

## **Gebäudeautomation - In medias res: Bus-System, Bedienkonzept und Komponenten**

Im Vordergrund steht die Auswahl des geeigneten Systems, wobei für Wohngebäude vorrangig EIB und LON bei nahezu gleicher Eignung miteinander konkurrieren. EIB ist, wie die vollständige Bezeichnung "European Installation Bus" nahelegt, hauptsächlich im westlichen Europa verbreitet, während LON (Local Operation Network) in der amerikanischen Heimat des Entwicklers Echolon dominiert. Mit beiden Systemen, die sich in einem mehr als 10-jährigen Praxiseinsatz bewährt haben, steht einer nahezu durchgreifenden Gebäudeautomation nichts im Wege. Allerdings gibt es sowohl sachliche als auch vertriebs- und kostenmäßige Unterschiede.

Die LON-Komponenten punkten mit einer größeren Leistung ihrer Prozessoren, höheren Datenübertragungsraten, Software-seitig offeneren Kommunikationsobjekten und Gewerkeintegration. Das hört sich alles gut an, entpuppt sich bei näherer Betrachtung jedoch als "Luftnummer". Im Vergleich zu IT-Anwendungen verlangt die Gebäudeautomation aufgrund ihres äußerst geringen Datenaufkommens nur sehr bescheidene Prozessorleistungen und Übertragungsbandbreiten. IT-Netzwerke transportieren hunderte KByte oder gerade bei Bild-/Videodaten sogar mehrere MByte pro Sekunde, während ein Gebäudeautomations-Bus in der Regel wenige Byte pro Minute zwischen den Komponenten austauscht. Selbst Sicherheitsfunktionen sind nicht so zeitkritisch, dass sich eine Verzögerung von wenigen Millisekunden in irgendeiner Weise auswirken würde. Die standardmäßige EIB-Bandbreite von 9600 Bit/s, also etwas mehr als 1 KByte/s, reicht deshalb völlig aus.

Was die Gewerk-übergreifende Integration der Gebäudeautomation angeht, so lässt der Autor in den bisherigen Erörterungen keinen Zweifel an deren Notwendigkeit. Es wäre folglich unverzeihlich, irgendwelche technischen Komponenten des Gebäudes aus der umfassenden Steuerung auszukoppeln. Andererseits dürfte allerdings auch klar geworden sein, dass es dazu unter Einsatz der dezentralen Geräte-"Intelligenz" grundsätzlich keiner Gewerk- oder Geräte-spezifischen Schnittstellen bedarf, weshalb auch Standard-Aktoren des EIB-Systems sehr wohl diese Aufgabe erfüllen können.

Einem Bus-gesteuerten Schaltaktor ist es nämlich ziemlich gleichgültig, ob er einen hoch- oder niedervoltigen Wechsel- oder Gleichstromverbraucher des Elektro-, des Sanitär- oder irgend eines anderen Gewerkes schaltet, also z.B. eine Leuchte, eine Steckdose, eine Jalousie, einen Türöffner, ein Wassermagnetventil, eine Pool-Umwälzpumpe, eine Wärmepumpe oder die Volumenstromschaltstufe einer Lüftungsanlage - eben alles, was elektrisch schaltbar ist. Was soll also die leidige Gewerk-Diskussion?

Für EIB spricht vor allem, dass kompatible Komponenten von vielen namhaften deutschen/europäischen Installationsgeräteherstellern angeboten werden, regionale Elektroinstallationsfirmen mehr oder weniger mit diesem System vertraut sind und die Planung, Installation und Parametrierung relativ unkompliziert ausfällt. Aber auch die robuste, betriebssichere und einfache Verkabelung (TP 2-adrig für Daten und Bus-Stromversorgung, 2 weitere Adern für andere Kleinspannungsanwendungen frei verfügbar) jedweder Topologie und nicht zuletzt der äußerst geringe Energieverbrauch gehören zu den positiven Merkmalen dieses Bus-Systems.

### **Bedienelemente**

Die Bus-Systeme zeigen eine weitestgehende Übereinstimmung in der großen Palette manueller Bedienelemente, die teilweise sogar absolut baugleich von einem Hersteller alternativ mit EIB- oder LON-Busankopplern geliefert werden. Wir haben zwar deutlich gemacht, dass die Gebäudeautomation ja gerade das Ziel verfolgt, Steuerungsprozesse weitgehend automatisch und ohne Intervention der Bewohner abzuwickeln, und deshalb der beste Schalter ein entfallener Schalter ist. Gleichwohl sollte auch klar geworden sein, warum die durchgreifende Automation ein auf lange Sicht unerreichbares Ziel bleiben dürfte.

Deshalb kommt der Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Steuerung nicht automatisierbarer Funktionen und zur gelegentlichen bedarfsgerechten Aushebung von Automaten immer noch eine große Bedeutung zu. Die verschiedenen Bedienkonzepte sind grundsätzlich mit allen Systemen realisierbar und deshalb mehr eine Frage des persönlichen Geschmacks der Bewohner, der jedoch von einigen Bustyp-unabhängigen sachlichen Erwägungen moduliert werden sollte.

Weitgehend tabu ist der konventionelle mechanische Schalter mit Ausnahme eines Leuchten- bzw. Geräte-integrierten Schalters an einer ohnehin zentral deaktivierbaren Leitung. Der Schalter bietet aufgrund seiner festen Verdrahtung mit dem Verbraucher keinerlei Nutzungsvarianz (z.B. Schaltkombinationen oder Änderung der lokalen Verfügbarkeit) und entzieht sich einer nahezu immer sinnvollen Abschaltautomatik.

Eine solche stellt bei manuellen Funktionen mit einem definierten Reset den regulären, sicheren und energiearmen Zustand, in der Regel also den Ausschaltzustand wieder her. Dies geschieht Aktorspezifisch nach Ablauf einer parametrisierten Zeitspanne und/oder durch Zentralfunktionen wie Abwesenheit bzw. Inaktivität (Nachtschaltung). Selbst eine zentrale Abschaltung der Stromversorgung kann kein Ersatz dafür sein, weil der irreguläre Zustand (eingeschaltet) unaufgefordert bei Eintreten von Anwesenheit oder Aktivität wieder eingenommen würde. Folgende Beispiele mögen diese "Knackpunkte" mechanischer Schalter verdeutlichen:

Aufgrund stärkerer Geruchs- oder Rauchentwicklung beim Kochen oder bei einer Party aktiviert ein Bewohner die Intensivstufe der Lüftungsanlage. Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit wird er die Aufhebung dieser Ausnahmefunktion vergessen oder zumindest viel zu spät vornehmen. Deshalb sollte der entsprechende Aktor dies nach einer vordefinierten Zeit (z.B. 10 Minuten) automatisch erledigen, was mit einem Schalter nicht zu machen wäre.

Eine nur temporär zugeschaltete Funktionsbeleuchtung soll, falls der Bewohner deren Abschaltung vergisst, ebenfalls nach einer voreingestellten Zeit oder auch bei Verlassen des Gebäudes automatisch deaktiviert, bei Rückkehr allerdings nicht wieder selbstständig aktiviert werden. Das Fehlen eines automatischen Resets durch Verwendung mechanischer Schalter lässt sich auch immer wieder eindrucksvoll bei ansonsten hochtechnisierten Autos beobachten, wenn diese nach einem Nebeltag auch bei besten Wetterbedingungen massenhaft mit Nebelbeleuchtung unterwegs sind, weil ihre mechanische Abschaltung regelmäßig unterbleibt und die Hersteller offensichtlich nicht willens oder in der Lage sind, diese einfach durch eine elektronische (resetfähige) Schaltung zu ersetzen.

Konventionelle Taster mit Busankoppler oder Anschluss an Binäreingänge des Bus-Systems sind durchaus möglich, aber abgesehen von Ausnahmefunktionen dennoch fragwürdig. Da eine sinnvolle Steuerung zumindest die regulären Schaltvorgänge völlig automatisiert und Spezialfunktionen nicht an jeder Tür eines Raumes zur Verfügung stehen müssen, können die Bedienelemente stärker zusammengefasst und kompakter ausgelegt werden.

Bei Betreten eines Raumes in Dunkelheit wäre es kaum zumutbar, diesen zu durchqueren, um am anderen Ende einen winzigen Lichtschalter zu ertasten. Die Gebäudeautomation sorgt jedoch dafür, dass kein Raum bei Dunkelheit ohne aktive Grund- oder präsenzgesteuerte Beleuchtung ist. Deshalb spricht einiges dafür, den üblichen "Schalterverhaue" durch maximal ein Bedienpanel pro Raum für die verbleibenden manuellen Funktionen zu ersetzen. Dabei sollten die wesentlichen Funktionen direkt per Taste und nicht erst umständlich über ein Menü auszulösen sein. Im Octagonhaus wurden bis zu 18 Einzelfunktionstasten zuzüglich Menüsteuerung auf jeweils einem kompakten Aluminium-Panel integriert, dessen Tasten mit gerätespezifischen farbigen Symbolen gekennzeichnet sind. LEDs signalisieren auf Basis von Rückmeldeobjekten den Schaltzustand der nicht direkt sichtbaren Funktionen.

Sofern ein Bedienpanel sich nicht in unmittelbarer Reichweite des Bettes im Schlafraum oder eines Sitzplatzes am Wohn-, Ess- oder Schreibtisch befindet und manuelle Funktionen häufig benötigt werden, bieten sich mobile und frei positionierbare Infrarot-Fernbedienungen an. Die Schnittstelle zum Bus bilden solitäre oder in Präsenzmelder bzw. Bedienpanels eingebaute IR-Empfänger. Ärgerlich ist dabei nur, dass einige Hersteller durch bewusst oder versehentlich herbeigeführte Inkompatibilität mit den RC5-Code-Standards der Unterhaltungselektronik eine Integration der Haussteuerung in marktgängige programmierbare IR-Fernbedienungen verhindern.

Obgleich eine rein rechnergestützte Steuerung, z.B. via Touchscreens, inzwischen als ausgesprochen "cool" gilt, kann man von einem derartigen Bedienkonzept zur Zeit nur abraten. Im Octagonhaus steht die PC-Steuerung parallel zur Bedienung über Panels zur Verfügung, wird aber außer zur Programmierung nur höchst selten genutzt. Eine bedarfsgerechte PC-Steuerung erfordert sehr viele Rechner bzw. Touchscreens im gesamten Haus, die zumindest in Anwesenheit und Aktivität ständig betriebsbereit sein müssen. Der dadurch erzeugte Stromverbrauch für ein Terminal übersteigt selbst bei sparsamen Prozessoren bereits den des gesamten Bus-Systems.

Allein dieses Faktum wäre unter energietechnischer bzw. ökologischer Betrachtung als Ausschlusskriterium zu werten. Entscheidend ist jedoch ein Aspekt des Bedienungskomforts, der

eindeutig für dedizierte Bedienelemente spricht. Diese stehen auf einem Panel jederzeit und immer am gleichen Ort für jeweils eine definierte Funktion bereit. Auf dem Rechner geht dem virtuellen Tastendruck unter Umständen ein Task-Wechsel, ein Hangeln durch mehr oder weniger übersichtliche Menüs und komplexe Programmoberflächen voraus. Bislang war jedenfalls keine noch so gut visualisierte Oberfläche in der Lage, den Bedienkomfort der Panels zu erreichen oder gar zu toppen.

Die Sprachsteuerung gilt unter Experten als absolut "trendy". Dennoch lässt sie - abgesehen von einem gezielten Einsatz bei Behinderungen - wirklich praxisrelevante Vorzüge vermissen. Außerdem fehlt der Spracherkennung ein echter Durchbruch, so dass sie insbesondere bei wechselnden Sprechern ohne explizites Training immer noch "holprig" erscheint. Nicht zuletzt dürfte die Unterhaltung mit der Haussteuerung bei Mitbewohnern und Gästen auf wenig Gegenliebe stoßen, wenn der amüsante Ersteindruck dem Praxiseinsatz gewiechen ist.

Unabhängig vom eingesetzten Bus-System sind Gateways zu Handies, PDAs und Internet verfügbar. Für die Steuerung im Haus stellen diese keine ernsthafte Bedienungsalternative dar, was sich immer wieder in "an den Haaren herbeigezogenen" Anwendungsbeispielen zeigt. Es macht einfach keinen Sinn, zum Einschalten einer Lichtquelle durch das kryptische Menü eines Handies oder eines via Bluetooth oder WLAN angebotenen PDAs zu "turnen". Wie schwierig sich eine geräteübergreifende Steuerung mit wenigen Bedienelementen und kleinen Bildschirmen gestaltet, sieht man bei entsprechenden Lösungsansätzen im Automobilbereich (z.B. AUDI MMI oder BMW iDrive). Es gibt zur Zeit keinen Grund, dies auf die komplexeren aber gleichzeitig räumlich weniger begrenzten Bedingungen in Gebäuden zu übertragen.

Handy- und/oder Internetanbindungen ermöglichen natürlich eine Außenkommunikation mit der Gebäudeautomation in Form telemetrischer Fernabfragen von Zuständen und Messwerten sowie telematischer Steuerungseingriffe von nahezu jedem Ort der Welt aus. Das klingt verlockend, muss aber angesichts der damit einhergehenden Sicherheitsrisiken auf seine Anwendungsrelevanz hinterfragt werden.

Aus den vorangegangenen Erörterungen sollte bereits deutlich geworden sein, dass es im Rahmen einer effizienten Gebäudeautomation mit Ausnahme von Störmeldungen grundsätzlich keiner Information der Bewohner über Zustände und Messwerte bedarf. Das gilt sowohl für Gebäude-interne als auch erst recht für externe Mensch-Maschine-Schnittstellen. Auch ein Fernsteuerungsbedarf in Abwesenheit ist nicht wirklich erkennbar, da die Automatikprozesse ohne den "Störfaktor Mensch" auf Basis ihrer Sensorik nach festen Regeln arbeiten können. Die Bewohner des Octagon-Passivhauses haben den bewussten Verzicht auf einen (freilich nachrüstbaren) Internet-Controller in der Praxis jedenfalls nie als Defizit wahrgenommen, weil selbst nach ganzjähriger Gebäudenutzung keine Situation eingetreten ist, die eine Fernabfrage von Gebäudedaten oder einen fernsteuernden Eingriff via Internet erfordert oder auch nur nahegelegt hätte.

Als unverzichtbar muss man hingegen die telemetrische Meldung von technischen Störungen, Einbruch- oder Feueralarmen auf das Handy mindestens eines Bewohners und/oder an einen Sicherheitsdienst werten. Der von der Gebäudeautomation Angerufene kann dann auf Basis der Meldungspriorität und seiner Standortentfernung zum Objekt entscheiden, welche weiteren Maßnahmen einzuleiten und ggf. welche Personen bzw. Institutionen (Nachbarn, Polizei, Feuerwehr etc.) zu verständigen sind.

Die Tatsache, dass nahezu alle Störungs- oder Alarmfälle der physischen Intervention eines Menschen bedürfen, spricht auch hier gegen einen umfassenden telematischen Steuerungseingriff. Umgekehrt sind alle denkbaren Fernsteuerungsmaßnahmen auch voraussehbar und deshalb in die Programmierung der Gebäudeautomation einzubeziehen, so dass sie eben ohne explizite Befehle von außen ablaufen. Das gilt nicht nur für typische optische und akustische Reaktionen einer Bus-integrierten bzw. -gekoppelten Alarmanlage, sondern auch für komplexe Steuerungsprozesse der übrigen Hauselektrik wie Licht, Jalousien etc. in Abhängigkeit vom Alarmzustand.

Die Frage des Bedienkonzeptes lässt sich zusammenfassend mit folgenden Statements beantworten:

1. Mit jedem Bus-System ist grundsätzlich jedes Bedienkonzept realisierbar.
2. Nicht alles Machbare erweist sich auch als sinnvoll.
3. Nachrüstungen sind an jeder Stelle mit einem Bus-Zugang möglich.
4. Jede vollautomatisierbare Funktion erlaubt und fordert den Verzicht auf jedwedes Bedienelement.
5. Ein Bedienpanel und ein IR-Empfänger pro Raum (sofern manuelle Funktionen dort erforderlich) bilden die Basis eines Rechner-unabhängigen, komfortablen und energieeffizienten Bedienkonzeptes und sollte deshalb schon in die Entwurfsplanung des Gebäudes einbezogen werden. Zur kabelgebundenen (betriebssicherer als Funk und EMV-frei) Ansteuerung der Panels sind nur relativ kurze Kleinspannungs-

führende Bus-Kabel erforderlich. Insbesondere EIB erlaubt wegen der niedrigen Übertragungsraten maximale Freiheitsgrade der Bus-Topologie. Die Vernetzung kann in Bus-, Stern-, Ring-, Baum- oder einer Kombination dieser Strukturen erfolgen, womit einer Optimierung der Leitungswege nichts im Wege steht.

## Sensorik

Auch im Bezug auf die verfügbare Sensorik zeigt keines der Bus-Systeme entscheidende Schwächen. Präsenzmelder sind natürlich bei allen Systemen verfügbar und sollten sowohl in jedem Raum als auch an jeder Gebäudeseite (für den Außenbereich) an geeigneter Position eingeplant werden. Ihre Nachrichten lassen sich multifunktional in Lichtsteuerung, Sicherheits-/Überwachungsaufgaben etc. verwenden. Sie kommen ohne eigenen Dämmerungssensor aus (ggf. per Software deaktivieren), wenn für diesen Parameter ein zentraler und direkt als Sperrfunktion auf die betroffenen Aktoren wirkender Helligkeitssensor vorhanden ist.

Als ebenfalls obligater Bestandteil eines Bus-Systems kommt mindestens ein 8- bis 16-fach-Binäreingang zum Einsatz. Er verarbeitet 1-Bit-Nachrichten (ein/aus) von binären Sensoren, konventionellen Tastern und Magnet- bzw. Riegelkontakten. Letztere sollten unbedingt an allen Fenstern und Türen inklusive ihrer Verkabelung zum Binäreingang (extrem dünne Kleinspannungsleitung, typischerweise 10V/10mA) vorgesehen werden. Neben dem Komfort, den Öffnungszustand aller Außenhautdurchbrechungen an jedem Bedienpanel- oder solitären LCD-/LED-Display im Gebäude ablesen zu können, verhindert diese Sensorik die Einschaltung des Abwesenheits- und Alarmüberwachungs-Zustandes (Scharfschaltung) bei geöffneten Fenstern und ermöglicht weitere Automatikfunktionen. Dazu gehört z.B. das automatische Einfahren des betreffenden Jalousiebehanges beim Öffnen einer Terrassen- oder Loggiatür mit Blockade jedweder automatischer Jalousienschließung an der geöffneten Tür. Ansonsten könnte man z.B. bei Aufenthalt im Garten durch eine Sonnen-abhängige Schließung ausgesperrt werden.

Neben Binär- gibt es auch Analogeingangsbauusteine, deren Analog-Digital-Wandler die von Helligkeits-, Temperatur-, Wind- und weiteren Sensoren gelieferten Messwerte (meist widerstandsabhängige Spannung 0-10V) in 1 (nur für Schwelle), 8 oder 16 Bit Auflösung anderen Bus-Teilnehmern zur Verfügung stellen. An dieser Stelle sei bereits angemerkt, dass 8 Bit für den "Hausgebrauch" in der Regel völlig ausreichen, da eine Unterscheidung der 256 möglichen Werte bei richtiger Parametrierung der Grenzwerte oft schon die Genauigkeit des Sensors übertrifft (z.B. 0,3°C für eine Außentemperatur zwischen -20°C und +45°C).

Zur Grundausstattung gehört mindestens ein 4-fach-Analogeingangsbaustein, an den ein Helligkeits-, ein Außen- und ein Innentemperatur- sowie ein Windsensor angeschlossen werden und verdrahtungsmäßig zu berücksichtigen sind. Ersterer liefert den entscheidenden Messwert zur automatischen Licht- und Jalousiensteuerung (zzgl. Windsensor- und Riegelkontakt-gesteuerter Sicherheitsfunktionen).

Es bedarf übrigens keiner getrennten Dämmerungs- und Helligkeitssensoren und schon gar nicht mehrerer Sensoren für verschiedene Himmelsrichtungen. Die Ansteuerung der Grundbeleuchtung sowie der nächtlichen Sichtschutzschließung der Jalousien basiert auf einem Dämmerungsschwellenwert des externen Lichtsensors. Die Rücksetzung am Morgen wird ggf. blockiert von der Inaktivität (Nachtschaltung), damit sich die Jalousien nicht vor dem Eintreten des Hausweckdienstes (s.u.) öffnen.

Im Winterbetrieb, also wenn insbesondere ein Passivhaus des solaren Wärmeeintrags bedarf, öffnen die Jalousien vollständig, während im Sommerbetrieb eine bedarfsgerechte Beschattung bei mehr (Südseite) oder weniger (Ost- und Westseite) geöffneter Lamellenstellung angesteuert werden kann. Dazu wird ein Zeitoffset als Parameter herangezogen, da die verschiedenen Gebäudeseiten im 6- bzw. beim Octagonhaus mit seinen 45°-Winkeln im 3-Stunden-Rhythmus beschienen bzw. beschattet werden. Eine insbesondere bei wechselnder Bewölkung "nervöse" direkte Sonnensteuerung via Helligkeitssensoren für alle Himmelsrichtungen ist nicht nur überflüssig, sondern auch unangenehm. Selbstverständlich bleibt die Möglichkeit einer manuellen Übersteuerung der Automatik in jedem Fall erhalten.

Für den Temperatursensor außen sollte frühzeitig ein geeigneter Platz in etwa 2 m Höhe auf der beschatteten Nordseite des Gebäudes eingeplant werden, der nach Möglichkeit auch keine nordöstliche oder nordwestliche Einstrahlung der morgentlichen oder abendlichen Sommersonne zulässt. Die gemessenen Temperaturen lassen sich grundsätzlich an jedem Bus-Terminal mit LCD-Display im Gebäude ablesen und für diverse Automaten verwenden. Das gilt auch für die Innentemperatur, deren Sensor an einem typischen Platz im Wohnbereich vorzusehen wäre. In einem isothermen Passivhaus

reicht ein Sensor völlig aus, in konventionellen Gebäuden mag der Einsatz mehrerer Sensoren gerechtfertigt sein.

Ganz am Rande sei darauf hingewiesen, dass viele Gerätehersteller ihre ohnehin nicht gerade zu Dumpingpreisen angebotenen Bus-Komponenten gewinnoptimierend in äußerst dubiosen Varianten anbieten. In sofern darf man sich nicht darüber wundern, dass ein 4-fach-Analogbaustein plötzlich doppelt so teuer wird, wenn er zur praktisch baugleichen Wetterstation mutiert. Ersterer erfüllt jedoch bereits alle denkbaren Anforderungen an die Verarbeitung analoger Messwerte, gleichgültig ob es sich nun um Wetterdaten wie Temperatur, Wind etc. oder irgendwelche anderen diskreten physikalischen Größen handelt. Wenn man den etwas größeren Parametrierungs- und Kalibrierungsaufwand nicht scheut und/oder ihn aufgrund eigens beschaffter Sensoren ohnehin nicht umgehen kann, spricht also nichts für die exorbitant teure Wetterstation.

Es ist ohnehin anzuraten, die Sensoren der Bus-Gerätehersteller zu ignorieren. Sie sind um Zehnerpotenzen teurer als die entsprechenden elektronischen Bauteile, stecken meist in globigen Gehäusen und benötigen als aktive Komponenten eine Spannungsversorgung und somit mindestens eine 3-adrige Verkabelung. Passive Bauteile wie Temperatur- und Fotowiderstände kosten nur wenige Euro, sind extrem kompakt und via Zweidrahtleitung mit geringfügiger externer Beschaltung auch an den für aktive Sensoren vorgesehenen Eingängen (z.B. 0-10V) anzuschließen.

Als geradezu unverzichtbare "Sensor"-Komponente erweist sich eine Schalt-/Echtzeituhr, die im Interesse einer hohen Ganggenauigkeit ohne manuelle Einstellung bzw. Korrektur unbedingt mit einem DCF77-Funkempfänger zur täglichen Synchronisation mit der Braunschweiger Atomuhr ausgestattet sein sollte. Die Uhr-Komponente bietet normalerweise 4 Kanäle, deren Ausgänge keine Relais schalten, sondern Nachrichten an Gruppenadressen senden. Ein Kanal übernimmt regelmäßig den "Hausweckdienst", also die Aufhebung der Nachtschaltung (Aktivierung). Dabei können Jalousien geöffnet, Licht eingeschaltet bzw. ange dimmt, Musik und ggf. ein Monitor (Außenkameras und/oder TV) aktiviert werden etc..

Bei regelmäßigen Lebensbedingungen der Bewohner, gestaltet sich die Programmierung der Uhr relativ trivial, selbst wenn unterschiedliche Zeiten für Arbeitstage und Wochenende bzw. Feiertage vorzugeben sind. Allerdings sollte die Schaltuhr auch mit beweglichen Feiertagen umgehen können. In Abwesenheit (Urlaub etc.) wird der Weckdienst automatisch gesperrt. Im Übrigen kann eine solche Schaltuhr regelmäßig (z.B. einmal pro Minute) das aktuelle Datum und die Uhrzeit auf den Bus senden. Damit verfügen alle anderen zeitabhängigen Komponenten immer über valide Datum/Zeit-Informationen, die auch auf LCD-Displays anzuzeigen sind.

## **Aktoren**

Wie die Bedienelemente und Sensorik sind auch Aktoren und Systemkomponenten grundsätzlich bei allen Bustypen verfügbar, insbesondere wenn man - wie oben dargelegt - weitgehend auf Gerätespezifische Bus-Schnittstellen verzichtet. Selbst hinsichtlich der Gesamtkosten zeigen sich nur marginale Unterschiede. Die meist niedrigeren Aktor-Kosten des LON-Systems werden leider weitgehend oder teilweise sogar vollständig von den höheren Planungs- und Programmierkosten aufgewogen.

In diesem Zusammenhang wäre anzumerken, dass die breite Markteinführung der Bus-Systeme selbst nach mehr als einem Jahrzehnt nicht allein an der mangelnden Information von Bauherren, Planern und Installationsfirmen, sondern auch an den immer noch exorbitanten Preisen scheitert. Als Begründung werden kleine Stückzahlen (hier "beißt sich die Katze in den Schwanz"), hohe Lizenz- bzw. Zertifizierungskosten, hohe Qualitätsanforderungen, das wenig zeitgemäße dreistufige Vertriebskonzept (vom Hersteller über Großhandel und Handwerk zum Endkunden) und weitere Faktoren gesehen. Solche Argumente könnten allerdings auch bei anderen technischen Produkten auftauchen. Dennoch liegt z.B. der Preis eines vergleichsweise simplen 4-fach-Aktors über dem eines einfachen PC, einer hochwertigen Digitalkamera oder eines DVD-Recorders. Der Elektroinstallationsmarkt "tickt" offensichtlich anders als der für IT oder Unterhaltungselektronik.

Kostentreibend wirkt auch die unnötig große Produktvarianz. Anstelle eigenständiger 1-, 2-, 4-, 8-, 12- oder 16-fach Aktoren nebst unterschiedlicher Applikationen wäre z.B. ein Basisgerät mit aufsteckbaren Relais und einer auf die Anzahl der Ausgänge parametrierbarer Applikation produktions- und vertriebskostensenkend denkbar. Ohnehin macht es sowohl kostenmäßig als auch bezüglich des Energieverbrauches und Programmieraufwandes wenig Sinn, jedes Aktorrelais mit einem eigenen Busankoppler zu versehen, es sei denn dieses wird dezentral in oder an einem spezifischen Gerät installiert. Das wiederum sollte sich schon deshalb auf Ausnahmefälle beschränken, weil dabei die

zentrale Netzfreeschaltung der 230V-Leitung entfällt und sich eine unübersichtliche Verteilung der Bus-Komponenten ergibt.

Besser ist die semi-zentrale Installation von ausschließlich 12- oder 16-fach-Aktoren, auch oder gerade wenn dabei einige Reserveausgänge verbleiben. Da der Busankoppler bei jeder Komponente mit den gleichen Kosten zu Buche schlägt, kommt ein 12-fach-Aktor auf etwa 40-45, ein 4-fach-Aktor auf mehr als 60 und eine 1-fach-Aktor auf 150 € pro Relaisausgang. Gleichzeitig sinkt bei 12-/16-fach-Aktoren der Stromverbrauch erheblich, da die Relais normalerweise bistabil ausgelegt sind, in Ruhe (ein- oder ausgeschaltet) also keinen und beim Schalten nur für Millisekunden Strom aufnehmen. Monostabile Relais sollten allenfalls bei nur kurzfristig schließenden Aktoren verwendet werden (z.B. für Türöffner, Jalousie etc.). Bei den Mehrfachaktoren ist unbedingt darauf zu achten, dass die Belastbarkeit ihrer Relais dem angeschlossenen Verbraucher mit der größten Stromaufnahme und der Absicherung durch den/die Leitungsschutzschalter (Sicherung) gerecht wird. Mit 16 A je Ausgang befindet man sich meist auf der sicheren Seite.

Eine semi-zentrale Installation der Aktoren nutzt die Vorteile des Bus-Systems im Hinblick auf eine Minimierung der Lastverdrahtung, ohne in eine völlige Verteilung der Bus-Komponenten abzugleiten. Dafür sind neben der Hauptverteilung mehrere Unterverteilungen an den jeweiligen Lastschwerpunkten vorzusehen, die im Hinblick auf Breite und Einbautiefe der REG-Bus-Komponenten sowie die Verdrahtungsdichte nicht zu eng dimensioniert werden dürfen. Als Verbindung zwischen Haupt- und Unterverteilungen genügt ein durchgeschleiftes Bus-Kabel und eine der Gesamtleistungsaufnahme entsprechende 3- bzw. 5-adrige Stromleitung.

Im Octagonhaus gibt es neben der Zählerschrank-integrierten Hauptverteilung, die ebenfalls Bus-Komponenten enthält, drei Unterverteilungen für Hauptwohnung, Einliegerwohnung und Außenbereich, welche die jeweiligen Bus-Komponenten, Leitungsschutzschalter, FIs und Überspannungsmittelschutz (Grobschutz in HV, Feinschutz in relevanten Steckdosen) beherbergen. Zusätzlich befindet sich eine Bus-Verteilung über der Deckenabhangung im Obergeschoss, die alle dort integrierten Leuchten über einen Stromkreis versorgt, dessen Leitungsschutzschalter sich in der Erdgeschoss-Verteilung befindet. Auf diese Weise wurden 16 Lampenleitungen durch eine einzige Steigleitung und das Bus-Kabel ersetzt.

Im nächsten Schritt der Planung wären sämtliche Verbrauchsstellen und Geräte inklusive der Verkabelung (Leerrohre) zu den jeweiligen Verteilungen festzulegen. Dazu gehören die gesamte Beleuchtung (s. entsprechendes Thema), die Steckdosen, die Jalousien, aber auch z.B. Türöffner und potenzialfreie Steuerungseingänge der haustechnischen Geräte. Die unterschiedlichen Anforderungen an die Verkabelung von Kleinspannungen bis zu 230V-Leitungen diverser Stromlasten (im Zweifel 16 A) sind zu berücksichtigen. Sinnvollerweise verwendet man überwiegend 5-adrige Kabel, die nur wenig mehr als 3-adrige Kabel kosten und den gleichen Installationsaufwand erfordern, jedoch drei Schaltleitungen in die Peripherie führen. Selbst wenn diese nicht unmittelbar benötigt werden, steht damit eine ausreichende Reservekapazität zur Verfügung. In vielen Fällen sollten diese von einem Bus-Kabel begleitet werden, um bei Bedarf auch dezentrale Aktoren nachrüsten zu können.

Wenn Steckdosen grundsätzlich mit einem 5-adrigen Kabel versorgt werden, kann neben Rück- und Schutzleiter eine der drei verbleibenden Adern Dauerstrom führen, eine andere der generellen Anwesenheits- und Aktivitätsschaltung eines Aktors unterliegen und die Letzte von einem Aktor für explite Aufgaben abgehen. Damit erhält man eine maximale Flexibilität bei der langfristigen Nutzung der einzelnen Steckdosen, die ja grundsätzlich sehr unterschiedliche Geräte versorgen können. Bis auf klar definierte Dauerstromdosen, z.B. für ein Kühl-/Gefriergerät, empfiehlt sich eine initiale Verdrahtung jeder Steckdose mit der generell geschalteten Ader. Sollte sich später herausstellen, dass ein weiteres Gerät Dauerstrom benötigt, kann die entsprechende Steckdose lokal einfach auf die ungeschaltete Ader umgeklemmt werden. Entsprechend lässt sich für spezielle Anwendungen eine Steckdose aus der übergreifenden Schaltung auskoppeln und durch Umklemmen auf die dritte Ader explizit über einen eigenen Aktor schalten.

Gleichwohl wäre eine sorgfältige Planung der Steckdosen anzuraten. Es ist geradezu fahrlässig, einfach einen der ziemlich unsinnigen 2- oder 3-Sterne-Ausstattungsstandards auszuwählen und die Platzierung der Auslässe dem Elektroinstallateur zu überlassen. Es gibt dann selten zu wenige und häufig zu viele Steckdosen, die sich jedoch mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit immer am falschen Ort befinden und zu abenteuerlichen Verlängerungs- und Verteilerketten im Raum führen. Nur in Kenntnis der aktuell sowie zukünftig möglichen Nutzungsbedingungen und Möblierungen eines Raumes erzielt man eine adäquate Versorgung mit Steckdosen ohne überzogene Bestückung aller Wände. Insbesondere bei vorzugsweiser Integration von Beleuchtung und Geräten in Böden, Wände, Decken und Schränke, wie

dies im Octagonhaus vorzufinden ist, senkt drastisch den Bedarf an frei verfügbaren Steckdosen für Stehlampen, mobile Haushaltsgeräte etc..

Es sei noch angemerkt, dass im Octagonhaus bis auf die Steckdosen über Küchenarbeitsplatten und Waschtischen ganz auf eine Bodeninstallation gesetzt wurde, die abgesehen von ästhetischen Aspekten die größten Freiheitsgrade durch großluminierte Kabelkanäle und Bodentanks bot. Kosten und Schwierigkeitsgrad einer solchen Installation sind jedoch kaum mit diesen Vorzügen aufzuwiegen. Selbst marktführende Hersteller sind nicht einmal in der Lage, Kanalübergänge abseits von 90°-Winkeln, ausreichend verstellbare Komponenten für diverse Bodenaufbauhöhen oder komfortabel nutzbare Bodentanks für nassgepflegte Böden zu liefern. Daraus resultiert die Empfehlung, eine Bodeninstallation nur gezielt in den Bereichen einer herkömmlichen Wandinstallation vorzuziehen oder diese zu ergänzen, die eine solche zwingend erfordern. Das trifft allenfalls auf den Einbau von Bodenleuchten oder auf frei im Raum platzierte Steckdosen zu.

Zur Minimierung der Aktoresourcen und damit auch der Kosten sind die peripher anzusteuernenden Komponenten auf ihre Gruppierbarkeit zu prüfen. Da einzelne Lichtquellen meist weder bei der Grund- noch bei der Bedarfsbeleuchtung eine brauchbare Ausleuchtung und Lichtstimmung erzielen, lassen sich gerade hier mehrere Elemente sehr gut zusammenfassen und mit einer Sammelleitung vom Akteur ansteuern.

Bei Jalousien ist dies ohne Trennrelais nicht machbar. In vielen Fällen wird jedoch nicht einmal von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, fensterübergreifende Jalousien einzusetzen oder bei größeren Einzelbehängen an einer Gebäudefassade die Wellen zu koppeln und damit Motoren, Aktoren sowie Verkabelung einzusparen. Das freilich sollte unterbleiben, wenn es sich um einen Einzelbehang vor einer Terrassen- oder Loggiatür handelt, der den Ausgang auch ohne Öffnung der gesamten Fassade freigeben können muss. Eine Minimierung der Kabel ist im Übrigen beim Durchbruch der Gebäudehülle eines Passivhauses energietechnisch von Bedeutung, sofern die Jalousien-Aktoren sich nicht außerhalb der thermischen Hülle befinden.

Die Ressourcenoptimierung auf die Spitze zu treiben, hieße allerdings, vorausschauende Reflektionen außer acht zu lassen. Es ist jedenfalls kaum anzunehmen, dass sich die Anforderungen an eine Elektroinstallation wie im vergangenen Jahrhundert jahrzehntelang konstant verhalten. Deshalb sind nicht nur die oben bereits erwähnten Reservekapazitäten in der Verkabelung vorzusehen. Auch jeder 12- oder 16-fach-Akteur sollte nicht voll ausgereizt werden, sondern einen oder zwei Ausgänge als zunächst unbelegte Reserve behalten dürfen. Jede Verteilung muss zudem in der Lage sein, weitere Bus-Komponenten aufzunehmen.

Unverzichtbar sind auch Redundanzen in Bus-Komponenten und Stromkreisen. Wenn schon keine vollständigen Reservekomponenten zur Verfügung stehen, ist zumindest sicherzustellen, dass eine bestimmte Funktion (Beleuchtung, Verfügbarkeit einer Steckdose etc.) nicht durch Abschalten eines Leitungsschutzschalters oder Defekt eines Aktors etagen- oder gar gebäudeweit ausfällt. Die Zusammenfassung von Komponenten auf einem Akteur bzw. einem Stromkreis wird folglich nicht nur durch die Lasten begrenzt. Insbesondere Beleuchtung und Jalousien vermögen selbst in ihrer Gesamtheit kaum die regulär bei 16 A Absicherung zur Verfügung stehenden 3,5 KW auszuschöpfen. Ganz anders verhält es sich natürlich insbesondere mit den wärmeerzeugenden Küchengroßgeräten, deren hohe Leistungsaufnahme immer getrennte Stromkreise nahelegt.

Neben den dominierenden Schaltaktoren gibt es weitere Akteur-Komponenten. Dazu gehören z.B. Heizkreisstellantriebe oder Dimmaktoren. Letztere kommen insbesondere bei leistungsstarken Halogen-Lampen(gruppen) zum Einsatz, um bedarfsgerecht auch weniger helle bzw. stimmungsvolle Beleuchtungsszenarien zu ermöglichen. Sie verarbeiten zusätzlich zu 1-Bit-Nachrichten (ein/aus) auch Byte-Nachrichten zur direkten oder gleitenden Ansteuerung eines prozentualen Helligkeitswertes. Nachteilig wirken sich die hohen Kosten (meist nur als 1- oder 2-fach-Akteur verfügbar) und insbesondere der Dauerstromverbrauch von einigen Watt bei ausgeschalteter Beleuchtung aus.

## **Systemkomponenten**

EIB-Systeme unterliegen einer physikalischen Adressierung und Strukturierung in Bereiche, Linien und Geräte. In Einfamilienhäusern reicht eine Gliederung in eine oder mehrere Linien eines Bereiches vollkommen aus. Kleinere Gebäude kommen mit einer einzigen Linie aus. Im Octagonhaus gibt es drei eigenständige Linien für die Haupt- und Einliegerwohnung sowie den Außenbereich, obgleich selbst hier für die Vielzahl der Bus-Komponenten eine einzige Linie ausgereicht hätte. Mehrere Linien reduzieren

jedoch die Nachrichtenlast auf dem jeweiligen Bus-Segment und erhöhen die Sicherheit, weil nur bestimmte Nachrichten über physikalische Liniengrenzen hinweg geleitet werden.

Als unabdingliche Systemkomponenten gelten deshalb jeweils eine Bus-Spannungsversorgung pro Linie und ein Koppler pro Nebenlinie (Linien - 1). Die Hauptlinie selbst lässt sich nämlich auch als Funktionslinie verwenden und - über die Koppler zu den Nebenlinien hinaus - mit beliebigen Komponenten bestücken. Um die Grundparametrierung des Systems nicht unnötig zu erschweren, sollten die Linienkoppler erst nach deren weitgehendem Abschluss mit Filtertabellen geladen und von einer Repeater- auf die Koppler-Funktion umgestellt werden.

Die Spannungsversorgungen liefern die typische SELF-Kleinspannung von 24-29 V für alle angeschlossenen Bus-Komponenten einer Linie und sind je nach Anzahl der Geräte mit 160, 320 oder 640 mA Belastbarkeit zu dimensionieren. Auf eine Akku-Pufferung der Netzteile sollte man niemals verzichten, sondern sie ggf. sogar mit einer Notstromversorgung (USV) für längere Stromausfälle ergänzen.

Dennoch müssen alle Aktoren so parametrierung werden, dass sie nach einem Stromausfall bzw. Reset immer den unkritischen und energiesparenden Zustand einnehmen (i.d.R. aus). Für in der Zukunft wahrscheinlich häufiger auftretende und länger andauernde Stromausfälle ist auch eine generelle Notstromversorgung für das Hausnetz in Erwägung zu ziehen bzw. durch adäquate Maßnahmen nachrüstbar zu machen. Als Stromerzeuger fungiert entweder ein Generator oder besser eine Fotovoltaikanlage, und als Speicher Batterien bzw. Wasserstoff, der unter Einsatz von Solarstrom aus Wasser gewonnen wird und diesen bei Bedarf per Brennstoffzelle zurückliefert. Ein Lastabwurf aller nicht benötigten Verbraucher bei Netzausfall lässt sich mit dem Bus-System sehr einfach realisieren.

In den meisten Fällen erweist es sich als sinnvoll, die Systemkomponenten durch ein Funktionsmodul zu ergänzen. Es ist in der Lage, unterschiedliche Nachrichten diverser Bus-Teilnehmer entgegenzunehmen, sie auf mehr oder weniger komplexe Weise logisch zu verarbeiten und neue Nachrichten auf Basis der Ergebnisse zu generieren. Als Funktionen stehen i.d.R. UND-/ODER-Verknüpfungen (auch mit mehr als zwei Eingängen), Vergleichsoperatoren, Schaltuhren, Verzögerungsbausteine, Oszillatoren, Ein-/Ausgangswahlschalter, Flip-Flops, Flankendetektoren etc. zur Verfügung.

Funktionsmodule kommen dort - und im Interesse einer minimierten Zentralisation nur dort - zum Einsatz, wo sich komplexe Steuerungsprozesse nicht allein mit den Mitteln einer "intelligenten" Verknüpfung und Parametrierung dezentraler Komponenten realisieren lassen. Ein Jalousien-Aktor kennt z.B. die Laufzeit des Behanges und die Schrittweite der Wendepulse. Neben einer manuellen Ansteuerung per Tasten oder Bus-Bedienpanel, könnte eine simple Automatik durch direkte Verknüpfung der Helligkeitsschwelle eines Analogeingangs mit einzelnen oder allen Jalousien-Aktoren implementiert werden. Sollen sich die Jalousien jedoch in Abhängigkeit von Helligkeit, Sonnenstand, Zeit, Aktivität und ggf. anderen Ereignissen öffnen/schließen und dabei auch noch bestimmte Lamellenstellungen einnehmen, bedarf es der Steuerung über ein Funktionsmodul.

Als typische Systemkomponenten fehlen noch die Schnittstellen des Bus-Systems zur "Außenwelt". Obligatorisch ist dabei eine USB- bzw. RS232-Schnittstelle zum Anschluss an einen PC, der zwar nicht zum Betrieb des Systems, jedoch zu seiner Programmierung bzw. Parametrierung benötigt wird. Ob die zeitgemäße USB- oder die "historische" RS232-Lösung zum Zuge kommt, entscheidet sich nicht nach den sehr unterschiedlichen Transferraten dieser Schnittstellen, da selbst RS232 die Bandbreite des Bus-Systems zu übertreffen vermag. Für USB spricht die allgemeine Verfügbarkeit auf modernen PCs und Notebooks und die Möglichkeit des gleichzeitigen Zugriffs mehrerer Applikationen. RS232 fehlt hingegen auf den meisten aktuellen Rechnern und ist ggf. nur exklusiv von einem Programm zu öffnen. Allerdings gibt es proprietäre Spezialsoftware zu bestimmten Bus-Komponenten, die aufgrund ihres Alters ausschließlich RS232-Schnittstellen unterstützt. Selbst die ETS-Standardsoftware kennt vor Version 3.0 keine USB-Ports.

Darüber hinaus gibt es weitere optionale Schnittstellen, z.B. Gateways zu anderen Bus-Systemen bei inhomogenen Hausnetzen sowie LAN-, Festnetztelefon-/Handy- oder Internet-Controller zur Umsetzung von telemetrischen und/oder telematischen Fernanbindungen des Bus-Systems. Ob und ggf. in welchem Ausmaß solche Schnittstellen implementiert werden müssen, ist im Einzelfall anhand der individuellen Anforderung zu klären. Grundsätzliche Erwägungen dazu finden Sie bereits weiter oben in diesem Thema.

Für den Fall eines Hardware-Defektes sollte man trotz der damit zwangsläufig steigenden Kosten in Erwägung ziehen, ein eigenes "Ersatzteillager" essentieller Komponenten vorzuhalten, insbesondere



Schaltaktoren, deren mechanische Relais einem erhöhten Ausfallrisiko unterliegen. Die Erfahrung hat nämlich gezeigt, dass selbst in der Gewährleistungsphase Lieferzeiten von mehr als vier Wochen für ein Austauschgerät zu überbrücken waren. Bei einer wirklich ernst zu nehmenden Gebäudeautomation, die über die Beleuchtung hinaus auch "mission critical devices" wie Türöffner, Sicherheitseinrichtungen und haustechnische Geräte umfasst, ist dies ein absolut unhaltbarer Zustand. Hier haben die Hersteller einen erheblichen Nachholbedarf gegenüber anderen Lieferanten technischer Systeme, die eine lückenlose Verfügbarkeit oder zumindest Wiederherstellung innerhalb von 24 Stunden garantieren müssen.