Das „Intelligente Haus“
Ein Thema für die Informatik?

Michael Wittner

Visionen, künstliche intelligente Systeme in alle Lebensbereich eindringen zu lassen, um uns Routineaufgaben abzunehmen und uns das Leben so angenehm wie möglich zu gestalten, gibt es schon lange. Beispiele hierzu sind in vielen Science Fiction-Romanen und -Filmen zu finden. In den letzten Jahren hat es Entwicklungen gegeben, die uns solche Visionen zumindest für den Wohnbereich näherbringen. Gemeint sind hier Hausbusse und die dazugehörigen Systeme. Dieser Artikel gibt einen Überblick zu dem aktuellen Stand der Entwicklungen in diesem Bereich, den Visionen sowie den Aufgaben aus informationstechnischer Sicht, die zur Verwirklichung der Vision des „Intelligenten Hauses“ noch zu erledigen sind.

1 Einleitung

Seit Anfang der 70er Jahre gibt es Bestrebungen, den Gebrauch technischer Systeme im Wohnbereich durch Automatisierung und Bereitstellung von zentralen Steuereinheiten für die Bewohner zu vereinfachen. Sehr schnell wurde dabei erkannt, daß eine Vernetzung von technischen Systemen über einen Bus universelle Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. Für ähnliche Anwendungen war der Einsatz von Bussystemen bereits bekannt und erprobt – zum einem bei Automatisierungsaufgaben im industriellen Bereich, bekannt als Feldbusse, und zum anderen in Zweckbauten, dort im Elektroinstallationsbereich eingesetzt, bekannt als Installationsbusse. Im Bereich der Zweckbauten werden auch die Begriffe „Gebäudeautomatisierung“ bzw. „Intelligentes Gebäude“ verwendet. Aus verschiedenen Gründen, die im folgenden aufgeführt sind, war es aber nicht möglich, daß die bekannten Systeme ohne Modifikationen im privaten Bereich eingesetzt werden konnten.

1. In Zweckbauten sowie im industriellen Einsatz ist entsprechend geschultes Personal kurzfristig verfügbar, insbesondere für Wartung und zur Behebung von Störungen. Da solche Kosten kein privater Kunde zu tragen bereit ist, müssen Bussysteme für den privaten Bereich von vorneherein so

ausgelegt werden, daß wenige Störungen auftreten können und daß nur geringer Wartungsbedarf besteht.

2. Den Benutzern solcher Technik soll ein möglichst großer Komfortgewinn entstehen. Der Einsatz dieser Systeme darf daher nicht neue Probleme schaffen. Die Anwender müssen zum Beispiel in der Lage sein, ohne fremde Hilfe Geräte mit dem Bus zu verbinden. Es wurde gefordert, daß von den Anwendern keine Konfigurationsaufgaben übernommen werden müssen (sogenanntes „Plug & Play“).
3. Als eine sinnvolle Ergänzung wurde gesehen, daß nicht nur Steuerinformationen, sondern auch weitere Daten, wie Sprache, Musik oder auch Videosignale über das Bussystem übertragen werden können sollten. Es mußten daher Übertragungsmedien mit einer höheren Bandbreite verwendet werden.

Diese Punkte führten dazu, daß für den privaten Bereich spezielle Bussysteme, die sogenannten Hausbusse (engl. Home Bus) entwickelt worden sind. Dabei sind von verschiedenen Gruppen, insbesondere in Japan, den USA und Europa, weitgehend unabhängig voneinander Entwicklungen betrieben worden. Ein Überblick über die verschiedenen Ansätze wird im zweiten Abschnitt gegeben.

Ein Hausbus selbst stellt nur die Basis für ein sehr flexibles und ausbaubares System dar. Welche Grade des Komforts mit verschiedenen Ausbaustufen erreicht werden können, wird in Abschnitt 3 beschrieben.

Gegenüber herkömmlichen Installationen bieten Hausbusse eine Vielzahl von neuen Anwendungsmöglichkeiten, die in einem informellen Überblick im 4. Abschnitt aufgeführt sind.

Grundsätzlich ist zu unterschieden zwischen firmenspezifischen Komplettsystemen und den offenen Bussystemen. Bei den firmenspezifischen Systemen werden alle Komponenten von einem Hersteller angeboten. Solche Systeme existieren bereits auf dem Markt, sind aber weniger flexibel, da eine Festlegung auf einen Hersteller erfolgt. Wesentlich interessanter hingegen sind die offenen Systeme, da hier, nach Installation des Busses, beliebige Geräte angeschlossen und beliebige Anwendungen aufgebracht werden können. Aufgrund der Offenheit und der Flexibilität dieser Systeme ist ihr Betrieb weitaus kritischer. Zum jetzigen Zeitpunkt sind für die offenen Systeme lediglich die Busse spezifiziert worden. Produkte sind für diese Systeme noch nicht erhältlich, da eine Reihe von Problemen bis zur Marktreife der Systeme noch zu lösen sind. Viele dieser Probleme sind aus informationtechnischer Sicht interessant und daher in Abschnitt 5 aufgeführt.

2 Hausbussysteme im Überblick

2.1 Entwicklungen

2.1.1 X-10 (USA)

Die Idee, elektrische Geräte im Wohnbereich zentral zu steuern, wurde Anfang der 70er Jahre in den USA geboren. Findige Bastler konzipierten hier ein sehr einfaches, aber wirkungsvolles System, das die vorhandene Elektroinstallation zur Datenübertragung nutzt. Dabei wurde die Möglichkeit ausgenutzt, daß sich auf die Spannungswelle des Wechselstroms (in den USA 60Hz) weitere Information aufmodulieren läßt. Um komplizierte digitale Kodierungen und Fehlerberechnungen zu vermeiden, wurde zur Synchronisation der Datenübertragung der Nulldurchgang der Spannungswelle genutzt und pro Halbwelle die Übertragung eines Bits erlaubt. Damit ist ein System entstanden, das sich nur mit wenigen Bauteilen realisieren läßt und ohne komplizierte Protokolle auskommt. Die ursprüngliche Version dieses Systems bestand aus einer zentralen Steuerkonsole und zwei Arten von Steckermodulen. Die Steckermodule wurden einfach zwischen Wandsteckdose und Verbraucher gesteckt. Mit der einen Form konnte der angeschlossene Verbraucher ein- bzw. ausgeschaltet werden, mit der zweiten Form konnte zusätzlich noch die Spannung geregelt werden (z.B. zum Dimmen von Leuchten). Die Steuerkonsole wurde ebenfalls über eine Steckdose an das Stromnetz angeschlossen. Alle Verbraucher, die an ein Steckermodul angeschlossen waren, konnten nun zentral von der Konsole aus gesteuert werden. Wenig später hatten Computerfreaks die Tastatur der Konsole mit einem Home Computer gekoppelt und konnten so elektrische Geräte programmgesteuert kontrollieren (s. [Ciac80]). Vermarktet wurden dieses Systeme unter dem Namen X-10. Die Firma X-10 ermöglichte auch anderen Firmen kompatible Komponenten anzubieten bzw. das Übertragungsverfahren für eigenen Systeme zu nutzen. Dieses hat zur Folge, daß inzwischen eine Vielzahl von Systemen mit der X-10 Technik auf dem Markt zu finden sind, unter anderem auch in Deutschland. Gleichzeitig zeigten sich aber auch Probleme bei der Verwendung eines derart simplen Übertragungsprotokolls. Bei der X-10-Spezifikation sind nur wenige Kommandos zugelassen, die aber für komplexe Anwendungen nicht ausreichen. Dieses hatte zur Folge, daß die meisten Firmen die Kommandos nach belieben erweiterten, wodurch Systeme verschiedener Firmen nicht mehr kompatibel waren.

Mit der Anerkennung dieses Problems haben sich Anfang der 80er Jahren Firmengruppen zusammengefunden, um Hausbusse zu spezifizieren, die eine Interoperabilität der angeschlossenen Geräte erlauben. Weltweit waren hier verschiedene Bemühungen zu beobachten, die einen sehr unterschiedlichen Verlauf genommen haben. Im folgenden sind die wichtigsten dieser Entwicklungen und deren Bedeutung aufgeführt.

2.1.2 HBS/S-HBS (Japan)

Mehrere Firmen und Forschungsinstitute unter Leitung des Kansai Electronics Industries Development Center (K.E.C.) haben in Japan sehr früh damit begonnen, einen Hausbus zu entwickeln (bekannt als der KEC-Ansatz s. [HaMN85]). Dieser Bus sollte die Übertragung von Kommandos, Sprache sowie Audio- und Videosignalen erlauben. Etwas später wurde vom Japanischen Ministerium für Internationalen Handel und Industrie (MITI) der Auftrag an eine weitere Gruppe erteilt, einen Vorschlag für einen Hausbus-Standard zu erarbeiten. Sowohl der in Auftrag gegebene, wie auch der KEC-Ansatz wurden als Standardvorschlag eingereicht. Das MITI entschied sich für den von ihm in Auftrag gegebenen Vorschlag. Zu diesem Zeitpunkt waren für den KEC-Ansatz bereits erste Bauteile und Systemkomponenten entwickelt worden. Aufgrund der Entscheidung des MITI ist die Entwicklung des unter dem Namen „S-HBS“ noch kurze Zeit weiterverfolgten KEC-Systems bald eingestellt worden.

Im Auftrag des MITI wurde dann der nun HBS genannte Vorschlag spezifiziert (s. [SaNa88]). In einer ersten Phase ist das Protokoll gemäß der Schichten 1-3 des OSI-Referenzmodells spezifiziert worden. Das HBS ist sehr auf die japanischen Kommunikationsbedürfnisse abgestimmt worden. Hauptsächlich ist die Übertragung von Sprach-, Audio- und Videosignalen betrachtet worden. Zusätzlich lassen sich Beleuchtungssysteme schalten. Überwachungs- und Sicherheitsaspekte spielen nur eine untergeordnete Rolle. Entsprechend wurden schon frühzeitig Gateways zum Telefon- und TV-Kabelnetz angedacht. Insgesamt können nur wenige Komponenten (64) in einem System installiert werden.

In einer zweiten Phase sollte die Schicht 7 des OSI-Referenzmodells spezifiziert werden. Diese Bemühungen scheiterten aber insbesondere an den unterschied-lichen Auffassungen von Herstellern weißer und brauner Ware. Da in diesem Punkt keine Einigung erfolgte, haben verschiedene Hersteller eigene Systeme entwickelt, wovon nur eines HBS-kompatibel ist.

2.1.3 Der TRON-Ansatz (Japan)

An der Universität in Osaka ist unter der Leitung von Prof. Sakamura die Idee für ein universell einsetzbares modulares und dezentrales Computersystem entwickelt worden. Die Realisierung dieses Systems ist unter Beteiligung mehrerer Firmen durchgeführt worden. Dem System ist der Name „The Realtime Operating System Nucleus“ (TRON) gegeben worden. Von der

Firma Hitachi ist ein spezieller 32-Bit-Prozessor entwickelt worden. Die TRON-Architektur läßt sich aber auch mittels Intel- oder Motorola-Prozessoren realisieren. Verschiedene Anwendungsmöglichkeiten dieser Architektur sind angedacht und in Form von Pilotanwendungen vorgestellt worden. Unter anderem waren als Anwendungen das vernetzte Haus und darauf aufbauend die vernetzte Stadt vorgesehen. Realisiert wurde ein Prototyp des vernetzten Hauses, auch bekannt als das TRON-Haus (s. [Boyd90]). Im TRON-Haus ist ein Computernetz mit mehreren hundert Knoten eingebaut worden.

Der TRON-Ansatz hat international viel Beachtung gefunden. Mit dem Projekt haben sich über hundert namhafte in- und ausländische Firmen assoziiert. Trotzdem hat sich keine Firma bereitgefunden, Consumer-Produkte für ein „Intelligentes Haus“ aufbauend auf der TRON-Architektur auf dem Markt zu bringen. Auch dieser Ansatz gilt daher inzwischen für das „Intelligente Haus“ als gescheitert.

2.1.4 SMART-House (USA)

In den USA hat eine Vereinigung der Bauindustrie, die National Association of Home Builders (NAHB), den Versuch unternommen, ein Hausbussystem zu entwickeln und zu vermarkten. Dabei wurde hier von vornherein der Neubaubereich als Markt betrachtet. Zusammen mit verschiedenen Komponentenherstellern wurde das SMART-House-System entwickelt (s. [Stau91]). Dieses ist ein zentrales System und erlaubt unter anderem die unmittelbare Steuerung der Strom- und Gasversorgung in einem Gebäude. Das SMART-House-System benötigt spezielle Kabel (bzw. Kabelverbände) sowie Installationskomponenten. Es wurden Steckdosen entwickelt, die den gleichzeitigen Anschluß der Energieversorgung und der Datenverbindung sowie gegebenenfalls eines breitbandigen Mediums (für Audio-/Videoübertragung) ermöglichen. Im Gegensatz zu den anderen bekannten Systemen sind bei SMART-House nicht Geräte, sondern die Steckdosen, an denen Geräte angeschlossen werden, mit einer Adresse für die Datenkommunikation versehen. Diese Eigenschaft, sowie die zentrale Systemarchitektur erlauben die Realisierung eines einfachen Plug & Play-Konzepts. Das Protokoll für das SMART-House-System wird nur an Firmen, die Mitglied bei SMART HOUSE L.P., der Dachorganisation, sind und eine entsprechende Nutzungsvereinbarungen getroffen haben, weitergegeben.

Zur Markteinführung wurden von der NAHB mehrere Musterhäuser aufgebaut. Insgesamt ist ein SMART House gegenüber einem normalen Haus aber so teuer, daß der Mehrnutzen nur wenige Kunden überzeugen konnte. Insbesondere waren bei der Markteinführung nur das Grundsystem und wenige weitere Geräte verfügbar, so daß der volle Nutzen nicht demonstriert werden konnte. Inzwischen ist verlautbart worden, daß auch die Bemühungen der NAHB um das SMART House eingestellt worden sind.

2.1.5 CEBus (USA)

Von der Electronic Industries Association (EIA), angeschlossen an die IEEE, ist die Bemühung ausgegangen, einen USA-weiten Standard für einen Hausbus festzuschreiben. Die Spezifikation und die Protokolle hierzu wurden von einer Gruppe amerikanischer Firmen und Institute festgelegt (s. [Hofm91]). Dieses System ist unter dem Namen „Consumer Electronic Bus“ (CEBus) bekannt. Das Protokoll wurde gemäß der Schichten 1-3 sowie 7 des OSI-Referenzmodells spezifiziert. Für den CEBus sind eine Reihe von Übertragungsmedien vorgesehen. Hauptziel dieses Systems war es, einen für alle offenen Standard zu schaffen, der optimal an den Bedürfnissen der späteren Benutzer orientiert ist und eine Interoperabilität zwischen Systemen verschiedener Hersteller gewährleistet. Trotz anfänglicher Probleme bei der automatischen Adressenvergabe für Komponenten – dieses wird bei dezentral ausgelegten Systemen zur Gewährleistung von Plug & Play benötigt – ist der CEBus das am weitesten ausgereifte und leistungsfähige Hausbussystem im internationalen Vergleich. Für spezielle Einsatzmöglichkeiten sind bereits erste Produkte verfügbar. Auf Messen sind Prototypen von Geräten brauner Ware vorgestellt worden.

2.1.6 EHS (Europa)

Auch in Europa sind Bemühungen gemacht worden, einen Hausbus zu entwickeln. Hierzu sind von der Europäischen Union eine Reihe von Forschungs- und Entwicklungsprojekten durchgeführt worden (anfänglich im EUREKA-, jetzt im ESPRIT-Programm). Nach der ersten Phase ist die erste Version der Spezifika-tion festgeschrieben worden (European Home System Specification 1.0). In der zweiten Phase ist die Spezifikation zur Version 1.1 (s. [EHSA92]) weiterentwickelt worden und es sind Entwicklungs- und Testwerkzeuge realisiert worden. Daneben wurden in Pilotprojekten spezielle Anwendungsmöglichkeiten erprobt. Zur besseren Vertretung der Interessen um das European Home System (EHS) ist eine Vereinigung, die EHSA gegründet worden.

An der ersten Projektphase waren eine Reihe von Firmen beteiligt, die bereits eigene Bussysteme für industrielle Anwendungen und/oder Zweckbauten entwickelt hatten. Darunter befanden sich auch die Firmen Siemens und ABB, die maßgeblich an der Entwicklung des European Installation Bus beteiligt waren. Beide Firmen sind bereits nach der ersten Entwicklungsphase aus der EHSA ausgetreten und haben sich nicht mehr an weiteren Projekten um den EHS beteiligt. Die Firma Siemens versucht zur Zeit ebenfalls, den EIB als

Hausbus zu etablieren. Mit dem vor kurzem erfolgten Austritt der Daimler-Benz AG aus der EHSA ist nun kein größeres deutsches Unternehmen mehr in der EHSA präsent. Auch in Europa gibt es Bemühungen, einen Standard für einen Hausbus festzuschreiben. Hierfür sind aber mehrere konkurrierende Vorschläge eingereicht worden. Zur Zeit ist aber keine Einigung innerhalb der Normungsorganisation zu erwarten. Viele Hersteller brauner und weißer Ware halten sich daher mit der Entwicklung von kompatiblen Produkten zurück, bis eine Normungsentscheidung vorliegt.

Technisch gesehen ist das EHS vergleichbar mit dem CEBus. Die Hauptunterschiede liegen in der Spezifikation des Protokolls für die Schicht 7. Bei der Nutzung von nicht abgeschirmten Medien mußten beim EHS Konzessionen an die teils sehr einschränkenden europäischen Gesetze zur Betreibung von Sende- und Empfangsanlagen gemacht werden. Hierdurch kann das EHS nicht an den in dieser Beziehung deutlich überlegenen CEBus heranreichen. Um im europäischen Bereich mehr Gewicht zu bekommen, gibt es erste Assoziierungsbemühungen zwischen der EHSA und der EIA (CEBus) mit dem Ziel, Gateways für beide Systeme zu entwickeln. Ebenfalls haben Vertreter des Batibus, einem französischen Installationsbus, angekündigt, das EHS zu unterstützen.

2.1.7 LON (USA/International)

Von der Firma Echelon (Hauptanteilnehmer sind Apple und Motorola) wurde ein Netzwerk für Automatisierungsaufgaben mit verteilter Intelligenz entwickelt, genannt Local Operation Network (LON). Hierzu ist ein spezieller Chip (genannt Neuron), bestehend aus drei Mikroprozessoren, auf dem das komplette Protokoll und eine Anwendungsschnittstelle realisiert sind, entwickelt. Mittels einer Erweiterung der Programmiersprache C (genannt Neuron-C) können Anwendungen auf dem Neuron entwickelt werden. Die logische Verbindung zwischen einzelnen Neurons in einem Netz wird über sogenannte Netzwerkvariablen bestimmt. Bei einer Standardisierung solcher Netzwerkvariablen für Anwendungsfälle im Wohnbereich läßt sich ebenfalls eine Interoperabiltität zwischen einzelnen Geräten gewährleisten. Dieses System ist dann ohne weitere Modifikationen auch im Wohnbereich einsetzbar. Erste Feldversuche hierzu laufen bereits in Frankreich, in Schweden und in den USA (s. [Hert95]). Ein weiterer Vorteil des LON ist, daß hierfür bereits Chips in Großserien gefertigt werden und Entwicklungssysteme ohne Einschränkungen verfügbar sind.

2.2 Die Technik

Nachdem die wichtigsten Bestrebungen, Hausbusse zu entwickeln, vorgestellt worden sind, soll nun noch auf einige allgemeine technische Aspekte eingegangen werden.

2.2.1 Systemarchitektur

Bei Netzwerken wird allgemein von einer Busstruktur gesprochen, wenn alle Netzknoten Zugriff auf ein gemeinsames Medium haben und der Datenaustausch zwischen zwei Knoten direkt, ohne Einbezug weiterer Knoten, über das Medium stattfinden kann. Aus folgenden Gründen ist bei größeren Netzen eine Unterteilung in sogenannte Subnetze erforderlich bzw. sinnvoll.

Aufgrund elektrischer Randbedingungen können Leitungen für Datennetze nicht beliebig lang sein und es können an sie nicht beliebig viele Knoten angeschlossen werden.

Durch Subnetze kann die Gesamtnetzlast reduziert werden, da ein lokaler Datenverkehr auf einem Subnetz eben nur dieses und nicht das gesamte Netz belastet.

Über Subnetze können Netze physikalisch strukturiert werden.

Die Verwendung verschiedener Medien in einem Netz kann mit Hilfe von Subnetzen ermöglicht werden.

Eine Kopplung von Subnetzen erfolgt über sogenannte Repeater oder Bridges. Da auch bei Hausbussen die Möglichkeit vorhanden sein soll, sehr viele Knoten anzuschließen, verschiedene Medien zu verwenden und Netze physikalisch zu strukturieren, ist bei den meisten Systemen die Einrichtung von Subnetzen vorgesehen.

Für den Datentransport gemäß der ersten Schicht des OSI-Referenzemodells wird bei allen bekannten Systemen das vom Ethernet her bekannte CSMA-Verfahren verwendet. Zur Kollisionsvermeidung wird je nach Medium ebenfalls das vom Ethernet bekannte oder ein davon abgeleitetes Verfahren eingesetzt.

Grundsätzlich können auf Netzen mit Busstruktur die Teilnehmer unmittelbar miteinander kommunizieren. Existieren keine übergeordneten Instanzen zur Regelung der Kommunikation, so wird ein solches System als dezentral, andernfalls als zentral bezeichnet. Bei einem Netzwerk, in dem während des Betriebs die Anzahl der Knoten verändert werden kann, tritt das Problem auf, daß an neue Knoten noch nicht belegte Netzwerkadressen vergeben werden müssen. Bei einer zentralen Verwaltung von Knoten und deren Netzwerkadressen ist dieses leicht zu handhaben. Hingegen müssen bei dezentralen Systemen neue Knoten selbst dafür sorgen, daß sie eine im System noch nicht vorkommende Adresse bekommen und sich bei allen anderen Knoten bekannt machen. Obwohl bei Hausbussen die Knotenanzahl während des Betriebes verändert werden können soll, ist nur SMART-House ein zentrales System. Alle anderen Systeme verfolgen verschiedene Verfahren, um Adressenkonflikte zu vermeiden.

Bei **LON** werden alle Neuron-Chips schon bei der Herstellung mit einer eindeutigen, nicht veränderbaren Adresse versehen. Der Adreßraum ist dabei so groß gewählt, daß es nicht zu einem Überlauf kommen kann und somit diese Adressen weltweit nur einmal vorkommen.

Beim **HBS** werden für einzelne Geräte bzw. Komponententypen Adressen von einem Gremium auf Antrag vergeben. Jedes gefertigte Gerät gleichen Typs erhält somit die gleiche Adresse. Dabei kann es zu Konflikten kommen, wenn ein Benutzer mehrere Geräte oder Komponenten gleichen Typs in einem System unterbringen will.

Beim **EHS** vergeben sich Knoten ihre Adressen nach der Installation in ein Netzwerk selbst. Sie versenden eine Reihe Telegramme mit verschiedenen Adressen, bis sie keine Antwort auf ein Telegramm erhalten. Die darin verwendete Adresse wird dann als frei angenommen.

Das erste bei **CEBus** versuchte Verfahren versagte bei der praktischen Erprobung. Inzwischen wird hier an einem neuen Verfahren gearbeitet.

Zwar können mit einem zentralen System leichter Störungen ausfindig gemacht werden, fällt aber die zentrale Instanz aus, so funktioniert das gesamte System nicht mehr. Da bei einem dezentralen System kein Knoten eine derartige Bedeutung hat, kann hier nicht bei Störung eines Knoten ein Totalausfall verursacht werden. Aus diesem Grund ist bei den anderen Gruppen der dezentrale Ansatz verfolgt worden.

Bei den meisten Systemen können neben den physikalischen Netzadressen noch logische Adressen definiert werden. Mit diesen Adressen können Geräte bzw. Komponenten zu Gruppen zusammengefaßt und gemeinsam adressiert werden. Dadurch kann zum Beispiel die gesamte Beleuchtung einer Wohnung angesprochen werden.

2.2.2 Übertragungsmedien

Die Datenübertragung in Computernetzwerken erfolgt im allgemeinen leitungsgebunden. Im Bereich der LANs werden im wesentlichen das Koaxial-Kabel oder verdrillte Aderpaare (im engl. Twisted Pair) eingesetzt. Beide Leitungsarten erlauben mittlere bis hohe Datenübertragungsraten. Noch höhere Datenraten können durch Glasfaserkabel (im engl. Fiber Optic) erreicht werden, die im Bereich der WANs immer häufiger eingesezt werden. Auch im Wohnbereich sind Leitungen zur Datenübertragung vorhanden: Das

Telefonkabel für Tonsignale und das Antennenkabel (ebenfalls ein Koaxial-Kabel) für Rundfunksignale. Diese Leitungen sind in der Regel aber nur an wenigen Punkten in einer Wohnung verfügbar und sind daher als Hausbusmedium nur bedingt geeignet. Generell muß ein Hausbus alle Geräte und Systemkomponenten mteinander verbinden können. Bei Neubauten ist dieses kein Problem, da von vorneherein entsprechende Leitungen an alle relevanten Stellen verlegt werden können. Teilweise können sogar konventionelle Installationen entfallen. Zum Beispiel brauchen busfähige Lichtschalter nicht mehr an 240V-Leitungen angeschlossen werden. Problematisch ist aber die Nachrüstung von Altbauten mit einem Hausbus, wenn dieser neue Leitungen benötigt. Um hier Alternativen zu ermöglichen, sind bei den meisten Hausbussen Medien vorgesehen, die keine bzw. nur wenig Installation benötigen. Die Übertragungsmedien bzw. -techniken Funk (im engl. Radio Frequency), Infrarot und das Stromnetz (im engl. Power Line) erfüllen diese Eigenschaft.

Auf die Verwendung und Besonderheiten der für Hausbusse in Betracht kommenden Medien soll nun kurz eingegangen werden.

Verdrilltes Aderpaar – Twisted Pair (TP)

TP ist bei allen Systemen, außer bei X-10, spezifiziert worden.

Es sind mittlere bis hohe Datenraten möglich, somit ist TP zur Übertragung von Kommandos und Sprache (ggf. auch Hifi-Audio) verwendbar.

Das Medium kann zusätzlich zur Stromversorgung der Netzknoten genutzt werden. Dabei ist es auch möglich, daß ein Aderpaar gleichzeitig zur Stromversorgung und zur Datenübertragung verwendet wird.

Einzelne Aderpaare können mehrere Informationskanäle tragen.

Koaxial-Kabel – Coax (CX)

Für die Übertragung von Kommandos und Videosignalen ist CX bei HBS, CEBus und EHS spezifiziert worden, hingegen bei SMART-House nur für Videoübertragung.

CX hat eine hohe Bandbreite aufgrund der Abschirmung, daher sind hohe Datenraten bis zur mehrkanaligen Übertragung von Videosignalen möglich.

CX ist im Vergleich zu TP sehr teuer.

Glasfaser – Fiber Optic (FO)

Glasfaser als Übertragungsmedium einzusetzen, wird bei den Systemen CEBus und EHS angedacht. Bei beiden Gruppen laufen zur Zeit noch Vorstudien, da die Glasfaserübertragung noch nicht entsprechend ausgereift ist (s. [CrDo93] für die Überlegungen diesbezüglich bei CEBus). FO ist zur Zeit noch sehr teuer und schwierig zu handhaben. Eine Verlegung kann nur von speziell ausgebildetem Fachpersonal vorgenommen werden. Des weiteren sind noch viele Fragen bezüglich künftiger Standards für dieses Medium offen. Daher ist FO ohne Probleme im Consumer-Bereich noch nicht eingesetzbar.

FO erlaubt eine sehr hohe Datenübertragunsrate (ausreichend für digitale Videosignale).

Stromnetz – Power Line (PL)

Die Datenübertragung über das Stromnetz ist spezifiziert bei den Systemen CEBus, EHS und X-10.

Es können dabei Datenraten bis 9,6 KBaud erreicht werden. Bei CEBus sind durch eine besondere Modulationstechnik, die in Europa nicht zugelassen ist, noch höhrere Datenraten möglich. Diese Datenraten sind geeignet, um Kommandos und auch Sprache zu übertragen.

Bei dieser Methode kann die Übertragung durch vielfältige Einflüsse gestört werden. Insbesondere haben die an ein Stromnetz angeschlossenen Verbraucher einen großen, sich ständig ändernden Einfluß auf die Übertragungsqualität. Das Protokoll für die PL-Übertragung ist, um die verschiedenen Störungen zu kompensieren, sehr aufwendig gestaltet.

Der entscheidende Vorteil dieser Übertragungsart ist, daß sie überall verwendet werden kann, wo Stromleitungen existieren.

Dadurch ergibt sich aber gleichzeitig ein Nachteil, denn die Daten werden auch über die Wohnungsgrenze hinaus übertragen. Um zu verhindern, daß in der Nachbarschaft installierte Systeme sich gegenseitig stören oder ein System vorsätzlich gestört wird, sind spezielle Maßnahmen, wie Filter am Stromnetzanschluß einer Wohnung notwendig.

Infrarot – Infrared (IR)

Die Datenübertragung per Infrarot ist bereits von Fernbedienungen her bekannt. Inzwischen gibt es auch Entwicklungen zur Realisierung von Computernetzen auf Basis von Infrarotwellen, wobei vergleichsweise hohe Datenraten möglich sind. Diese Datenraten reichen zur Übertragung von Kommandos, Sprache und Hifi-Audiosignalen. Die Übertragung mit Infrarot ist bei CEBus und EHS vorgesehen, wobei hier ähnliche Verfahren wie bei

Fernbedienungen verwendet werden. Spezifiziert ist jeweils nur die Übertragung von Kommandos.

Nachteilig bei Infrarot ist, daß die Information nicht durch Wände hindurch übertragen werden kann. Um Informationen zwischen einzelnen Räumen zu übermitteln, muß daher auf andere Medien ausgewichen werden.

Infrarotwellen breiten sich zwar nicht durch Wände, aber doch durch Glas aus. Deshalb können auch hier Daten aus der Wohnung hinausgelangen. Da spezielle optische Filter sehr teuer sind, müssen die Daten geeignet kodiert werden, um Störungen zu vermeiden.

Funk – Radio Frequency (RF)

Die digitale Datenübertragung wird schon seit längerem erfolgreich bei Datenfunkdiensten und Funktelefonen eingesetzt. In Anlehnung an diese Systeme wurde die Funkübertragung in die Spezifikation des CEBus und des EHS aufgenommen. Spezifiziert worden sind mittlere Datenraten zur Übertragung von Kommandos und Sprache. Grundsätzlich können mit Funk aber auch Hifi-Audio- und Videosignale übertragen werden. Dieses ist aber nicht in allen Länder für private Zwecke zulässig.

Bei normalen Wandstärken und Wohnungsgrößen sind Sendeleistungen von deutlich unter einem Watt möglich.

Auch bei Funkübertragungen besteht das Problem, daß sich die Informationen über Wohnungsgrenzen hinweg ausbreiten. Eine elektromagnetische Abschirmung von Wohnungen ist nur mit sehr großem Aufwand möglich. Damit sich Systeme nicht gegenseitig stören, sie abgehört oder vorsätzlich manipuliert werden können, sind spezielle Kodierungen der Daten sowie Kanalzuteilungsverfahren erforderlich.

2.2.3 Die Applikationsschicht

Bei Geräten der Unterhaltungselektronik ist es schon seit längerem möglich, deren Grundfunktionen über Fernbedienungen zu steuern. Vom Prinzip her wird dabei jeder Funktion eine Zahl zugeordnet. Diese Zahl wird bei entsprechendem Tastendruck auf die Fernbedienung kodiert an das Gerät übertragen. Dort wird in einem Mikrocontroller das Signal der Fernbedienung dekodiert und anschließend die der Zahl zugeordnete Funktion ausgeführt. Ein solches Gerät besitzt somit eine Anwendungsschnittstelle, über die es einem externen Gerät, hier die Fernbedienung, möglich ist, das Gerät zu steuern. Ganz ähnlich ist sich die Steuerung von Geräten über einen Hausbus vorzustellen. Voraussetzung dafür ist, daß schon in der Spezifikation eines Hausbusse alle global verwendbaren Funktionen festgelegt sind. Nur so ist es möglich, daß Geräte unterschiedlicher Hersteller miteinander kommunizieren können und daß übergreifende Programme in das System eingebracht werden können.

Nach erfolgter Festschreibung der Spezifikation ist es aber problematisch, neue Funktionen aufzunehmen, da diese von Programmen oder Geräten gemäß der aktuellen Fassung der Spezifikation nicht angesprochen werden können. Ein Kunde mit einem existierenden Hausbussystem hätte somit keinen Vorteil, sich ein Gerät mit erweitertem Funktionsumfang zu kaufen. Gerade im Bereich der Unterhaltungselektronik kommen aber immer neue Funktionen oder Gerätetypen hinzu. Würden verschiedene Hersteller der Spezifikation folgen, so hätten alle Geräte einer Art den gleichen Funktionsumfang. Eine Abhebung gegenüber der Konkurrenz ist dann auf diesem Gebiet nicht mehr gegeben. Hierdurch bedingt bringen viele Gerätehersteller nur zögerlich Hausbus-kompatible Geräte auf den Markt, obwohl entsprechende Spezifikationen schon seit längerem existieren

3 Vom Haussystem zum „Intelligenten Haus“

Im Umfeld der Hausbusse sind eine Vielzahl von Begriffen zu finden, mit denen diese neue Technik und deren Anwendungs- bzw. Aufgabenbereich benannt werden. Die wichtigsten dieser Begriffe sind im folgenden aufgeführt (Unterteilung nach internationalem und deutschem Gebrauch; Äquivalenzen sind in einer Zeile aufgeführt).

Int.	**Deutschland**
Home System	Haussystem
Home Automation	Hausautomatisierung
Intelligent Home	intelligentes Haus
Smart House	
	Home Electronic System
environmental Control	
electronic House	
Home of the Future	Haus der Zukunft
	das (intelligente) vernetzte Haus

Neben dieser Vielzahl von Begriffen trägt weiter zur Verwirrung bei, daß einige der Begriffe gleichzeitig System bzw. Produktnamen sind. Zum Beispiel ist „Smart House“ in den USA rechtlich geschützter Name für ein System (s.

Abschnitt 2.1.4), aber gleichzeitig auch gebräuchlich für diese Technik im allgemeinen.

Im internationalen Gebrauch und insbesondere in den USA werden häufig die Begriffe „Home System“, „Home Automation“ und „intelligent Home“ verwendet, dabei aber unterschiedliche Ausbaustufen von Hausbussystemen bezeichnet. Eine derartige Präzisierung hat in Deutschland bisher noch nicht stattgefunden. Lange konnte sich hier kein allgemeiner Begriff durchsetzen. Inzwischen scheint sich aber der Begriff „Intelligentes Haus“ aufgrund zweier nationaler Tagungen und entsprechender Presseberichte hierüber durchzusetzen. Dieser Begriff stellt aber zu hohe Erwartungen an Hausbussysteme, die bei dem jetzigen Stand der Technik nicht erfüllt werden können. Es wird deshalb im folgenden eine ähnliche Begriffsbildung mit Unterteilungen, wie sie in den USA verwendet wird, vorgeschlagen.

3.1 Haussysteme

Bisher sind technische Systeme im Wohnbereich informationstechnische Inseln gewesen. Es gab somit aber auch deutliche Abgrenzung einzelner Systeme untereinander. Es konnte von einer Alarm- bzw. Sicherheitssystem gesprochen werden, wozu eindeutig Sensoren wie Fensterkontakte, Glasbruchsensoren oder Bewegungsmelder gehörten. Dem Heizungssystem zugeordnet waren Temperaturfühler, Heizkörperventile und der Kessel. Bei einer universellen Vernetzung von Komponenten herkömmlicher Systeme mit einem Hausbus verschwinden die Grenzen der einzelnen Systeme und wachsen zu einem Gesamtsystem zusammen. Solch ein System wird allgemein als Haussystem oder Hausbussystem bezeichnet.

Schon die einfache Vernetzung von herkömmlichen Systemen bringt eine Menge von Vorteilen. Einzelne Komponenten können mehreren Aufgabenbereichen zugeordnet werden, wodurch eine Erhöhung der Funktionalität erreicht wird. So können zum Beispiel Klimasensoren sowohl für die Steuerung der Heizungsanlage wie auch für die Steuerung von Rolläden, Jalousien oder Markisen verwendet werden. Bewegungsmelder und Fensterkontakte können bei Abwesenheit der Bewohner zum Erkennen eines Einbruches und bei Anwesenheit der Bewohner zur effizienten Klimaregelung verwendet werden. Andere Komponenten behalten hingegen ihre einzigartige Funktion (z.B. der Heizungskessel). Durch programmtechnisches Verknüpfen von Sensoren und Aktoren können Steuer- und Regel-aufgaben definiert werden.

An einen Hausbus können beliebig gestaltete Systeme für Benutzerein- bzw. ausgaben angeschlossen werden. Mit geeigneten Bediengeräten (z.B. mobilen Systemen ähnlich wie Fernbedienungen) können Bewohner sämtliche

Funktionen ihres Haussystems von beliebigen Orten der Wohnung aus kontrollieren. Auch die Kontrolle von außerhalb der Wohnung z.B. über Telefon ist möglich. Für Bewohner mit speziellen Bedürfnissen, z.B. mit motorischen Einschränkungen, können den Bedürfnissen angepaßte Bediensysteme eingesetzt werden.

3.2 Hausautomatisierung

Ein Haussystem kann als verteiltes Computersystem betrachtet werden, da jeder Netzknoten über eine eigene Intelligenz in Form von Mikroprozessoren verfügt. Die einzelnen Knoten können nun so programmiert werden, daß sie Bestandteile übergeordneter Automatisierungsaufgaben abarbeiten. Allgemein wird in solchen Fällen dann von „Dezentraler Intelligenter Automatisierung“ (DIA) gesprochen, beim Anwendungen in privaten Wohngebäuden entsprechend von „Hausauto-matisierung“.

In der Regel werden jeweils einzelne Netzknoten als übergeordnete Kontrollinstanz für einzelne Aufgabenbereiche, wie Energie- oder Sicherheitsmanagement, definiert. Solche Knoten werden dann als „Feature-Controller“ bezeichnet.

Die Programmierung der einzelnen Knoten kann auch während des laufenden Betriebs eines Haussystems umgeladen werden. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, daß ein Haussystem situationsabhängig ein spezifisches Verhalten zeigt. So können zum Beispiel für Tag/Nacht, Wochenende/Werktags, Winter/Sommer unterschiedliche Automatisierungsaufgaben definiert werden. Nicht immer kann ein Haussystem definierte Situationen selbständig erkennen. An diesem Punkt muß der Benutzer noch eingreifen und dem System die jeweilige Situation mitteilen. Alle anderen Einstellungen und Abläufe passieren dann aber automatisch.

3.3 Das Intelligente Haus

Im vorherigen Abschnitt wurde davon gesprochen, daß für unterschiedliche Situationen spezifische Automatisierungsprogramme geladen werden können, die Bewohner aber ihrem System noch manuell mitteilen müssen, welche Situation gerade vorliegt. Diese Einschränkung resultiert daraus, daß die Entscheidung, welche Situation vorliegt, in vielen Fällen nicht aus einfachen Größen abgeleitet werden kann, sondern daß hierzu menschliches Wissen benötigt wird. Inzwischen ist es aber mit gewissen Einschränkungen möglich, menschliches Entscheiden und Lernen mittels künstlicher Systeme nachzubilden. Solche Systeme lassen sich auch in Haussysteme einbringen, wobei dann der Begriff „Intelligentes Haus“ seine Berechtigung findet.

Mit Hilfe von intelligenten Systemen können, wie schon erwähnt, selbständig komplexe Situationen erkannt werden, des weiteren können einzelne Aufgaben, wie die Klimaregelung, unterstützt werden und es können Gewohnheiten sowie Komfortbedürfnisse der Bewohner gelernt werden (s. [Schl94]).

Für die Bewohner bedeutet ein solches System, daß nun fast alle Aufgaben vom System selbständig erledigt werden können. Zwischen den Polen „Ökonomie/Ökologie" und „Bewohnerkomfort" kann das System einen optimalen Betriebspunkt für jede Situation selbst ermitteln und einstellen. Das System kann vorausschauend handeln und somit Trägheiten, wie sie z.B. bei Einstellung der Raumtemperatur auftreten, entgegenwirken. Die Bewohner brauchen schließlich nur noch einzugreifen, wenn sich ihre Bedürfnisse ändern oder wenn abweichenden bzw. bislang unbekannte Situationen vorliegen.

4 Anwendungsmöglichkeiten

Eine sicherlich berechtigte Frage ist, ob Haussysteme wirklich an den Bedürfnissen der Verbraucher orientiert sind, oder ob es sich hier um technische Spielereien für wenige handelt. Diese Frage läßt sich nicht eindeutig beantworten, da die Anwendungsmöglichkeiten dieser Technik vielfältig sind und sie sowohl durchaus sehr sinnvolle aber auch viele unsinnige Anwendungen erlaubt. Ähnliches kann aber auch für bekannte und vielfach eingesetzte Systeme wie PC oder Fernsehen gesagt werden. Auch hier werden Angebot und Nachfrage und wahrscheinlich ausschlaggebend die Kosten entscheiden, ob und in welcher Form sich Haussysteme durchsetzen werden.

Bezüglich des Kostenaspekts muß deutlich zwischen dem Neubaubereich und dem Wohnungsbestand unterschieden werden. Im Neubaubereich brauchen keine Mehrkosten bei der Installation eines Hausbusses zu entstehen, da gleichzeitig ein Teil konventioneller Installationen wegfällt. Da die meisten elektronischen Geräte für den Consumer-Bereich heutzutage mit Mikrocontrollern ausgestattet sind, brauchen solche Geräte nur sehr gering modifiziert zu werden, um sie an einen Hausbus anschließen zu können. Netzfähige Geräte müssen daher nicht teurer sein als herkömmliche Geräte. Bei Haushaltsneugründung oder langsamem Austausch konventioneller Geräte entstehen ebenfalls keine Mehrkosten. Anders verhält es sich, wenn ein bestehender Haushalt komplett aufgerüstet werden sollen. In diesem Fall müssen alle existierenden Geräte und Komponenten ausgetauscht werden. Soll eine bestehende Wohnung nachgerüstet werden, so fallen, abhängig von der Wahl der Übertragungsmedien und der gewünschten Leistungsfähigkeit des Systems, noch Installationskosten an.

Im folgenden sind einige der wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten aufgeführt, die oft als Entwicklungs- und Vermarktungsargumente genannt werden.

Fernkontrolle

Wer kennt nicht das Gefühl der Unsicherheit nach den ersten Kilometern der Urlaubsreise, ob in der zurückgelassenen Wohnung der Herd abgestellt ist, alle Fenster geschlossen sind oder ähnliche Fragen. Ein „Intelligentes Haus“ kann hier selbst dafür sorgen, daß alle Geräte und Systeme in einem sicheren Zustand sind. Zudem kann von jedem Telefon aus der Zustand einzelner Geräte oder Systeme abgefragt und gegebenenfalls korrigiert werden.

Auf die gleiche Weise können vor der Heimfahrt, sei es nun vom Urlaubsort oder vom Arbeitsplatz aus per Telefon Geräte oder Systeme so eingestellt werden, wie sie bei Ankunft vorgefunden werden wollen.

Fernablesen von Verbrauchszählern

In Zusammenarbeit mit Versorgungsunternehmen kann das Ablesen der Verbrauchszähler (Strom, Wasser, Gas) vereinfacht werden, da auch die Zähler Komponenten des Haussystems sein können und somit per Telefon abgefragt werden können. Eine Anwesenheit der Bewohner bei Ablesung oder ein Selbstablesen ist nun nicht mehr notwendig. Eine Vereinfachung ergibt sich auch bei einem Wohnungswechsel. Zum Auszugszeitpunkt kann telefonisch das Ablesen ausgelöst werden. Wird innerhalb des Bereiches eines Versorgungsunternehmens umgezogen, können die Daten direkt von der aufgegebenen in die zukünftige Wohnung übertragen werden und es entfallen zusätzliche Abrechnungen.

Lastmanagement

Das Ziel des Lastmanagements ist es einen möglichst gleichmäßigen Stromverbrauch, verteilt über einen Tag, zu erreichen. Der Stromverbrauch von Haushalten hat auf die Tagesverteilung einen erheblichen Einfluß, so entstehen zum Beispiel um die Mittagszeit herum Spitzenwerte, was auf den Stromverbrauch beim Kochen zurückzuführen ist. Über billigere Tarife zu Zeiten mit niedriger Auslastung versuchen die EVUs für Haushalten einen Anreiz zu bieten den Stromverbrauch auf solche Zeiten zu verlagern. Bisher wurden die Billigtarifzeiten durch statistische Auswertung über des Stromverbrauch über einen längeren Zeitraum festgelegt. Eine dynamische Anpassung auf aktuelle Verbrauchswerte ist mit diesem Verfahren nicht möglich. Die Kopplung eines EVU mit den Haussystemen der angeschlossen Haushalte eröffnet aber eine sehr flexible Methode, den Stromverbrauch zu homogenisieren. Bei diesem Verfahren würde der Kunde den Bedarf, einen Großverbraucher (z.B. Waschmaschine) zu nutzen, anmelden und zusätzlich einen Zeitpunkt nennen, bis zu dem das Gerät spätestens seine Arbeit verrichtet haben muß. Das EVU weiß somit immer, welche Geräte in nächster Zeit Strom benötigen und kann eine gleichmäßige Verteilung vornehmen, indem die Geräte innerhalb der Zeitvorgaben vom EVU ferngestartet werden können. Geräte, die dabei zu Zeiten geringer Auslastung gestartet werden können, bekommen Strom zu besonders günstigen Tarifen.

Diese Anwendung ist sowohl aus global ökologischer Sicht vorteilhaft, kann aber auch dem Verbraucher deutliche Kostenvorteile verschaffen, wenn er Großverbraucher in seiner Wohnung vorausplanend nutzt.

Anwesenheitssimulation

Aufgrund von Berichten in den Medien über eine deutlich erhöhte Kriminalstatistik wächst das Bedürfnis der Bürger nach mehr Sicherheit. Eine Möglichkeit der Einbruchsvorbeugung ist es, auch eine leere Wohnung bewohnt aussehen zu lassen (z.B. während des Urlaubs). Bisherige Systeme (insbesondere Zeitschaltuhren für Licht und Rolläden) sind gerade bei längerer Abwesenheit wie Urlaub zu inflexibel. Mit einem Haussystem können zum einem alle Systeme in eine Anwesenheitssimulation eingeschlossen werden und zum anderen wesentlich komplexere Schaltprogramme vorgegeben werden, so daß keine Wiederholungsmuster, die auf eine Automatisierung schließen lassen, erkennbar vorkommen müssen. Des weiteren kann auf Wettereinflüsse reagiert werden, so daß z.B. die Rolläden an sonnigen Tage später als an bewölkten Tagen herabgelassen werden.

Fehlalarmvermeidung

Bei konventionellen Alarmanlagen reicht genau das Ansprechen eines Sensors aus, um einen Alarm auszulösen. Dies führt zu häufigen Fehlalarmen und schließlich dazu, daß die Anlage abgeschaltet bleibt, oder daß ein echter Alarm von den Nachbarn ignoriert wird. Prinzipiell entsteht aber bei einem Einbruch soviel Aktivität, daß mehrere Sensoren nach bestimmten Mustern ansprechen müßten. Die Auswertung der Sensoreninformationen über ein Expertensystem, in dem solche Muster eingegeben sind, kann die Anzahl von Fehlalarmen deutlich verringern. Voraussetzung hierbei ist aber, daß Sensoren einzeln ausgewertet werden können, und nicht, wie bisher, zu Schleifen zusammengefaßt sind. Die Vernetzung der Sensoren über einen Hausbus schafft aber genau diese Voraussetzung.

Heizungssteuerung

In einem Haussystem können auf einfache Weise viele Größen für eine effiziente Heizungsregelung verwendet werden. Bislang ist meist nur ein Temperaturfühler vorhanden. Des weiteren können einzelne Räume oder Heizzonen getrennt geregelt werden. Dazu ist es notwendig, daß Heizkörperventile elektrisch betrieben werden können und daß verschiedene Sensoren zur Verfügung stehen. Bei der Regelung der Gesamtleistung der

Heizungsanlage und der einzelnen Räume bzw. Heizzonen können dann Größen wie Raum-Ist-Temperatur, Anzahl von Personen in einem Raum, Außentemperatur, Windrichtung und -stärke sowie Fensterstellungen mit berücksichtigt werden. Sind elektrische Fensteröffner vorhanden, kann ein automatisches Lüften unter ökologisch/ökonomischen Gesichtspunkten erfolgen (z.B. während einer Absenkungsphase der Heizung).

Hilfe für Senioren und Behinderte

Für Menschen mit einschränkten Fähigkeiten (z.B. Motorik oder Sehvermögen) ist die Benutzung normaler technische Geräte kaum oder oft auch gar nicht möglich, da die Bediensysteme nicht an ihre Bedürfnisse angepaßt sind. Für einige weit verbreitete Behinderungen, wie etwa Blindheit, sind teilweise Spezialanfertigungen technischer Geräte verfügbar. Mit einem Haussystem sind aber flexiblere Lösungen möglich. Bei dieser Technik braucht nur einmal ein spezielles Ein-/Ausgabesystem vorhanden zu sein. Über dieses System können nun alle an den Bus angeschlossenen Geräte wieder bedient werden, wobei diese Geräte keine teuren Spezialanfertigungen zu sein brauchen. Bei einem modularen Konzept für solche speziellen Ein-/Ausgabesysteme können diesen individuell den Bedürfnissen einzelner Personen angepaßt werden. Bei geänderten Bedürfnissen können diese Systeme leicht und kostengünstig angepaßt werden.

Je nach Bedarf lassen sich in ein Haussystem einfach Zusatzsysteme aufnehmen, z.B. elektrische Türöffner, wenn der Fall eintritt, daß ein Bewohner auf einen Rollstuhl angewiesen wird. Da ein Haussystem mit den Bedürfnissen der Bewohner mitwächst, können Menschen auch bei Fortschreiten altersbedingter Einschränkungen meist noch weiterhin autonom in ihrer gewohnten Umgebung leben.

5 Informationstechnische Aufgaben

Stand der Technik bei den offenen Hausbussen ist zur Zeit die Spezifikation des Busses selbst und der entsprechenden Kommunikationssprotokolle. Bis auf wenige Ausnahmen gibt es bislang noch keine realistischen Installationen dieser Systeme oder Feldversuche hierzu. Dort, wo größere Installationen vorgenommen worden sind, konnten eine Reihe von Problemen aufgedeckt werden, die bei den bisherigen kleineren Testaufbauten nicht aufgetreten waren. Je nach Wohnungsgröße und Ausstattung wird ein Haussystem aus 100-400 Netzknoten bestehen. Es wird allgemein davon ausgegangen, daß auch bei den Systemen, die bislang noch nicht mit mehreren hundert Knoten getestet worden sind, ebenfalls Probleme im realen Einsatz auftreten werden. Diese Problemen resultieren daraus, daß keine Untersuchungen des Kommunikationsverhaltens eines Hausbusses unter realistischen Bedingungen vorgenommen worden sind. Demzufolge sind keine Anforderungen an die Architektur eines Netzes oder gesonderte Maßnahmen für das Netzmanagement erarbeitet und umgesetzt worden. Ein großer Teil der noch zu erledigenden Aufgaben liegen daher in diesem Bereich.

Des weiteren werden zur Gestaltung der verschiedenen Ausbaustufen von Haussystemen (s. Abschritt 3) eine Reihe von informationstechnischen Systemen benötigt. Einige Teilaspekte der dort angedachten Aufgaben sind zur Zeit noch Gegenstand der Forschung.

Einige interessante Teilprobleme aus den genannten Bereichen sowie weitere Aufgaben sind im folgenden aufgeführt.

Datenschutz/Datensicherheit

In Abschnitt 2.2.2 sind verschiedene Übertragungsmedien erwähnt worden, bei denen Information auch über die Grenzen von Wohnungen hinaus transportiert wird. Bislang sind bei keinem Protokoll für Hausbusse Verschlüsselungsverfahren vorgesehen. Da die meisten der Protokolle offen zugänglich sind, ist es für technisch versierte Personen ohne weiteres möglich, z.B. ein Notebook mit entsprechender Software sowie Transceivern auszustatten und damit den Datenverkehr auf einem Hausbus einer fremden Wohnung abzuhören oder gar zu manipulieren. Hierüber können detaillierte Informationen über Eigenschaften der Wohnung und der Bewohner gewonnen werden. Als ein Szenario ist dann denkbar, daß sich auf diesem Wege Information beschafft wird, ob eine Wohnung leer ist, dann das Sicherheitssystem außer Kraft gesetzt, wodurch ein ungehinderter Zugang zur Wohnung entsteht. Um soetwas zu verhindern, sind spezielle Sicherungen in den Kommunikationsprotokollen vorzusehen. Bekannte Blockverschlüsselungsverfahren sind an dieser Stelle ungeeignet, da diese nur bei größeren Datenmengen sicher funktionieren. Die Nutzinformationen eines Datentelegramms auf einem Hausbus beträgt in den meisten Fällen aber nur wenige Bit.

Netzlastreduktion

Bei allen vorgestellten Hausbussen wird auf der physikalischen Ebene das CSMA-Verfahren verwendet. Dieses Verfahren hat die Eigenschaft, daß der Informationsdurchsatz bei zunehmender Last auf einem Netz sinkt. In Extremfällen kann es sogar zum Zusammenbruch des gesamten Datenverkehrs eines Netzes kommen. Bei realen Installationen von Haussystemen ist zu erwarten, daß in kritischen Situationen, z.B. in Alarmfällen, eine hohe Netzlast auftritt. Gerade dann wäre aber ein Zusammenbruch der Kommunikation fatal. Hier sind geeignete Maßnahmen einzubauen um solchen Situationen vorzubeugen. Mögliche Lösungen wären der Einsatz von Prioritätsmechanismen für Datentelegramme sowie eine effiziente Aufteilung von Anwendungsprogrammen, um das gesamte Kommunikationsaufkommen zu reduzieren.

Selbstdiagnose/Redundanzen/Defaults bei Ausfall

Ein Ziel künftiger Anbieter von Haussystemen ist, daß bei einem Total- oder Teilausfall des Netzes mindestens die Grundfunktionen erhalten bleiben. So muß sich zum Beispiel die Heizung bei einem Ausfall des Netzes weiterhin per Hand regeln lassen. Die weitergehenden Funktionen wie effizientes Energiemanagement oder Heizprogramme sind dann aber nicht mehr verfügbar. Verschiedene Maßnahmen sollten vorgenommen werden, um solche Vorfälle auf ein Minimum zu reduzieren. Dazu müssen Selbstdiagnosemechanismen vorgesehen werden, womit ausgefallene Knoten oder Teilnetze ausfindig gemacht werden können. Es müssen Notszenarien eingebaut sein, worin die Maßnahmen, die bei Ausfällen eingeleitet werden, festgehalten sind. Insbesondere müssen einzelne Knoten wissen, wie sie zu reagieren haben, wenn die Verbindung zu anderen Knoten abgebrochen ist. Bei sicherheitsrelevanten Systemen müssen Redundanzen und Verfahren für deren Verwaltung vorgesehen werden.

Werkzeuge für Anwendungsentwicklung

Bislang muß jede Installation eines Haussystems individuell konfiguriert werden. Dabei muß nach Installation des Netzes und der Knoten die Programme auf jeden einzelnen Knoten geladen werden. Eine solche Vorgehensweise ist für die angestrebte Plazierung von Haussystemen in einem Massenmarkt ungeeignet. Statt dessen muß es möglich sein, daß auch komplexe Anwendungen unabhängig von einer konkreten Installation entwickelt werden können müssen. Solche Anwendungen müssen sich, wie bei PC-Software bekannt, später in einem konkreten System selbst installieren können und sich der vorhanden Konfiguration anpassen können. Zur Erstellung solcher Anwendungen sind Synthesesysteme notwendig, die zur Zeit noch nicht existieren.

Ebenfalls ist Bedarf an Werkzeugen zur Konzeption von optimalen Netzarchitekturen für konkrete Wohnungen und Ausstattungen.

Soft-Computing für das „Intelligente Haus“

In Abschnitt 3.3 wurde bereits erwähnt, daß für ein wirklich intelligentes Haus wissensbasierte und automatisch lernende Systeme benötigt werden. Zu solchen Systemen findet zur Zeit noch viel Forschung statt. Insbesondere sind automatisch lernende Systeme noch nicht so weit entwickelt, daß mit ihnen Aufgaben wie sie für das „Intelligente Haus“ anfallen würden, gelöst werden könnten. In diesem Bereich ist daher noch großer Bedarf an Forschungsaktivitäten.

Benutzer- und Systemmodelle

Wenn ein Haussystem seine Benutzer nicht vor neue Barrieren stellen soll, so muß seine Bedienung so gestaltet werden, wie es den natürlichen Bedürfnissen der Bewohner entspricht. Ein Problem stellt dabei die Tatsache dar, daß ein Benutzer über ein beliebiges Bediensystem Zugriff auf alle an den Bus angeschlossenen Geräte hat. Da es nicht möglich sein wird, alle somit verfügbaren Funktionen gleichzeitig auf dem Bediensystem darzustellen, muß eine Hierachisierung der Funktionen stattfinden. So wäre es zum Beispiel denkbar, daß der Benutzer zwischen einzelnen Räumen und Geräten umschalten kann, um ein Gerät auszuwählen, wobei er erst nach der Auswahl eines bestimmten Gerätes dessen Funktionen bedienen kann. Für solche Auswahlmechanismen ist von einer technischen Sichtweise abzusehen. Statt dessen müssen natürliche Vorgehensweisen berücksichtigt werden. Hier sollten menschliche Kommunikationsstrukturen analysiert werden, die dann in Bediensystemen umgesetzt werden.

Es ist zusätzlich wünschenswert, daß die Benutzer nicht nur einzelne Geräte, sondern auch Gerätegruppen kontrollieren können. Hier ist eine sinnvolle logische Strukturierung der Knoten eines Systems vorzunehmen. So müssen zum Beispiel alle Geräte eines Raumes oder die gesamte Beleuchtung der Wohnung angesprochen werden können.

Es konnte dargelegt werden, daß, um die Vision des „Intelligente Haus“ zu verwirklichen, eine Reihe von interessanten Problemen zu lösen sind. Die hier vorgestellten Probleme sind alle informationstechnischer Natur, so daß für ihre Lösung die Informatik gefragt ist. Insgesamt ist aber ein interdisziplinäres Arbeiten dringend erforderlich.

6 Literatur

[Boyd90] J. Boyd, *The TRON Intelligent Home*, in: J.T., 26.2.1990.

[Ciac80] Steve Ciarcia, *Computerize a Home*, BYTE Publication Inc. p. 28-54, Jan. 1980.

[CrDo93] Daniel L. Cross and Christos Douligeris, *A Fiber Optic Home Automation System*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, p. 636-45,Vol. 39, No. 3, Aug. 1993.

[EHSA92] Home Systems Consortium/European Home Systems Association, *Home Systems Specification Release 1.1*, European Home Systems Association, Eindhoven 1992.

[HaMN85] Ryuji Hamabe, Masashi Murata and Toshihiko Namekawa, *A Revised Proposal for Standardization of Home Bus System for Home Automation*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, p. 1-7,Vol. CE-32, No. 1, Feb. 1986.

[Heim93] Thomas Heimer, *Zur Ökonomik der Entstehung von Technologien: eine theoretische und empirische Erörterung am Beispiel des Intelligent Home*, Metropolis-Verlag, Marburg 1993.

[Hofm91] J. Hofmann, *The Consumer Electronic Bus*, Int. J. Digital Analogue Commun. 2/91, p. 77-86, Apr.-Jun. 1991.

[SaNa88] Tetsushi Sakaguchi and Hiromasa Nakatsu, *HBS Communication Function and Routing Management in Various Networks*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, p. 705-13,Vol. 34, No. 3, Aug. 1988.

[Schl94] Martin Schleuder, *Expertensysteme und neuronale Netze im intelligenten Wohnhaus der Zukunft*, Metropolis-Verlag, Marburg 1994.

[Stau91] H. Brooke Stauffer, *Smart Enabling System for Home Automation*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, p. xxix-xv,Vol. 37, No. 2, May. 1991.

[Hert95] Jürgen W. Hertel, *Internationale LonWorks-Anwendungen*, LNO Brief Nr. 5, S. 9-12 Okt. 1995.