen hat. "body.guards", ein von dem Berliner Architekten Jürgen Mayer H. entwickeltes, fiktives Kommunikationssystem (**Abbildung 1**) erscheint in diesem Zusammenhang interessant:

Für den alltäglichen Umgang mit Anderen erhalten wir mittels kaum wahrnehmbarer Partikelwolken eine Form externes Immunsystem, mit dessen Hilfe sowohl Krankheitserreger und Gefahren abgewehrt werden als auch kommunikativ mit anderen Menschen ähnlich gelagerte Interessen in einem frühen Stadium ausgelotet werden können.

###Abbildung 1: Das "body.guards" System, Architekturbüro Jürgen Mayer H.###

Der in der Moderne begründete "Raumplan" vermochte den Stadtbewohner des zwanzigsten Jahrhunderts zwar als anpassungsfähigen, jedoch auch gleichzeitig in seinen sozialen Zuordnungen und Bedürfnissen transparenten Bewohner zu erfassen. Heute sind soziale Systeme mit räumlichen Systemen weniger kongruent, traditionelle Verbände, wie die der Kleinfamilie und damit festgelegte Wohn- und Arbeitsformen, lösen sich vermehrt auf. Die durch Architektur vorgegebene, räumliche Funktionszuordnung verliert an Bedeutung. Dem "User" (ehem. Bewohner) obliegt es vielmehr, in Abhängigkeit zu seinen jeweiligen Bedürfnissen, Funktion und Raum entsprechend zu konfigurieren. Konkrete Raumbeschaffenheit schwindet somit zugunsten von Raum-übergreifenden, sich überlagernden temporären Raumsystemen.

Die Stadt des einundzwanzigsten Jahrhunderts bietet ein postgeografisches Raumsystem, in dem Handlungen und Kommunikation orts- und zeit-unabhängig stattfinden können (**Abbildung 2**). Die neue Unabhängigkeit der Information von der geographischen Lokalisierung erschafft einen Zustand der Ubiquität und Simultaneität.

Straßenzüge einer fiktiven Nachbarschaft sind durchzogen von einem Netz diverser Videokameras, die gezielt auf sensible Punkte gerichtet sind. Bewegungssensoren sorgen dafür, dass die Kameras nur im Falle tatsächlicher Ereignisse ihren Betrieb aufnehmen. Die auf diese Weise entstehenden Aufzeichnungen werden unmittelbar mit Hilfe einer CU-SeeMe-Software (eine Video-Conferencing Software, Anm.) in das Datennetz eingespeist und für die Mitglieder der Überwachungsgemeinschaft auf dem Personal Computer sichtbar gemacht. Dieses beschriebene Szenario findet sich in "Global Neighborhood Watch" (GNW) von Neal Stephenson 1995 wieder. Der Science-Fiction Autor macht hier einen Verweis auf traditionelle Nachbarschaftshilfeprogramme, die

durch die Ausnutzung der Tatsache der globalen Vernetzung (Simultaneität der Information) an Wirkung gewinnen ("elektronische Extension einer traditionellen Nachbarschaft", *Stephenson, 1995*). Der virtuelle Nachbar, anderen Zeitzonen verhaftet, wirft ein Auge auf zu Beobachtendes, und das vorzugsweise im Zeitraum höchster Gefahr, wo Stundenlöhne für vergleichbare Leistungen "vor Ort" unverhältnismäßig hoch würden. Eigentlicher Gegenstand der Betrachtung von Stephenson ist die Herstellung eines lückenlosen, kontinuierlichen Raums der Sichtbarkeit, die kosteneffektive, ökonomische Form der nahtlosen Überwachung. Diese gehorcht einer Ökonomie der optimalen Effizienz: aus einem Minimum an externer Einflussnahme (reale Überwachung, reale Präsenz des Aufsehers) resultiert ein Maximum an Wirkung (abgesehen von Übertretungen aufgrund der Fiktion der absoluten Kontrolle).

###Abbildung 2: . Die "Wireless map" der Mississippi State University ###

Kontrollierende Überwachung als nur eine Strategie neben Experimenten mit neuen Formen von Subjektivität, Gemeinschaft und Raum? Der virtuelle, "elektrische Raum" (Virtual Reality) der Datennetze ist ein substantielles Medium der Kommunikation, das keine vergleichbare Trennung von Subjekt und Objekt erlaubt. Ein Knoten, der zum Gegenstand einer Beobachtung und Wissensakkumulation wird, kann jederzeit selbst zum Sender einer Information über die Tatsache dieser Überwachung oder aber seinerseits zum Gegenstand einer Wissenserhebung werden. "Mit dem Übergang der westlichen Gesellschaften in ein postindustrielles, elektrisches Zeitalter vollzieht sich eine Transformation der Erfahrung von Körper und Raum." (*Wunderlich, 1999*)

3. Prozesse in Gebäuden

An Gebäude wird eine Reihe von Anforderungen gestellt. Zum Teil betreffen diese das Wohlbefinden jener Menschen, die sich im Gebäude befinden, deren körperliche Sicherheit, ihre Produktivität und deren Transport. Zum anderen werden auch eine Reihe von Anforderungen an Merkmale des Gebäudes selbst gestellt, z. B. Brandschutz, Sicherheit bei Erdbeben, Sicherstellung der Lebensdauer. Weitere Anforderungen richten sich an den Betrieb eines Gebäudes, die hauptsächlich wirtschaftlicher Natur sind. Diese

werden oft direkt oder indirekt mit Kostenersparnis verbunden, z. B. Energieverbrauch, Ausnutzung äußerer Einflüsse innerhalb des Gebäudes, Sicherheitszonen. Andere Anforderungen stellen sich an die Versorgung innerhalb des Gebäudes, z. B. Energietransport, Zuleitung von Frischwasser oder Abtransport von Müll.

Um dieser Vielfalt an Anforderungen gerecht zu werden, müssen Gebäude entsprechende architektonische, bauliche und technische Merkmale aufweisen. Die technischen Merkmale werden als Building Services bezeichnet. Beispielsweise kann die Belüftung durch bauliche Maßnahmen erreicht werden (Öffnen von Fenstern) oder durch eine erzwungene Belüftung durch Ventilation. Letzteres stellt ein mechanisches Building Service dar. Der Bereich der Gebäudeautomatisierung beschäftigt sich mit der Steuerung von Building Services.

Technisch gesehen steht hinter einem Building Service wiederum ein physikalischer Prozess, der in seiner Komplexität unterschiedlich ausgeprägt sein kann. Die historischen Wurzeln der Gebäudeautomatisierung gehen auf die Steuerung von Heizung, Lüftung, Klima (HLK) zurück. Die Klimakontrolle in Gebäuden ist hierbei das vordringlichste Thema. Der Prozess ist einfach erfassbar und weist entsprechend lange Zeitkonstanten auf. Von der regelungstechnischen Seite ist eine Temperaturregelung daher einfach zu bewältigen. Trotzdem ist der Faktor Komfort für das einzelne Individuum nicht einfach quantifizierbar. Einflüsse wie Luftströmung, Luftfeuchte und die Möglichkeit, die Klimaregelung direkt zu manipulieren und abändern zu können bestimmen die subjektive Wahrnehmung. In modernen Installationen stehen in manchen Fällen auch Air-Quality-Sensoren (Kohlendioxid, Radon, gelöste organische Gase, Lösungsmittel etc.) zur Verfügung, um nicht nur die Temperatur und Luftfeuchte zu steuern, sondern auch den Frischluftgehalt durch Zuleitung zu regulieren.

Ein weiterer etablierter Kreis an Building Services ist Beleuchtung. Hier stehen einzelne, direkte Schaltvorgänge sowie komplexe und teilweise termingesteuerte Beleuchtungsmuster (Szenenwahl) im Mittelpunkt. Auch automatisches Schalten von Licht, z. B. in Verbindung mit Anwesenheitsdetektoren wird ausgeführt. Diese Service sind im Wesentlichen reine Steuerungen. Speziell bei direkten Schaltvorgängen, die von Menschen durch Betätigen eines Schalters oder Raumbediengeräts eingeleitet werden, sind kurze Latenzzeiten von weniger als 400 ms gefordert. Größere Latenzzeiten wirken

störend und werden nicht akzeptiert. All diese Dienste fallen unter künstliche Beleuchtung. Unter Tageslichtkontrolle fallen Jalousiensteuerungen und Beschattungsanlagen, die den Tageslichteinfall steuern. Neuerdings kommen auch elektrochromatische Scheiben zum Einsatz. Mit der Konstantlichtregelung können nun künstliche Beleuchtung und Tageslichteinfall auf konstante Lichtstärke geregelt werden. Eine weitere Domäne von Building Services ist Sicherheit und Alarmmanagement im und um das Gebäude. Sicherheit bezieht sich hierbei einerseits auf die Personensicherheit und andererseits auf die Gebäudesicherheit. Jedenfalls ist es die Aufgabe dieser Services die Sicherheit laufend zu überprüfen (Monitoring) und Alarmer zu generieren, wenn bestimmte Parameter aus dem Normalbereich fallen. Diese Alarmer müssen auch entsprechend zugestellt und Maßnahmen eingeleitet werden. Beispiele im Gebäudesicherheitsbereich sind Bewegungs- und Glasbruchsensoren, Wassersensoren oder CCTV (Closed Circuit Television) im Sicherheitsbereich. Dem Bereich Personensicherheit können Rauchmelder, Hitzemeldern und Gassensoren zugeordnet werden. Die Alarmzustellung an die Feuerwehr, Durchsagen zur Evakuierung, Aktivierung der Notbeleuchtung oder das Schließen von Brandschutzklappen können als Beispiele von Maßnahmen zur Alarmbearbeitung dienen. Die technischen Anforderungen sind hohe Verfügbarkeit (*Thulliard, Ryser, Pfister, 2001*) und eigensichere Systeme (z. B. im Fall von Brandschutzklappen).

Energiemanagement im Gebäude ist ein Service, das im Allgemeinen auf Kostenminimierung abzielt. Ein Maximumwächter (ein Gerät, dass durch gezielten Lastabwurf elektrische Spitzenverbräuche in Anlagen und Betrieben vermeiden hilft) wird bevorzugt in industriellen Betrieben eingesetzt, findet aber auch – wenn ein spezieller Energieliefervertrag vereinbart ist – in Gebäuden Anwendung. Ein solcher Energieliefervertrag verrechnet nicht nur die verbrauchte ("gezählte") Energie, sondern stellt auch den so genannten "Lastgang", also das zeitliche Verhalten des Energiekonsums, in Rechnung (auch als "Leistungspreis" bekannt). Lastspitzen sind im Allgemeinen sehr teuer, auch kann sich der Preis der Energie über den Tag verändern. Ein Maximumwächter optimiert diese Lastgänge, indem verschiebbare Lasten verwaltet werden. Der dadurch koordinierte Einsatz der Betriebsmittel führt zu signifikanten Reduktionen im Leistungspreis der Energierechnung. Wird die Gebäudeleittechnik in die

Strategie des Maximumwächters miteingebunden, kann dieser mit HLK-Betriebsmittel und anderen großen elektrischen Verbrauchern haushalten. Die Eingliederung von elektrischen Verbrauchern in ein Energiemanagement System ist aber mitunter nicht trivial und kann vom einfachen Schalten mit einem Relais bis hin zu einem kompletten Redesign des Geräts reichen (*Penya, Palensky, Lobashov, 2003*).

Für den Betrieb der Building Services wird meist ein SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) -Dienst bereitgestellt. Dessen Aufgabe ist es, Betriebsdaten zu sammeln und abzulegen, sowie die einzelnen Building Services zu parametrieren. Letzteres ist typischerweise die Aufgabe eines Gebäudetechnikers. Die Anforderungen an Latenzzeiten bei SCADA-Diensten sind üblicherweise gering. Aufzeichnungen und Parametriervorgänge müssen nicht annähernd so schnell wie Lichtschaltvorgänge übertragen werden. Sie müssen jedoch absolut zuverlässig arbeiten.

Tabelle 1: Domänen von aktuellen Building Services

Nicht alle Teile eines Gebäudes müssen innerhalb einer Domäne von Building Services gleich behandelt werden. In Stiegehäusern muss beispielsweise kein so angenehmes Raumklima geschaffen werden, wie etwa in Büros. Dazu werden Gebäude in Zonen unterteilt. Ein typisches Beispiel für solche Zonen sind Einzelräume. Regelvorgänge beschränken sich auf die Zone des Einzelraums und werden als Einzelraumregelung bezeichnet. Einzelraumbedienelemente gestatten die Parametrierung der Building Services im Einzelraum und stellen den SCADA-Dienst in dieser Zone dar. Eine Übersicht mit heute üblichen Domänen von Building Services ist in Tabelle 1 zusammengefasst (*Daniels, 2003*).

Die eingesetzte Technologie in der Gebäudeautomatisierung basierte ursprünglich auf Direct Digital Control (DDC) Geräten (*Newman, 1994*), ein Terminus in der Gebäudeautomatisierung für Programmable Logic Controllers (PLCs), wie sie in der Industrieautomatisierung bekannt sind. Diese Geräte haben meist direkte Verbindung zu Sensoren und Aktoren. Im Vergleich zur Industrieautomatisierung sind die Prozesse in Gebäuden weniger lokal und ändern sich dynamisch mit Änderungen an den Building

Services. Daher ist der Schritt zur Vernetzung in der Feldebene eine logische Konsequenz. Unterschiedliche Building Services stellen auch unterschiedliche Anforderungen an die Kommunikationssysteme. Unter der Einschränkung der Kosten haben sich im Bereich der Building Automation eine Anzahl von unterschiedlichen Technologien durchgesetzt.

Die Aufgaben der vernetzten Systeme können in Kategorien sortiert werden, die unterschiedliche Anforderungen an Zeitkonstanten und Verlässlichkeit stellen (*Soucek, Sauter, 2004*). Steueraufgaben geben Sollwerte vor, die über das Netzwerk an die Aktoren kommuniziert werden, ohne dass eine Rückkopplung erfolgt. Beispiele hierfür sind Beleuchtungssteuerung, Videowände und Audiodurchsagen. Die Latenzzeiten unterliegen meist rigiden Beschränkungen (z. B. Licht Schalten < 400 ms).

Regelaufgaben werden durch netzwerkbasierende Regelkreise gelöst. Hierbei wird die reine Stellinformation durch Rückkopplung aus Sensoren in einem Controller kombiniert. Typische Vertreter sind der Bereich HLK, Luftqualität oder Konstantlichtregelung. Die Zeitkonstanten der geregelten Prozesse sind eher groß, wodurch die Anforderungen an die Latenzzeit geringer sind. Im Bereich Erfassen und Aufzeichnen (SCADA) sind die konkreten Zeitkonstanten im Allgemeinen uninteressant. Hier werden jedoch hohe Anforderungen an die Fehlerrate bei der Übertragung gestellt. Sicherheitsrelevante Aufgaben (Personensicherheit, Brandschutzklappen) verlangen sowohl kurze Zeitkonstanten als auch geringe Fehlerraten. Außerdem müssen diese Systeme eigensicher sein, d. h. bei Ausfall einer Komponente einen als "sicher" erachteten Zustand einnehmen.

Das bekannte Kommunikationsmodell in der Gebäudeautomatisierung berücksichtigt drei Ebenen, wie in **Abbildung 3** dargestellt (*ISO, 2004*). In der Feldebene sind die Sensoren und Aktoren angesiedelt. Diese können entweder direkt an eine DDC-Einheit angebunden sein oder über ein Feldbussystem. In der Automatisierungsebene befinden sich Controller, die jene Daten aus der Feldebene verarbeiten, um einen gewissen Prozess zu steuern oder regeln. Die Controller werden durch Sollwertvorgaben parametrisiert. Diese Vorgaben kommen aus der Managementebene, in der sich SCADA-Systeme, Facility Management Systeme, Operator Workstations oder Building Controller befinden, die sowohl Vorgaben als auch Aufzeichnungen verwalten. Hier können auch

übergeordnete Regelungen durchgeführt werden, die Vorgaben für Controller in der Automatisierungsebene generieren. Management bezieht sich hier auch auf Netzwerkmanagement, um tiefer gelegene Netzwerke zu verwalten (z. B. Knoten in Betrieb setzen).

Abbildung 3: Das 3-Ebenenmodell der Gebäudeautomatisierung

Prinzipiell lässt sich die Kommunikation in zwei Kategorien teilen:

- Vertikal entspricht der Kommunikation in der Automatisierungshierarchie. Hier stehen Services wie die Übertragung von Sollwerten in die Automatisierungsstationen (z. B. Schedules), Aufzeichnung von historischen Daten (Trending) oder das Bedienen von Ausnahmeständen (Alarming) im Vordergrund.
- Horizontale Kommunikation entspricht dem Austausch von Daten gleicher Qualität unter Geräten innerhalb derselben Ebene. Sensoren und Aktoren kommunizieren oft direkt ohne eine Automatisierungsstation (z. B. Lichtschalter – Lampe). In der Feldebene basiert der Datenaustausch hauptsächlich auf Datenpunkten. Diese stellen eine Abstraktion von physikalischen Größen dar. Durch die Vernetzung der Knoten auf der Feldebene entsteht eine verteilte Anwendung. Horizontale Kommunikation in der Automatisierungsebene kann den Austausch von Schedules betreffen oder die gegenseitige Zustellung von Alarmen, für eine übergeordnete Steuerung allerdings auch den Austausch von einzelnen Werten.

Heute gibt es einige Technologien, die typischerweise in der Feldebene der Gebäudeautomatisierung verwendet werden. Der Modbus (*Rubio et. al., 1999*) ist ein System, das ausschließlich in der Feldebene zu finden ist. Es wird häufig für die Anbindung von Energiezählern und Feueralarmsystemen verwendet. Der DALI (Digital Addressable Lighting Interface, (*IEC, 2006*)) Bus ist ein System, das ausschließlich zur billigen und einfachen Vernetzung von Beleuchtungseinheiten entworfen wurde. DALI-Anbindungen werden an einen DALI-Controller vorgenommen, der eine spezialisierte Automatisierungsstation für die Beleuchtungssteuerung darstellt (Verwaltung von

Szenen, Dimmzeiten). Flexiblere Feldbussysteme, die von der Feldebene bis hin zur Managementebene eingesetzt werden, sind LonWorks (EIA-709, (EIA/CEA, 2002)), Konnex (KNX, (Konnex, 2004)), das aus den früheren EIB- und Batibus-Systemen entstanden ist, und BACnet (Building Automation Control Network, (ANSI/ASHRAE, 2004)). Diese drei Systeme definieren jeweils unterschiedliche Übertragungsmedien, um auf der Feldebene günstige und einfache Topologien bauen zu können, als auch Übergänge auf IP-Netzwerke, die heute in der Managementebene häufig zu finden sind. BACnet unterstützt als einziges System ein IP-Netzwerk nativ, indem es IP-Adressen als Stationsadressen verwenden und Daten direkt in UDP-Paketen (User Datagram Protocol, ein Teil der Internet Protocol Suite) transportieren kann. Andere Systeme müssen auf einen Tunneling-Ansatz zurückgreifen, wie es für LonWorks durch EIA-852 und für Konnex durch KNX/IP festgelegt ist.

Durch die universelle Einsetzbarkeit werden auch die klaren Trennlinien der Hierarchieebenen zunehmend verwischt. Es stehen mehr die Dienste im Vordergrund und deren Konvergenz, als die konkrete Struktur. Von der Topologie her entsteht ein flaches Netzwerk, das Segmente aufweist, die über ein IP-Backbone verbunden sind, wie in **Abbildung 4** dargestellt.

Abbildung 4: Ein System mit IP-Backbone und Tunneling-Routern.

Eine umfassende Automatisierung ist die Grundlage für das "Intelligente Gebäude". Dieses Schlagwort steht für eine Reihe unterschiedlicher Konzepte in den letzten 25 Jahren. Eine Übersicht dazu kann in (Wong, Li, Wang, 2005) gefunden werden. In der Vergangenheit waren einzelne Building-Service-Domänen in Gewerke getrennt (z. B. HLK und Beleuchtung), wobei jedes Gewerk für sich getrennt geplant und installiert wurde. Auf Technologieebene bedeutet dies, dass bestimmte Gewerke mit eigenen Netzwerken (z. B. DALI für Beleuchtung), physikalisch getrennten Netzwerken gleicher Technologie (LonWorks für HLK und LonWorks für Beleuchtung) oder rein logisch getrennter Adressräume neben anderen Gewerken existieren (LonWorks Domains mit unterschiedlichen Installationsdatenbanken). Dies reduziert die Komplexität der Planung, Installation und Wartung. Jedoch gehen wichtige Querverbindungen zwischen den

Geräten unterschiedlicher Gewerke verloren. Der Trend geht heute in Richtung des Zusammenwachsens (Konvergenz) unterschiedlicher Gewerke (z. B. der Aufzugsteuerung und der Beleuchtungsteuerung).

Da BACnet das IP-Protokoll nativ unterstützt und ein offenes Protokoll definiert, bietet es sich an, dieses System als Integrationsplattform zwischen den Gewerken zu verwenden. Hier kommen typischerweise Gateways (Netzwerkübergänge auf Höhe der Schicht 7 des ISO/OSI 7-Schichten Referenzmodells) zum Einsatz, die LonWorks (*CEN, 2005*) oder KNX-Systeme (Annex H.5 in (*ANSI/ASHRAE, 2004*)) anbinden. Außerdem bieten auch Hersteller proprietärer I/O-Anbindungen häufig BACnet als Interface an. Die Integration erfolgt dann auf Ebene der Automatisierungsstationen oder der Building Controller. Es gibt allerdings auch Installationen, die KNX oder LonWorks bis in die Managementebene hinaufziehen. Dieser "Verflachung" der Hierarchien wird auch in der Standardisierung Rechnung getragen. CEN/TC247 arbeitet daran, die Automatisierungspyramide schrittweise durch eine funktionsorientierte Sichtweise zu ersetzen (Abbildung 5).

Abbildung 5: Die Ebenen der Automatisierung wandeln sich in flache Funktionen

Um Gewerke zu integrieren, die auf derselben Technologie basieren, werden Proxies eingesetzt. Diese Geräte bilden Datenpunkte von einer Adressdomäne in eine andere Adressdomäne ab. Damit können noch immer getrennte Installationsdatenbanken verwendet werden. Die Subsysteme tauschen allerdings über die definierten Proxy-Datenpunkte Informationen aus. Werden unterschiedliche Systeme eingesetzt (z. B. KNX und DALI in der Feldebene, LonWorks von Feld- bis Managementebene), muss ein Gateway die Umsetzung auf das Zielsystem vornehmen.

Eine weitere Methode, Daten aus dem Facility Management System an andere datenverarbeitende Systeme der IT zu liefern (z. B. ERP-Systeme wie SAP), werden heute auch vermehrt XML-basierende Schnittstellen eingesetzt. Durch Web Services kann hierbei auf einzelne Datenpunkte, Trends (Prozessprognosen), Schedules (Ablaufsteuerungen) oder Alarme zugegriffen werden. Web Services werden auch für Visualisierungen oder Web-basierende Schnittstellen am PC verwendet. Neben einer

Reihe proprietärer Lösungen steht mit OPC XML-DA bereits ein Standard zur Verfügung (*OPC-XML, 2003*). Weitere Standards wie BACnet/WS (Addendum c zu (*ANSI/ASHRAE, 2004*)) oder oBIX (*OASIS, 2005*) sind in Entwicklung und bieten einer Reihe weiterer Dienste an.

4. Erschließen neuer Prozesse

Die Informationstechnologie im Gebäude wird an ihrem derzeitigen Stand nicht stehen bleiben. So wie eingebettete Systeme in Objekten des täglichen Gebrauchs zu finden sind, in denen man sie zunächst nicht vermuten würde (man denke dabei zum Beispiel an diverse Küchengeräte), wird auch die Vernetzung dieser Objekte und der ihnen zugehörigen Prozesse zunehmen. Der breite Einsatz eingebetteter Systeme ist auf ein höheres Maß an Qualität, die Machbarkeit komplexerer Funktionen und erhöhte Flexibilität bei gleichzeitiger Reduktion der Kosten zurückzuführen. Die nunmehrige Vernetzung dieser Systeme aber eröffnet ein viel weiteres Spektrum an Möglichkeiten. Neben den bereits genannten informationstechnisch erschließbaren Prozessen der klassischen Gebäudeautomatisierung gibt es eine Reihe weiterer Vorgänge, die – wenn sie bewusst verknüpft werden – es zulassen, die Funktion(en) des Gebäudes weiter zu optimieren. Beispiele dafür sind

- Logistik von Personen und Objekten,
- Multimedia-Funktionen,
- Office-Anwendungen,
- Telekommunikation, oder
- Facility Management.

Multimediale Inhalte dienen üblicherweise der Vermittlung komplexer Sachlagen oder der attraktiven und ansprechenden Darstellung von Informations- und Werbebotschaften. Ein aktueller Trend auf dem Gebiet "Gebäude und Multimedia" sind "Medienfassaden". Durch den Einsatz sehr heller Leuchtdioden, die heute vermehrt in außenliegende Fassadenteile wie auch innerhalb des Gebäudes in bauliche Strukturen integriert werden, können vormals passive Strukturen aktiv Information anbieten. Medienfassaden dienen bis dato – wenn außen angewendet – dem "Schmuck" eines Gebäudes bzw. der Vermittlung von Werbebotschaften. Die Anzahl und Art der Installationen wandelt sich

aber gerade rasant. Eine vielversprechende Anwendung ist die Unterstützung von Gebäudeleitsystemen, die zum Beispiel Personengruppen innerhalb eines Gebäudes vom Ort A nach Ort B leiten sollen. Man denke dabei zum Beispiel an ein Kongresszentrum, in dem Teilnehmer verschiedener Veranstaltungen geführt werden wollen. Auch im Falle einer Evakuierung oder eines sonstigen Notfalls sind eindeutige Richtungsangaben von hohem Wert. Da der Mensch in Panik eine bis zum Tunnelblick eingeschränkte Wahrnehmung hat, sind multimediale Methoden ein geeignetes Mittel lebenswichtige Informationen unmissverständlich zu transportieren. Neben Medienfassaden fallen natürlich die bekannten Flachbildschirme (Flatscreens), Beschallungsanlagen und auch digitale Video-Projektoren in die Kategorie Multimedia und bieten ähnliche Möglichkeiten. Voraussetzung für die Nutzung dieser Möglichkeiten ist die nahtlose Integration mit der Gebäudeautomatisierung, sodass sich eine Entscheidung der Gebäudeleittechnik wie das Evakuieren eines Gebäudetrakts rasch und – im Sinne der Informationstechnologie – verlustlos vermittelt werden können.

Eine mit Netzwerken bereits massiv ausgestattete "Funktion" eines Gebäudes sind alle Büroprozesse, auch Office-Prozesse, genannt. Als nicht mehr wegzudenkende Grundlage für Geschäftsprozesse stellen Office-Prozesse das Rückgrat eines jeden Unternehmens dar. Der Bogen der Funktionen spannt sich dabei von Customer Relations Management (CRM) Systemen bis hin zur Buchhaltung. Die Konvergenz der Gebäudeautomatisierung mit dem Office-Bereich bedeutet dabei nicht nur die Nutzung bereits vorhandener bzw. das Teilen von Transportmedien (wie das Office-Ethernet). Auch die Prozessgrößen des Gebäudes können einen wertvollen Beitrag leisten, um die Effizienz eines Betriebs zu steigern. Informationen über die Auslastung und das Nutzungsprofil von Räumen können helfen, das Gebäude optimaler zu nutzen, der durch die Gebäudeautomatisierung messbare Energieverbrauch einzelner Abteilungen wiederum kann ins Controlling und die Buchhaltung der einzelnen Kostenstellen einfließen.

Ein ebenso mit Netzwerken bereits erschlossener Bereich ist die Telekommunikation: Ein hochspezialisiertes System mit vielen Knoten, ohne dem der moderne Alltag undenkbar wäre. Drahtlos und drahtgebunden sind Personen miteinander vernetzt, der nächste Schritt ist die Vernetzung mit der Umwelt. Erste Ansätze lassen sich bei Mobiltelefonen erkennen, die genutzt werden, um die Heizung des Ferienhauses zu parametrieren oder

einen Statusbericht von der Gartenbewässerung zu bekommen. Für die durchgängige Nutzung von Diensten auf "fat clients" wie Personal Computers und "thin clients" wie Mobiltelefone ist aber eine durchdachte Gestaltung der Benutzerschnittstellen ("multimodale Interfaces") von Nöten.

Auch Facility Management – bis dato thematisch wie geschäftlich getrennt vom "technischen Gebäudemanagement" (dem die Gebäudeautomatisierung zuzurechnen ist) – ist betroffen von der zunehmenden Vernetzung von Objekten, Menschen und Prozessen. Wurden früher für die Gebäudereinigung Checklisten aus Papier verwendet, sind heute vermehrt elektronische Hilfsmittel wie PDAs (Personal Digital Assistants) im Einsatz. Die informationstechnische Erschließung dieses Geschäfts ist damit aber nicht abgeschlossen. Moderne Gebäude werden zukünftig es selbst erkennen, wann der Boden eine Reinigung benötigt, ein Seifenspender gefüllt oder ein Mülleimer geleert werden muss.

Selbst Logistik-Prozesse können durch die Gebäudeautomatisierung optimiert werden. Ein Beispiel dafür sind Wege, die im Gebäude zurückgelegt werden müssen.

Informationen der Anwesenheitssensoren der Licht- und Sicherheitsprozesse sowie der Türkontakte der Heizungssteuerung können verwendet werden, um eine suboptimale Raumnutzung zu erkennen. Auch sind Informationen über soziale Abläufe in Zweckbauten ein wichtiger Beitrag für die Gebäudeautomatisierung. So empfinden Personen eine an sich unveränderte Raumtemperatur nach der Mittagspause als zu warm, obwohl sie davor als angenehm oder sogar als kühl angesehen wurde.

Die "high Level"-Abläufe in einem Gebäude, geschäftlicher wie sozialer Natur, müssen also vermehrt und vor allem bidirektional mit den "low Level"-Abläufen der Gebäudeautomatisierung verbunden werden. Die Anzahl der davon betroffenen Prozesse nimmt dadurch zu und die Gebäudehülle ist dabei keine Grenze. Ein einleuchtendes Beispiel für die automatisierungstechnische Verbindung von Gebäuden ist globales Energiemanagement (*Stadler et. al., 2005*) oder niederlassungsübergreifendes Energie-Controlling (*Palensky, 2005*). Sogenannte "Kettenkunden" (zum Beispiel die Filialen einer Supermarktkette) können damit ihre Energiebilanz erheben, analysieren und in Folge auch optimieren. Die dem zugrunde liegenden Technologien sind typischerweise

die Gebäudeautomatisierung und das Internet, "veredelt" durch die nötigen Maßnahmen für IT-Sicherheit, Interoperabilität und Netzwerkmanagement.

Das "Morgen" bringt uns also eine konsequente Weitererschließung von Prozessen und Daten, um Abläufe effizienter, komfortabler und sicherer zu gestalten. Das "Übermorgen" aber führt uns zu einem völlig neuen Raumverständnis. Die Gebäudehülle, wenngleich schon längst nicht mehr "tote" Materie, wird nicht mehr die Grenze eines Raumes darstellen. Der Raum als Ort der jeweiligen Lebenssituation wird vielmehr mit dem Individuum "mitwandern", sei dieses Individuum auf einer realen Reise oder lediglich einer virtuellen. Die jeweilige Person erwartet, persönliche informationstechnische Konstrukte in einer beliebigen Situation wiederzufinden. Die technische Entwicklung ist hierfür ein Motor und "Enabler", Objekte der modernen Consumer Electronics (CE) wie PDAs oder Smart Phones weisen hier den Weg. Dienste wie Internetkommunikation unter Nutzung persönlicher Einstellungen (Bookmarks, Accounts), die bis dato nur innerhalb der "eigenen vier Wände" zur Verfügung standen, können an beliebigen Orten konsumiert werden. Dabei ist nicht nur die (durch drahtlose Kommunikation und ähnlichem ermöglichte) "Fernbedienung" der nach wie vor lokal situierten Dienste gemeint, sondern die permanente Interaktion mit einer "beseelten" Umwelt. Das Erkennen von "Settings" (personalisierte Einstellungen) wie die bevorzugte Temperatur oder Musik anhand von RF-IDs (drahtlose Identifikationsmodule) oder anderen "Wearables" ist der erste Schritt in Richtung "migrierende Dienste" oder "migrierende Prozesse". Ein charmantes Beispiel eines heterogen aufgebauten Netzwerks das Gebäude und IT verbindet, ist das www.semipedia.org Projekt. 2D-Barcode-Tags können auf Objekten der realen Welt angebracht werden und führen interessierte Personen direkt zu einer "wikipedia" Information (*Emigh, Herring, 2005*) über dieses Objekt. Mit einem Mobiltelefon kann man den Tag eines Objekts abfotografieren und damit über semipedia die relevante wikipedia-Information direkt auf das Display bekommen. Hier wirkt eine bemerkenswerte Kombination von optischen "Netzen" (Fotografie), Telekommunikation (GSM) und Internet als heterogene Plattform, um Gebäude und Informationen zu verbinden.

Die Heterogenität zukünftiger Gebäude-Netzwerke lässt sich bereits jetzt erahnen.

Werden zur Zeit verschiedenste drahtlose und drahtgebundene Netzwerke zu einer

Lösung integriert, sind in Zukunft Informationsflüsse verschiedenartigster Natur an gemeinsamen Funktionen beteiligt. Die dafür notwendigen Netzwerkübergänge haben zwei klassische wie auch kritische Aspekte, nämlich

- das Übersetzen von Netzwerkdiensten und
- das Übersetzen von Informationen.

Netzwerkdienste, die in einem Netz vorhanden sind, in einem anderen aber fehlen, sind ein generelles Problem der Netzwerktechnik. Beispiele sind hierfür Broadcast-Nachrichten oder garantierte Bandbreiten und andere Quality-of-Service -Attribute (QoS). Eine dadurch vorhandene Asymmetrie eines Netzwerkübergangs lässt sich nur mit unschönen Behelfen überwinden. Hierarchisch höhere Informationen und Datenstrukturen erfordern eine möglichst deckungsgleiche wie strenge Interoperabilität der Netze. Die in der Feldbustechnik üblicherweise sehr präzise dargestellten Kommunikationsobjekte (kommunizierbare Datenstrukturen, die Funktionsteile verteilter Anwendungen darstellen) finden in der Internet-Technologie oft keine äquivalente Repräsentierung. Neue, vielversprechende Lösungen dafür werden gerade in Gremien wie OASIS (*OASIS, 2005*) definiert. Diese beiden kritischen Aspekte sind eine große Herausforderung und werden es wohl auch in Zukunft weiterhin sein.

Eine pragmatische Lösung zur Beherrschung verschiedener Netzwerkprotokolle ist es, die Netzwerkknoten zu befähigen, mehrere Standards zu verstehen. Ein Beispiel ist in (*Burgstaller, Palensky, Soucek, 2005*) gegeben. Anstatt darauf zu vertrauen, dass Gateways Daten und Dienste möglichst verlustfrei übersetzen und transportieren, werden intelligentere Knoten verwendet, die mehrere Protokollstandards beherrschen. Der Knoten selbst, und daher der Hersteller der Anwendung selbst, muss die Funktionen in mehrere "Sprachen" übersetzen. Dies kann der Hersteller verständlicherweise weit besser als ein abstraktes, universell gehaltenes Gateway.

Die Machbarkeit von und das Bedürfnis nach komplexeren Funktionen gehen also einher, wobei das Bedürfnis deutlich schneller wächst als die mit traditionellen Methoden gestaltete Machbarkeit.

5. Steigende Komplexität - Projekt ARS

Analysiert man die Aufgaben der Informationssysteme in Gebäuden der letzten Dekaden, wie oben beschrieben, ist nicht nur die starke Durchdringung der an Zahl stark zunehmenden unterschiedlichen Netze und deren Zusammenwachsen zu erkennen, sondern auch die immer schwerwiegendere Forderung nach Informationsverarbeitung auf immer höherem Niveau. Verstand man früher unter technischer "Intelligenz" Einheiten, die elektronisch Daten auf einfachen Algorithmen basierend manipulierten, sind heute höhere Anforderungen gestellt. Zunehmend werden mächtige Datenbanken auf der einen Seite sowie Entscheidungen auf laufend höheren Abstraktionsebenen komplexer Zusammenhänge auf der anderen Seite gefordert. Verwunderlich ist dies nicht, wenn man berücksichtigt, dass die notwendigen Dienste in einem Gebäude dramatisch zunehmen und dafür mehr und mehr Sensoren eingebunden werden, deren einzelne, isolierte Auswertung bei weitem nicht mehr ausreicht.

Dieser Trend spielt sich nicht nur in Gebäuden ab, sondern ist in allen technischen Bereichen wiederzufinden: im Flugzeugbau, in der Kraftfahrzeugtechnik, im industriellen Bereich oder der Energieversorgung. Die Prozesse noch genauer in ihrem dynamischen Verhalten in geschlossenen, mathematischen Gleichungen zu beschreiben ist oft nicht mehr möglich, wenn nicht mehr diversitäre Daten der Prozesse gewonnen werden. Das hat zur Folge, dass Sensoren in großer Zahl und unterschiedlichster Art gefordert werden, was die Mikro- und Nanotechnologie offenbar zur rechten Zeit zu liefern im Stande ist. Damit wird aber ein interessanter Aspekt in der Technik und für das Ingenieurwesen deutlich: Will man Prozesse steuern und regeln, kommt es weniger darauf an, eine Reduktion auf die wesentlichen Prozessparameter vorzunehmen, Kennlinien zu linearisieren, Nebeneffekte zu eliminieren oder Prozesse voneinander zu trennen, sondern vielmehr, herauszuarbeiten, welche Informationen unterschiedlichster Art notwendig sind, um über Sets von Gleichungen möglichst genaue Abbilder der Prozesse im Computer zu erhalten. Mit anderen Worten, man verlagert das Problem in den Computer, um es dort auf einer höheren Abstraktionsebene einfacher handhaben zu können. Im Flugzeugbau hat man schon relativ früh erkannt, dass die Natur auf diese Art verfährt. Analysiert man biologische Systeme hinsichtlich ihrer Entwicklung, nimmt die Anzahl der Sensoren mit zunehmender Intelligenz stark zu. In der Kraftfahrzeugtechnik verhält

es sich inzwischen nicht anders. Hatten Kraftfahrzeuge noch vor 30 oder 40 Jahren etwas mehr als zwei Hände voll Sensoren, sind es inzwischen weit über 500. Berücksichtigt man all die Dienste, die zukünftig in Gebäuden gewünscht werden, denkt man an Entwicklungen, in denen Sensorfelder in Tapeten, Teppiche und Tische integriert werden, gelangt man zu Größenordnungen von Sensoranhäufungen, die denen im menschlichen Körper langsam nahe kommen (in naher Zukunft vielleicht noch nicht in ihrer Dichte, jedoch in Anzahl und Mannigfaltigkeit).

Damit steht die Automatisierung vor einer enormen Herausforderung. Die anfallenden Datenmengen pro Zeiteinheit müssen sinnvoll und wirtschaftlich verträglich verarbeitet werden. Dieser Aufgabe ist die Gebäudeautomatisierung in wenigen Jahren mit heutigen Mitteln nicht mehr gewachsen. Dabei wird es nicht ein Problem der Bandbreite der Netze sein, sondern vielmehr der doch sehr mechanistisch behafteten Denkansätze heutiger Wissenschaftler in diesem Bereich. Die Artificial Intelligence (AI) mit all ihren Untergruppierungen versucht Lösungen in der bionischen Welt zu finden, kann sich aber nicht von gewissen mathematischen Grundsätzen lösen. Doch werden zunehmend Fragen aufgeworfen wie: Welche Gefahrenzustände in einem Gebäude wie einem Flughafen liegen vor? Sind (ältere oder behinderte) Personen in einer Notlage? Hierfür müssen Situationen und Szenarien nicht nur schnell erfasst, sondern entsprechend interpretiert werden. Bisherige Lösungsansätze sind zu langsam, unflexibel, verbrauchen viel zu hohe Rechnerkapazitäten oder reichen nicht annähernd aus, um eine brauchbare Lösung zu erhalten.

Ein völlig neuer Ansatz ist, ein neuro-psychoanalytisches Modell zu schaffen (*Solms, Turnbull, 2004*), das auf den Ideen von Lurija (*Lurija, 2001*) und Freud aufbaut. Im Institut für Computertechnik der TU Wien wurde hierfür ein umfangreiches Projekt kreiert, das in Zusammenarbeit mit internationalen Kapazitäten der neuro-psychoanalytischen Wissenschaft versucht, neue Beschreibungsformen hoher Intelligenz zu finden. Die Wissenschaft im Bereich der Neuro-Psychoanalyse hat in den letzten zwei Jahrzehnten bahnbrechende Erkenntnisse gewonnen, die es gilt auch technisch zu verwerten. Simple Fragen wie "Wie kann der Mensch Geschwindigkeiten abschätzen?" oder "Wofür braucht der Mensch nach der Definition von Damasio (*Damasio, 2001*) Bewusstsein?" zeigen, wie weit die Maschine von der natürlichen Intelligenz noch

entfernt ist. Oder aus einer anderen Perspektive betrachtet: Es ist spannend, dass die Natur teilweise völlig andere Prinzipien als die der klassischen Technik anwendet, womit sich die Frage aufdrängt, ob es nicht sinnvoll ist, nachzuprüfen, ob diese Prinzipien in der Technik eingesetzt werden können.

Dazu ein Beispiel: Werden heute in einem Gebäude Situationen erfasst, scannt man im Allgemeinen das Umfeld und analysiert es auf der Basis mathematischer Algorithmen. Für das menschliche Gehirn können wir festhalten: Es gibt keine Neuronen, die nach statistischen Methoden derartige Eingangsinformationen verarbeiten. Die Modellbeschreibung der Psychologen und Neuro-Psychoanalytiker weist in eine andere Richtung. Der Mensch ist nur in der Lage, Dinge zu begreifen, die er vorher in ähnlicher Weise gelernt hat zu erfassen. Dies darf jedoch nicht mit dem klassischen "Pattern Matching" verwechselt werden. Hier kommt es darauf an, dass Wertungen wie Emotions und Feelings entsprechend der Definitionen der Psychoanalyse eine tragende Rolle erhalten. Auf diesen Überlegungen lassen sich dann Funktionsmodelle synthetisieren, die neue Möglichkeiten schaffen, aus einer sehr großen Anzahl diversitärer Daten die entscheidenden bewerteten Informationen und Entscheidungen herauszuarbeiten.

6. Conclusio

Netze in Gebäuden erschließen die "reale Welt" in informationstechnischer Art und Weise. Die unterschiedliche Natur dieser Informationen und der zugehörigen Dienste hat zu einer heterogenen Menge an Netzen und Technologien geführt, die der aktuellen Tendenz der Vereinheitlichung gegenüber steht. Neben der Herausforderung, die aktuellen Netze zu verbinden, erfahren wir eine permanente Zunahme der Dienste – ein Trend, der sich in der näheren Zukunft fortsetzen wird. Das alles passiert vor dem Hintergrund, dass die eingesetzte Infrastruktur robust, handhabbar, sehr kostengünstig und eine verlässliche Investition sein müssen.

Eine neue Erkenntnis, die uns die nächsten Jahre beschäftigen wird, ist es, das Thema "Information in Gebäuden" holistischer zu sehen. Nicht nur klassische Kommunikationsinfrastruktur transportiert und stellt Information dar, auch bauliche Strukturen, Design oder die Benutzer des Gebäudes stellen einen Aspekt der Informationslandschaft eines Gebäudes dar. So wird zum Beispiel das Abwickeln einer

Evakuierung nicht alleine durch Gebäudeautomatisierung optimiert, sondern auch durch das Design des Gebäudes und durch Personal. Eine ganzheitliche Sichtweise dieser Zusammenhänge bedarf gemeinsamer Sprachen und Plattformen, mit Hilfe derer Gebäudetechniker, Architekten und Psychologen gemeinsam Probleme beschreiben und lösen können.

Die steigenden Anforderungen und die dadurch steigende Komplexität und Menge der Information bewegen die Informationsverarbeitung in Gebäuden weg vom simplen Thermostat hin zu anpassungsfähigen und flexiblen Systemen, die die unterschiedlichsten Informationsquellen nutzen. Traditionelle Architekturen stoßen dabei oft an Grenzen, die mit innovativen und interdisziplinären Methoden überwunden werden müssen.

Literatur

ANSI/ASHRAE Std. 135 (2004): BACnet – A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks.

Burgstaller, W., Soucek, S., Palensky, P. (2005): Current challenges in abstracting datapoints. In: Proceedings of 6th IFAC International Conference on Fieldbus Systems and their Applications

CEN/TS 15231 (2005): Open Data Communication in Building Automation, Controls and Building Management: mapping between LonWorks and BACnet.

Damasio, A. R. (2001): Ich fühle also bin ich; Die Entschlüsselung des Bewusstseins. List Verlag (Econ Ullstein List Verlag GmbH); 3. Auflage.

Daniels, K. (2003): Advanced Building Systems: A Technical Guide for Architects and Engineers. Basel: Birkhäuser.

Deleuze, G. (1987): A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia. Univ. of Minnesota Press

EIA/CEA Std. 709.1 Rev. B (2002): Control Network Protocol Specification.

Emigh, W., Herring, S.C. (2005): Collaborative Authoring on the Web: A Genre Analysis of Online Encyclopedias. Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences.

IEC-60929 Standard (2006): AC-supplied electronic ballasts for tubular fluorescent lamps. (Annex E: Control interface for controllable ballasts), 3rd Edition.

ISO Std. 16 484-2 (2004): Building Automation and Control Systems (BACS) – Part 2: Hardware

Kastner W.; Neugschwandtner G.; Soucek, S.; Newman M. (2005): Communication Systems for Building Automation and Control. In IEEE Transactions, vol. 93, no. 6, June 2005.

Konnex Association (2004): KNX Specifications, Version 1.1, Diegem.

Lurija, A. R. (2001): Das Gehirn in Aktion, Einführung in die Neuropsychologie. rororo science, 6. Auflage.

Newman, H. M. (1994): Direct Digital Control of Building Systems: Theory and Practice. New York: John Wiley & Sons, 1994.

Palensky, P. (2005): The JEVIS Service Platform - Distributed Energy Data Acquisition and Management. In: The Industrial Information Technology Handbook, issued by: Zurawski; CRC Press, Boca Taton, Florida.

Penya , Y., Palensky, P., Lobashov, M. (2003): Requirements and Prospects for Consumers of Electrical Energy regarding Demand Side Management; 3. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien.

Rubio, B., Fuertes, J.M., Kahoraho, E., Perez Arzoz, N. (1999): Performance evaluation of four field buses. In Proceedings of 7th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation.

Solms, M., Turnbull, O. (2004): Das Gehirn und die innere Welt; Neurowissenschaft und Psychoanalyse. Patmos Verlag GmbH & Co. KG, Walter Verlag, Düsseldorf und Zürich; ISBN 3-530-42176-6.

Soucek, S., Sauter, T. (2004): Quality of service concerns in IP-based control systems. IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 51, no. 6.

Stadler, M., Palensky, P. Lorenz, B., Weihs, M., Rösener, C. (2005): Integral Resource Optimization Networks and their techno-economic constraints. International Journal on Distributed Energy Systems, 11, 4.

Stephenson, N. (1995): Global Neighborhood Watch. Text in Scenarios: The future of the future, Sonderausgabe Zeitschrift Wired

Thuillard, M., Ryser, P., Pfister, G. (2001): Life safety and security systems. In: Sensors in Intelligent Buildings, ser. Sensors Applications, O. Gassmann and H. Meixner, Eds. Weinheim: Wiley-VCH.

Wong, J. K. W., Li, H., Wang, S. W. (2005): Intelligent building research: A review. Automation in Construction, vol. 14, no. 1.

Wunderlich, S. (1999): Vom digitalen Panoptikum zur elektrischen Heterotopie. In Kommunikation – Medien – Macht, Suhrkamp, Frankfurt am Main

WWW-Referenzen

Adam, R. (2002): Hidden Modernism in the World of Audit, Intbau Essays, <http://www.intbau.org/essay.htm>

OASIS (2005): Open Building Information Exchange. www.obix.org.

OPC Foundation (2005): OPC XMLDA 1.00 Specification. www.opcfoundation.org.

Tabelle 1: Domänen von aktuellen Building Services

Domäne	Typische Building Services
Klimakontrolle*	HLK, Luftfeuchte, Luftqualität
Visueller Komfort	Beleuchtungssteuerung, Konstantlichtregelung, Szenen, Beschattung, Jalousiensteuerung
Personensicherheit	Feueralarm, Gasalarm, Rohrbruchalarm, Alarmsirene, Notbeleuchtung, CCTV (closed circuit television), Radonsensoren
Gebäudesicherheit*	Einbruchsalarm, Zugangskontrolle, Audioüberwachung
Transport	Aufzüge, Rolltreppen, Förderbänder
Audio	Durchsagen, Signaltöne
Energiemanagement*	Spitzenlastvermeidung
Versorgung	Frischwasser, Abwasser, Abtransport von Müll
Kommunikation und Informationsaustausch*	IT-Netze, PBX (Private Branch Exchange), Intercom, WAN-Zugang, Wireless-Netze
Speziell*	Uhrensysteime, Präsentationsgeräte (z.B. Videowände)

* gekennzeichnete Services bieten prinzipiell Ansätze zur Erweiterung