



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

# NEUSTE ENTWICKLUNGEN IM BEREICH INTELLIGENTES WOHNEN UND DES DAMIT VERBUNDENEN STROMVERBRAUCHS

## Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

**Thomas Grieder, Encontrol GmbH**

Bremgartenstrasse 2, 5443 Niederrohrdorf, [info@encontrol.ch](mailto:info@encontrol.ch), [www.encontrol.ch](http://www.encontrol.ch)

**René Senn, Raum Consulting**

Strehlgasse 32, 8600 Dübendorf, [r.senn@raumconsulting.ch](mailto:r.senn@raumconsulting.ch), [www.raumconsulting.ch](http://www.raumconsulting.ch)

Messungen:

**Markus Gehrig, MG Power Engineering AG**

Strehlgasse 32, 8600 Dübendorf, [m.gehrig@power-engineering.ch](mailto:m.gehrig@power-engineering.ch),  
[www.power-engineering.ch](http://www.power-engineering.ch)

## **Impressum**

Datum: 15. September 2008

**Im Auftrag des Bundesamt für Energie,**

Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien und -anwendungen

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

BFE-Bereichsleiter, [rolf.schmitz@bfe.admin.ch](mailto:rolf.schmitz@bfe.admin.ch)

BFE-Projektnummer: 102344

Bezugsort der Publikation: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) und [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Zusammenfassung .....  | 5  |
| Resumé .....   | 5  |
| Abstract .....   | 5  |
| 1 Ausgangslage .....   | 7  |
| 2 Bussysteme und Automationskonzepte .....                                   | 7  |
| 2.1 Einführung Intelligentes Wohnen .....                                    | 7  |
| 2.2 Ausbaustandards und Abgrenzungen .....                                   | 8  |
| 2.3 Übersicht Steuerungssysteme .....  | 10 |
| 2.4 Markt Schweiz .....  | 11 |
| 2.5 Einfamilienhaus Savia .....  | 13 |
| 2.6 Einfamilienhaus Meier .....  | 16 |
| 3 Komponentenmessungen .....   | 19 |
| 3.1 Modellwohnung für den Vergleich der Systeme .....                        | 19 |
| 3.2 Messgeräte und Messmethode .....   | 20 |
| 3.3 Messergebnisse .....   | 22 |
| 4 Messungen in realisierten Objekten .....                                   | 24 |
| 4.1 Messgeräte und Messmethoden .....  | 24 |
| 4.2 Auswertungen .....   | 24 |
| 4.3 Haus Savia, Büllikon AG .....  | 25 |
| 4.4 Haus Meier in Eschlikon TG .....   | 32 |
| 5 Analyse der technischen Marktentwicklung .....                             | 36 |
| 5.1 Bewertung der Systeme im Hinblick auf die Energieeffizienz .....         | 36 |
| 5.2 Entwicklungstendenzen bei der Haussteuerung .....                        | 38 |
| 5.3 Entwicklungstendenzen bei Visualisierung und Multimedia-Vernetzung ..... | 39 |
| 5.4 Entwicklungstendenzen bei der Kommunikation .....                        | 39 |
| 5.5 Zusammenfassung .....  | 41 |
| 6 Massnahmen und Empfehlungen .....  | 43 |
| 6.1 Empfehlungen an das Bundesamt für Energie .....                          | 43 |
| 6.2 Empfehlungen an die Branche .....  | 44 |
| 7 Abkürzungen und Fachausdrücke .....  | 46 |
| 8 Literaturverzeichnis .....   | 48 |
| 9 Anhangsverzeichnis .....   | 49 |
| Anhang 1      Messungen im Labor (1 Seite) .....                             | 78 |
| Anhang 2      Messungen Objekt Savia (3 Seiten) .....                        | 79 |
| Anhang 3      Messungen Objekt Meier (3 Seiten) .....                        | 82 |
| Anhang 4      Einsparpotenzial Objekt Savia (1 Seite) .....                  | 85 |
| Anhang 5      Einsparpotenzial Objekt Meier (1 Seite) .....                  | 86 |



## Zusammenfassung

Das *Bundesamt für Energie (BFE)* verfolgt die Entwicklung der Gebäudeautomatisierung in Privathaushalten und deren Auswirkung auf den Strombezug der Haushalte seit mehreren Jahren. Die Erkenntnisse aus den bisherigen Studien wurden in einem Merkblatt zusammengefasst und der Branche zur Verfügung gestellt.

Die vorliegende Arbeit analysiert zwei neue Objekte und dokumentiert Labormessungen an drei weiteren Systemen. Die am Markt erhältlichen Bussysteme und Konzepte werden dokumentiert und in Bezug auf Eigenverbrauch und Einsparpotenzial bewertet.

Die seit 2005 untersuchten Objekten zeigen alle einen hohen Ausbaustandard in Bezug auf die Vernetzung. Diese verursacht jeweils einen zusätzlichen Verbrauch zwischen 35% und 55% des typischen Haushaltstromverbrauches. Bei allen Objekten ist mindestens ein Server im Einsatz, der ganzjährig läuft und mit einem Verbrauch von teilweise weit über 700 Kilowattstunden den grössten Einzelverbraucher im Haushalt darstellt.

Systeme für einen einfachen Ausbaustandard können dagegen mit einem vergleichsweise tiefen Eigenbedarf von rund 100 kWh realisiert werden, was einem Strommehrverbrauch von weniger als 3% entspricht.

Sowohl Planer, wie auch Bauherren beeinflussen mit der Wahl der Systeme und Komponenten den Eigenverbrauch für die Vernetzung stark. Speziell das Zusammenspiel von Steuerungsservern und Bedienstationen bedarf einer sorgfältigen Planung. Energiesparende Steuerungsfunktionen entfalten bisher erst eine geringe Wirkung.

Im Bericht werden Empfehlungen für Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Bereich des Intelligenten Wohnens an die Branche und an das *Bundesamt für Energie* formuliert.

## Resumé

L'*Office fédéral de l'énergie (BFE)* observe depuis plusieurs années déjà le développement de la domotique dans les maisons particulières ainsi que son effet sur la consommation d'électricité par les ménages. Les connaissances des études précédentes ont été résumées dans une notice et mises à la disposition des entreprises de la branche.

L'étude suivante analyse deux nouveaux objets et documente les mesures de laboratoire effectuées sur trois autres systèmes. Les systèmes de bus et les concepts disponibles sur le marché sont documentés et analysés quand à leur consommation propre et leur potentiel d'économie.

Les objets étudiés depuis 2005 présentent tous un haut standard d'équipement en ce qui concerne la mise en réseau. Ceci induit une consommation supplémentaire de 35% à 55% de la consommation électrique typique d'un ménage. Tous ces objets ont au moins un serveur en service, fonctionnant toute l'année, qui représente avec une consommation parfois bien supérieure à 700 kilowattheures le plus grand consommateur individuel d'un ménage.

Par contre, les systèmes pour des standards d'équipement simples peuvent être réalisés avec une consommation propre comparativement faible d'environ 100 kWh, ce qui correspond à un surplus de consommation de moins de 3%.

Par le choix des systèmes et des composants, les concepteurs ainsi que les maîtres d'ouvrage influencent sensiblement la consommation propre nécessaire à la mise en réseau. La relation des serveurs de pilotage et des stations de commande en particulier nécessite une conception très soignée. Les fonctions de pilotage économisant de l'énergie ont jusqu'à présent un faible effet.

Ce rapport présente des recommandations pour l'*Office fédéral de l'énergie* et les entreprises de la branche pour des mesures permettant d'accroître l'efficience énergétique dans le domaine de l'habitat intelligent.

## Abstract

For many years the *Federal Office for Energy (BFE)* has followed with interest the development of building services control systems in private households and their influence on the current consumption. The findings from the previous studies were summarized in a leaflet and made available to the respective industry sector.

This report analyses two new buildings and documents laboratory measurements on three further systems. The bus systems and concepts obtainable on the market are described and evaluated with respect to power consumption and savings potential.

The buildings investigated since 2005 all exhibited a high upgrade standard with reference to the network. This produces an additional consumption of between 35% and 55% of the typical domestic current consumption. At least one server is in operation with all buildings, which running throughout the year and with a consumption in some cases of well over 700 kilowatt hours represents the largest individual consumer in the household.

On the other hand, systems with a simple upgrade standard can be realised with a comparatively low consumption of around 100 kWh, corresponding to an additional current consumption of less than 3%.

With their choice of systems and components, both planners and building promoters strongly influence the power consumption for the network. The interaction of control servers and operator stations in particular demand careful planning. Hitherto, energy-saving control functions display only a slight influence.

Formulated in the report are recommendations to the respective industry sector and the *Federal Office for Energy* for actions to increase energy efficiency in the domain of intelligent living.

# 1 Ausgangslage

Die Gebäudeautomatisierung im Bereich der Privathaushalte erfährt eine zunehmende Verbreitung in der Schweiz. Parallel dazu findet eine starke technische Entwicklung der Komponenten und Bussysteme statt.

Das *Bundesamt für Energie (BFE)* verfolgt diese Entwicklung und deren Auswirkungen auf den Strombezug der Haushalte seit mehreren Jahren. Zwei Objekte wurden detailliert untersucht, das *FutureLife-Haus* in Hünenberg und das *Smarthome* in Chur. Bei beiden hat die Gebäudeautomatisierung relevante Auswirkungen auf den Energiebezug:

- hoher Strombezug für die zentrale Infrastruktur, sprich für die zentralen Server
- z.T. hoher Strombezug für die unterbruchslose Stromversorgung
- hoher Strombezug für die Beleuchtungssteuerung (Dimmer-Bausteine, Aktoren)
- Möglichkeiten der Steuerung zur Energieeinsparung wenig genutzt (Heiztemperaturen bei Abwesenheit absenken, Standby-Verbraucher automatisch abschalten etc.)

Die Erkenntnisse aus den bisherigen Studien wurden in einem Merkblatt zusammengefasst und der Branche zur Verfügung gestellt<sup>1</sup>.

Mit dem hier dargestellten Projekt wird die bisherige Arbeit fortgesetzt. Anhand von zwei neuen Objekten wird die technische Marktentwicklung der Komponenten verfolgt und dokumentiert. Die am Markt erhältlichen Bussysteme und Konzepte werden analysiert und in Bezug auf Eigenverbrauch und Einsparpotenzial bewertet.

Der vorliegende Bericht enthält Empfehlungen für Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Bereich des Intelligenten Wohnens an die Branche und an das *Bundesamt für Energie*.

## 2 Bussysteme und Automationskonzepte

### 2.1 Einführung Intelligentes Wohnen

Intelligentes Wohnen bezeichnet Lösungen im privaten Wohnbereich, für die Geräte und Systeme eingesetzt werden, die mehr Komfort, Energieeffizienz, Flexibilität und Sicherheit schaffen. Viele wollen auf den gestiegenen Komfort im Wohnbereich nicht mehr verzichten und investieren deshalb in die Infrastruktur ihres Wohnraumes. Dazu gehört auch der wichtige Bereich Unterhaltung mit Audio-/Video-Systemen, die üblicherweise mehrere Räume bedienen oder mit mehr oder weniger aufwändigen Heimkinosystemen.

Intelligentes Wohnen, und somit die Vernetzung der Haustechnik, setzt in der Regel ein Bussystem, wie z. B. KNX<sup>2</sup> (früher *Europäischer Installations-Bus EIB* genannt) voraus. Erst ein solches System macht es möglich, dass die sonst unabhängig funktionierenden Gewerke, wie Licht, Jalousie, Küchengeräte, Heizung, Medien usw. im Haus miteinander kommunizieren können.

Der Begriff Intelligentes Wohnen wurde durch den Deutschen Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronik-industrie (ZVEI) eingeführt. Dieser gründete eine *Initiative Intelligentes Wohnen*, die mit ihrer Website und anderen Aktionen für vernetzte Lösungen wirbt. In Österreich ist die Initiative durch den *Verein Intelligentes Wohnen Austria*, in der Schweiz durch die *Fachgruppe Intelligentes Wohnen* des *Gebäude Netzwerk Instituts GNi3* vertreten. Intelligentes Wohnen wird inzwischen auch von der Wohnbauwirtschaft und der Politik als Begriff verwendet.

---

<sup>1</sup> Merkblatt *Energieeffizienz im Intelligenten Wohnen*, <http://www.electricity-research.ch/>

<sup>2</sup> Weltweit standardisiertes Bussystem nach EN 50090 und ISO IEC 14543-3, organisiert von der KNX Association in Brüssel [www.knx.org](http://www.knx.org) mit ca. 100 Herstellern, welche diesen Standard unterstützen.

<sup>3</sup> Verein für standardisierte Gebäudetechnik im Zweck- und Wohnbau, [www.g-n-i.ch](http://www.g-n-i.ch), [www.intelligenteswohnen.com](http://www.intelligenteswohnen.com)

## 2.2 Ausbaustandards und Abgrenzungen

Es gibt eine stetig zunehmende Anzahl von Häusern und Wohnungen, die im Hinblick auf die Realisierung von Intelligentem Wohnen vorbereitet, bzw. ausgestattet sind. Um die Möglichkeiten etwas zu strukturieren, unterscheidet das *Gebäude Netzwerk Institut (GNI)* vier Stufen des Ausbaus (vgl. auch Bild 2-1). Die nachfolgende Definition legt eine mögliche Einteilung der Ausbaustufen fest. In der Praxis gibt es allerdings fliessende Übergänge dazwischen. Die Vernetzung der verschiedenen Anlagenteile wird bei neuen Objekten eher drahtgebunden sein, kann aber bei Renovationen oder Umbauten auch sehr einfach mit entsprechenden Funktechnologien gelöst werden.

Ausbaustandards Intelligentes Wohnen

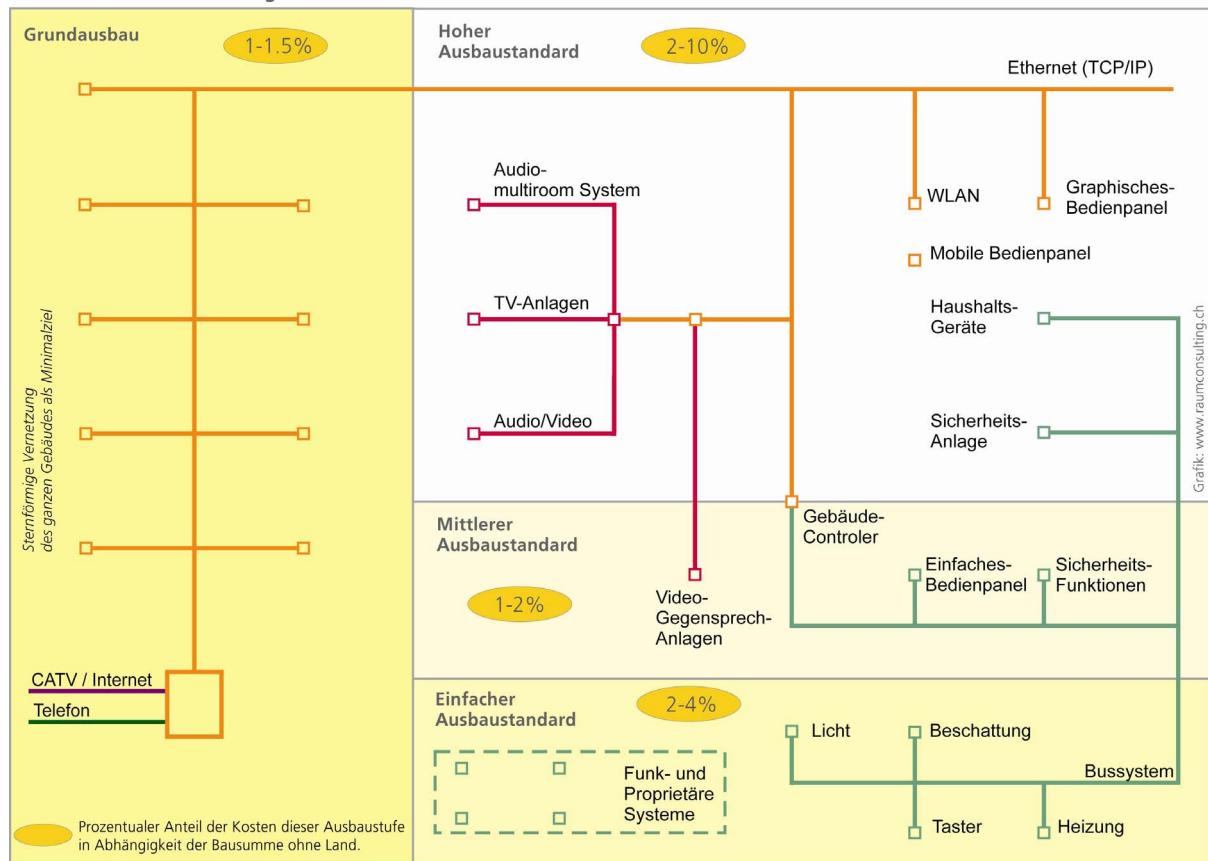


Bild 2-1 Ausbaustandards beim Intelligenten Wohnen. (Quelle: GNI, Fachgruppe Intelligentes Wohnen)

### 2.2.1 Grundausbau

Der Grundausbau besteht im Wesentlichen aus der passiven Erschliessung aller Wohnräume mittels einer geeigneten Verrohrung oder mit Kanälen in Wänden, Decken oder Böden. Diese passive Erschliessung ist für die meisten Systeme die Grundvoraussetzung für die Vernetzung, welche anschliessend mehr oder weniger aufwändig ausfallen kann. Bei Powerline- und Funksystemen ist keine zusätzliche Verrohrung notwendig, daher eignen sie sich auch besonders gut für Nachrüstungen in bestehenden Objekten.

Zum Grundausbau zählt auch die Installation eines Kommunikationsnetzwerkes (z.B. Ethernet, Bild 2-1 ganz oben und linke Seite). Dieses ermöglicht die Vernetzung der verschiedenen Heim-PC, die Anbindung von komfortablen graphischen Bedienpanels und kann auch für die Verteilung von Audio- und Videodaten genutzt werden. Als Alternative bei Nachrüstungen oder als Ergänzung für mobile Anwendungen ist der Einsatz eines Funknetzwerkes (Wireless-LAN, WLAN) möglich.

Die Kosten für diesen Grundausbau betragen 1% bis 1,5% der Gesamtbausumme (ohne Grundstückskosten). Diese Grundinstallation hat für die spätere Ausrüstung des Wohnraumes eine zentrale Bedeutung, denn ohne sie ist eine spätere Erweiterung nur noch schwer möglich.

Die angegebenen Prozentwerte, auch in den nachfolgenden Abschnitten, sind zusätzlich zu den normalen Elektroinstallationskosten zu verstehen.

#### **2.2.2 Einfacher Ausbaustandard**

Der einfache Ausbaustandard ist am weitesten verbreitet und ist der erste Ausbauschritt nach der passiven Infrastruktur. Hier werden Beleuchtung, Beschattung (Jalousien, Markisen, Vorhänge) und allenfalls Heizung und Lüftung mit dazugehörigen Bedienelementen und Sensoren zu einem Haussteuerungssystem vernetzt. Die durchschnittlichen Kosten für Planung, Hardware, Software, Dienstleistung, jedoch ohne Installation, betragen für diesen Teil zusätzlich zum Grundausbau weitere 2 bis 4% der Gesamtbausumme.

#### **2.2.3 Mittlerer Ausbaustandard**

Der mittlere Ausbaustandard integriert weitere Gewerke in das Haussteuerungssystem. Dabei kann es sich um Sicherheitsfunktionen, Videogegensprechanlagen oder komfortable Audio-/Videosysteme handeln. Oft wird beim mittleren Ausbaustandard bereits ein Gebäudecontroller eingesetzt. Dieser ermöglicht umfassende Steuerungs- und Logikfunktionen, wie z. B. eine Anwesenheitssimulation, Szenenbeleuchtung etc. und auch eine externe Anbindung der Steuerung z. B. ans Internet oder an die Netze der mobilen Telefonie.

Die Zusatzkosten gegenüber dem Grundausbau und dem einfachen Standard belaufen sich auf 1% bis 2% der Bausumme.

#### **2.2.4 Hoher Ausbaustandard**

Zusätzlich zu den vorgenannten Ausbaustufen beinhaltet der hohe Ausbaustandard die vollständige Integration der verschiedenen Elemente der Haussteuerung, der Sicherheitsanlagen, Unterhaltungselektronik sowie der Kommunikation in einem umfassenden Haussteuerungssystem. Mit fixen, in der Wand eingebauten oder mobilen Anzeigegeräten lässt sich das ganze Haus oder die Wohnung überwachen und steuern.

In diesem Ausbaustandard werden oft umfangreiche Audio-/Videosysteme auch für mehrere Räume (sog. Multiroom-Systeme) realisiert. Immer häufiger werden auch die Haushalt-Grossgeräte, z. B. der Backofen oder die Waschmaschine, in das Automationssystem eingebunden.

Die Grenze zwischen dem mittleren und dem hohen Ausbaustandard ist flüssig und nicht präzise festzulegen. Die durchschnittlichen Zusatzkosten gegenüber Grundausbau, einfacherem und mittlerem Ausbaustandard betragen 2% bis 10% der Gesamtbausumme.

Die beiden im Rahmen dieser Arbeit zu messenden Objekte entsprechen gemäß dieser Definition dem hohen Ausbaustandard.

#### **2.2.5 Energieaspekt der Ausbaustufen**

Je höher der Ausbaustandard ist, umso grösser ist auch der Eigenenergieverbrauch der Systeme. Gleichzeitig erschliesst der hohe Ausbaustandard durch die Vernetzung der verschiedenen Gewerke im Gebäude das grösste Einsparpotenzial. Auch einfache Systeme mit geringem Eigenverbrauch können schon viel zur Erhöhung der Energieeffizienz beitragen, z.B. durch eine gezielte Temperatur-Regelung für jeden einzelnen Raum im Gebäude.

Tab. 2-1 gibt einen qualitativen Überblick der Aspekte Komfort, Flexibilität, Möglichkeiten der Energieeinsparung und Eigenverbrauch der verschiedenen Ausbaustufen. Wenige Punkte bedeuten eine geringe Ausprägung (wenig Komfort, Flexibilität etc.), viele Punkte eine hohe Ausprägung.

| Ausbaustufe              | Komfort | Flexibilität | System kann zum Energie- sparen beitragen | Energieverbrauch System |
|--------------------------|---------|--------------|---|-------------------------|
| Grundausbau              | --      | --           | --  | --                      |
| Einfacher Ausbaustandard | •••     | •            | •••                                       | •                       |
| Mittlerer Ausbaustandard | ••••    | •••          | ••••                                      | •••                     |
| Hoher Ausbaustandard     | •••••   | •••••        | •••••                                     | •••••                   |

Tab. 2-1 Energieaspekte der Ausbaustufen (Quelle Raum Consulting)

## 2.3 Übersicht Steuerungssysteme

Es existiert eine grosse Anzahl von Steuerungssystemen für den Heimbereich in der Schweiz. Zudem scheint der Markt noch nicht gesättigt zu sein, denn immer noch werden neue Systeme lanciert. Dies ist erstaunlich, ist doch das Marktvolumen in der Schweiz gemäss aktuellen Einschätzungen relativ klein.

Einfachste Systeme beschränken sich auf die Komfortverbesserung im Licht- und Storenbereich. Umfassendere Systeme arbeiten Gewerke übergreifend, das heisst sie kombinieren Licht-, Storen- und Raumtemperaturregelung und beziehen die Musik- und Videoanlage ein, unterstützen Sicherheitsfunktionen und lassen sich bei Bedarf über Telefondienste oder Internet fernsteuern.

Der Markt Schweiz bietet also eine überraschend grosse Anzahl von Systemen. Die meisten von ihnen werden nur von einem Hersteller produziert und vertrieben. Ausnahmen sind die Produkte *Noxnet* und *Smartcontrol*, welche zum Teil die gleichen Komponenten nutzen. Eine weitere Ausnahme ist der *KNX*-Standard. In diesem System bieten über 100 Hersteller kompatible Produkte und Geräte an, all diese Geräte sind Hersteller übergreifend miteinander kombinierbar. Ganz neu, seit Januar 2008, ist das System *inOne* von *Legrand* auf dem Markt. Es ist eines der wenigen reinen *Powerline* Systeme auf dem Schweizer Markt. Bei unseren Komponentenmessungen haben wir dieses System stellvertretend für alle Powerline-Systeme ausgewählt (vgl. Abschnitt 3).

Der Vertrieb der Systeme erfolgt in der Regel vom Hersteller über den Elektroinstallateur an den Endkunden. Die Technologie eines Systems ist dabei oft auch ausschlaggebend für den Einsatzbereich. Während Neubauten in der Regel Bussysteme mit drahtgebundener Kommunikation zum Einsatz kommen, sind es bei Renovationen oder Nachrüstungen eher Funk- oder Powerline-Systeme. Darüber hinaus haben gerade kleine Systeme oft eine starke Verbreitung in der Region, in der sie produziert werden.

Auch im Do-it-yourself-Markt gibt es Lösungen, die aber in der Regel keine gesamtheitlichen Systeme darstellen, wie wir sie in diesem Bericht betrachten.

Der Entscheid für ein System mit einfacher, mittlerer oder umfassender Funktionalität richtet sich nach den Bedürfnissen der Bauherrschaft. Falls keine grossen Anforderungen an die Funktionalität oder an die spätere Ausbaufähigkeit bestehen, so reichen oft kleine Systeme aus. Dies mag ein Grund für die Vielzahl der System im unteren Preissegment sein (vgl. Abschnitt 2.4).

Nachfolgend sind einige Steuerungssysteme aufgelistet. Die Aufzählung ist nicht abschliessend und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, es sind aber alle Systeme, welche im Rahmen dieses Projektes im Labor gemessen wurden, aufgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der Systeme ist im Anhang 1 enthalten.

- **zeptron:** Hersteller Feller AG, Bergstrasse 70, 8810 Horgen, [www.feller.ch](http://www.feller.ch),  
Das System ist seit 2002 auf dem Markt und stark verbreitet, da Feller im Schalter-/Steckdosenbereich Marktleader in der Schweiz ist.
- **Twiline:** Hersteller W. Wahli AG, 3018 Bern, [www.wahli.com](http://www.wahli.com),  
Twiline ist seit 1991 auf dem Markt und in der Schweiz recht verbreitet

- **Smart-Control:** Herstellung und Vertrieb Spline GmbH, 8810 Horgen, [www.spline.ch](http://www.spline.ch), ist seit dem Jahr 2000 auf dem Markt. Verbreitung noch relativ gering und eher im gehobenen Wohnungs-bereich.
- **KNX:** Offener Standard mit über 100 Herstellern wie ABB, Beckhoff, Feller, Griesser, Hager Tehalit, Siemens, Somfy, Theben HTS, Wago, Woertz, usw. [www.knx.org](http://www.knx.org) und [www.knx-swiss.ch](http://www.knx-swiss.ch), KNX (früher E/B) ist heute als internationaler Standard (ISO/IEC 14543-3 und EN50090.) anerkannt. Das System ist in Europa weit verbreitet.
- **Adhoco:** Herstellung und Vertrieb Adhoco AG, 8406 Winterthur, [www.adhoco.com](http://www.adhoco.com), Adhoco ist in Testapplikationen auf dem Markt.
- **In One:** Hersteller Legrand Schweiz AG, 5442 Birr, [www.legrand.ch](http://www.legrand.ch), Einführung 1. Quartal 2008
- **SPS-Steuerung von Beckhoff:** Herstellung und Vertrieb Beckhoff Automation AG, 8200 Schaffhausen, [www.beckhoff.ch](http://www.beckhoff.ch). Im privaten Wohnbau ist diese Art von Steuerung wenig verbreitet.
- **LCN:** Hersteller Issendorff Mikroelektronik GmbH Deutschland. Zur Zeit der Berichterstattung (1.1.2008) kein Vertrieb mehr in der Schweiz, [www.lcn.de](http://www.lcn.de), In Deutschland stark verbreitet, in der Schweiz selten
- **Luxor:** Vertrieb Theben HTS AG, 8307 Effretikon, Tel. 052 355 17 00, [www.theben-hts.ch](http://www.theben-hts.ch), Luxor ist seit 2003 auf dem deutschen Markt, in der Schweiz bis jetzt wenig vertreten.

## 2.4 Markt Schweiz

Das Intelligente Wohnen hat in der Schweiz noch keine grosse Verbreitung gefunden. Genaue Zahlen wurden bisher nicht veröffentlicht, weder für das gesamte Marktvolumen, noch für die Verbreitung einzelner Systeme. In Bild 2-2 wird versucht, eine qualitative Übersicht der angebotenen Systeme zu geben.

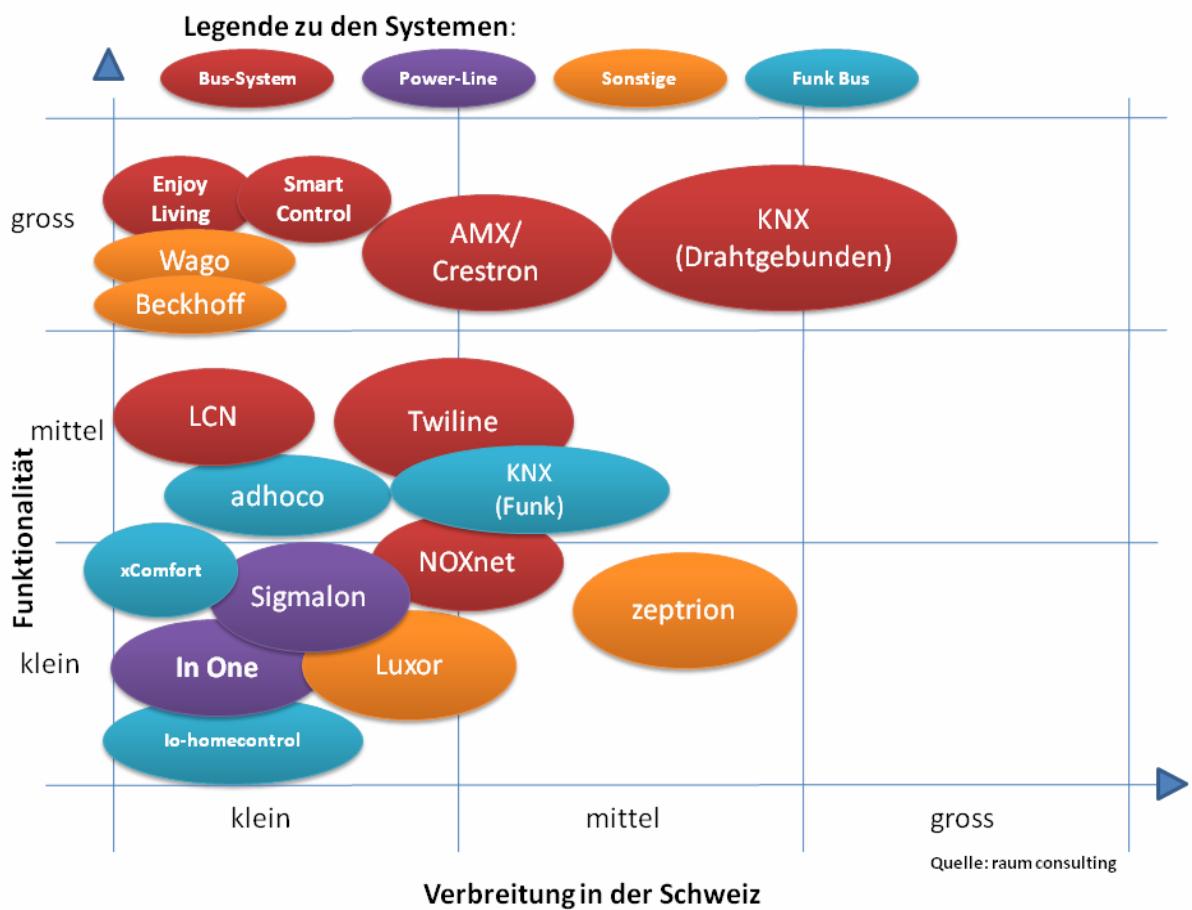
Es fällt auf, dass eine grosse Anzahl von Systemen mit kleiner und mittlerer Funktionalität existieren. Möglicherweise möchten die Anbieter damit dem Vorurteil begegnen, dass Installationen für Intelligentes Wohnen a priori teuer sind. Laufende Arbeiten des Journalisten Raymond Kleger in der Zeitschrift Elektrotechnik<sup>4</sup> zeigen jedoch, dass die Preisunterschiede zwischen verschiedenen Systemen bei gleichen Vorgaben nicht so markant ausfallen, wie meistens angenommen.

Hemmisse für eine grössere Verbreitung von Intelligentem Wohnen in der Schweiz:

- Die breite Palette von Systemen führt zur Verunsicherung der Endkunden. Diese können sich aufgrund der grossen Auswahl zuletzt nicht mehr für ein System entscheiden.
- Einige Installateure scheuen sich davor, ihren Kunden solche Lösungen anzubieten und raten ihren Kunden vom Einbau solcher Systeme ab.

---

<sup>4</sup> Zeitschrift Elektrotechnik, Hefte 02-07 bis 01-08. Weitere Artikel sind in Arbeit.



*Bild 2-2 Marktübersicht der Steuerungssysteme für den privaten Wohnungsbereich in der Schweiz. (Quelle: raum consulting)*

## 2.5 Einfamilienhaus Savia

### 2.5.1 Projektübersicht

Dreigeschossiges Einfamilienhaus in Wohlenschwil, Baujahr 2005, drei Bewohner.



Bild 2-3 Einfamilienhaus Savia (Quelle: Savia)

#### Technische Ausstattung:

- KNX-Bussystem (früher EIB) mit Steuerungsserver für komplexe Funktionen und 15"-Touchpanel
- Windows Mediabrowser zur Steuerung und Bedienung von Multimedia-Anwendungen
- Raumtemperaturregelung über KNX
- Präsenzmelder im Flur zur bewegungsoptimierten Steuerung der Beleuchtung
- Anwesenheitssimulation
- Busfähige Meteozentrale zur Erfassung der Wetterdaten.
- Alarmanlage, direkt in KNX realisiert
- Kommunikationsverkabelung mit separater Ethernet- und Koaxialverkabelung
- Webkamera zur Sicherheit
- Musiksteuerung über KNX
- Fernzugriff via Internet möglich

### 2.5.2 Projektbeschrieb

Ein KNX-Bussystem kümmert sich um die Vernetzung der Gebäudetechnik. Neben dem 15-Zoll-Touchpanel im Wohn-/Essbereich gibt es auf jedem Geschoss ein weiteres kleines Touchpanel mit 8.4-Zoll-Display, über das die wichtigsten Funktionen und Zustände des Hauses bedient und abgerufen werden können.

Kontakte an Fenstern- und Türen sind über die KNX-Vernetzung direkt mit der installierten Alarmanlage verbunden. Über eines der 8.4-Zoll-Displays kann beim Verlassen des Hauses der Zustand aller Fenster und Türen auf einen Blick überprüft werden. Die Scharfschaltung der Alarmanlage erfolgt mit einer berührungslosen Karte. Bei erfolgreicher Scharfschaltung wird folgendes Szenario ausgelöst:

- Ganze Beleuchtung AUS
- Automatische Beschattung EIN (dem Sonnenstand nachgeführt)
- Audioverstärker AUS
- 15 Zoll-Touchpanel AUS
- Externe Bedienstellen, z.B. beim Sitzplatz aussen werden deaktiviert
- Anwesenheitssimulation EIN
- Absenkung der Raumtemperaturen um zwei Grad Celsius.

Dank der Vernetzung nutzt die Einzelraumregelung die Information der Fensterkontakte. Im Winter gehen die Heizventile automatisch zu, wenn ein Fenster offen steht. Bei konventionellen Systemen würde bekanntlich noch mehr geheizt, da es ja kälter wird. Das System schaltet dabei nicht einfach den Heizkreis aus, sondern schützt diesen auch davor einzufrieren.

Die Beleuchtung im Flur wird über Präsenzmelder gesteuert, ab 21 Uhr nachts wird sie nur noch mit halber Leistung betrieben.

Besonders erwähnenswert ist das in die Wand integrierte Touchpanel im Wohn-/Essbereich. Über dieses grafische Display lässt sich die gesamte Haustechnik sehr einfach bedienen. Auf dem Grundriss des Hauses sind pro Geschoss sämtliche Schaltkreise der Leuchten und Jalousien wie in Wirklichkeit angeordnet abgebildet. Ein Fingerdruck auf ein solches Symbol schaltet bzw. steuert die entsprechende Funktion. Da es sich bei diesem Gerät um einen eigentlichen PC mit Bildschirm handelt, lässt sich damit auch auf das Internet zugreifen, um Informationen wie Wetter, Verkehrsstaus oder Börsendaten abzurufen.

Beim Objekt *Savia* werden die Daten für das Touchpanel von einem *Windows Media Center-PC* aufbereitet. Diese Konstellation ist energetisch nicht optimal, denn beide Geräte lassen sich nicht in einen Bereitschaftszustand versetzen und laufen rund um die Uhr. Details dazu siehe Messdaten zum EFH *Savia*.

Mit den kleineren 8-Zoll-Displays, die auf allen Geschossen im Haus installiert wurden, lassen sich stockwerk-übergreifend Geräte bedienen. So kann der TV im Wohnzimmer auch aus dem Schlafzimmer ein- und ausschaltet werden.

Mit den nötigen Zugangsdaten lässt sich via Internet auf die Gebäudetechnik zugreifen. Ausgeschlossen davon sind sämtliche Bestandteile der Sicherheitsanlagen. Das Media-Center dient dabei auch als Gateway zur Außenwelt.

### 2.5.3 Projektdokumentation

Eigentümer Marco *Savia*, der in der Gebäudetechnik mit *KNX* zu Hause ist, hat vieles selber geplant und realisiert. Der zentrale Steuerschrank ist vorbildlich dokumentiert und durch den ausführenden Installateur vorbildlich gebaut worden. Das Schema ist für Aussenstehende gut lesbar und entspricht dem aktuellen Stand der Installation. Zwei Schaltschränke mit Türen sind eine ideale Lösung auch im Heimbereich. Diese Installation hat aus unserer Sicht Modellcharakter. Leider ist der Multimedia-Teil bereits schon heute sehr voll, es ist kein Reserveplatz mehr vorhanden.

### 2.5.4 Einsatz der intelligenten Steuerung zur Energieeinsparung

- Beim Verlassen des Hauses werden durch das Scharfschalten der Alarmanlage verschiedene Verbraucher ausgeschaltet, bzw. vom Netz getrennt. Es sind dies der zentrale Musikverstärker, das Touchpanel und die Beleuchtung (ausgenommen Anwesenheitssimulation).
- Der gesamte Unterhaltungsbereich, d.h. TV, DVD und Stereoanlage, werden über den Bus geschaltet. Die Steuerung detektiert, wenn keines der Geräte mehr eingeschaltet ist und trennt die ganze Steckdose vom Netz.
- Bei Abwesenheit wird die Innentemperatur um 2°C abgesenkt.

- Das System erkennt offene Fenster und reduziert die Heizventile (nur Frostschutz).
- Nachtabsenkung der Heizung steuerbar via Touchpanel und Zeitschaltuhr, individuell nach Wochentag.
- Bewegungssensoren in den Korridoren, reduzierte Lampenleistung ab 21.00 Uhr.
- Anzeige der Fensterzustände beim Verlassen des Hauses. Spart gegebenenfalls Energie im Winter, die durch offenstehende Fenster verloren würde.

### 2.5.5 Prinzipschema Vernetzung EFH Savia

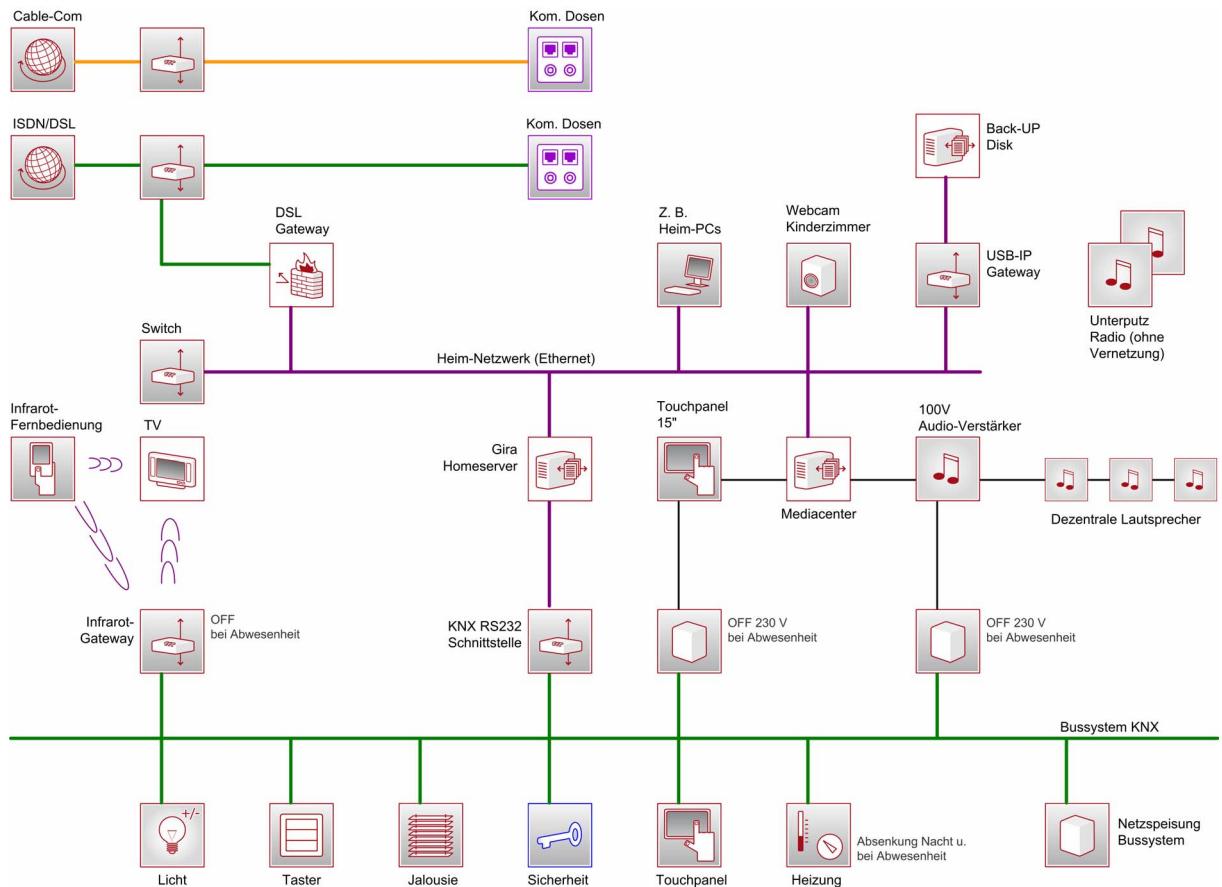
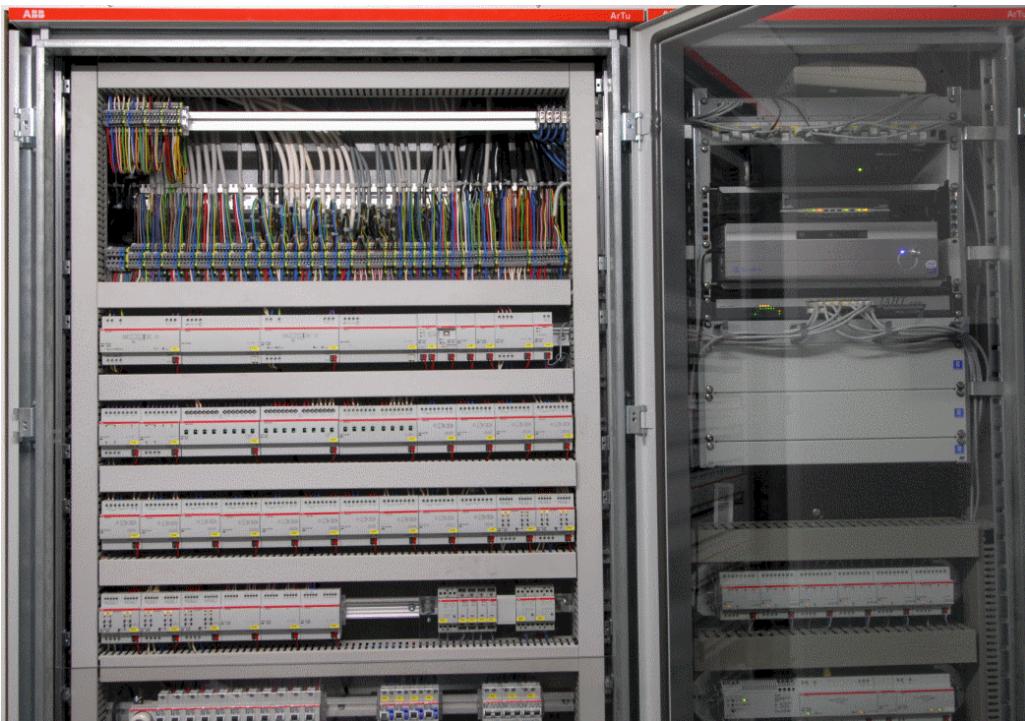


Bild 2-4 Prinzipschema des EFH Savia, mit Bussystem und Netzwerk. (Quelle: raum consulting)

## 2.5.6 Hauptverteilung EFH Savia



*Bild 2-5 Die Hauptverteilung, links mit den KNX-Komponenten und rechts mit dem Multimedia-Teil. (Quelle: ABB Schweiz AG Normelec)*

## 2.6 Einfamilienhaus Meier

### 2.6.1 Projektübersicht

Dreigeschossiges Einfamilienhaus mit 9½ Zimmern, Standort Eschlikon (TG), Baujahr 2006/2007, sechs Bewohner.



*Bild 2-6 Einfamilienhaus Meier (Quelle: Renggli AG)*

### Technische Ausstattung:

- *SPS Beckhoff CX 1000* mit direkter Ethernet-Anbindung
- 2 Touchpanel (Erd- und Obergeschoss)
- Server für Visualisierung, bedient die Touchpanel und später auch PDAs
- Medienserver 500 GB (zur Zeit nur für Daten-Backup benutzt)
- Kommunikationsverkabelung mit separater Ethernet- und Koaxialverkabelung.
- 2 Webkameras
- 3 WLAN-Router (auf jedem Geschoss einer)
- 4 Internet-Radios für das Abspielen von Audiodaten über Ethernet

#### 2.6.2 Projektbeschrieb

Im Einfamilienhaus *Meier* wird zur Steuerung von Licht, Jalousien, Heizung und weiteren Gewerken eine zentrale SPS, d.h. eine speicherprogrammierbare Steuerung, eingesetzt. Anders als bei einem Bussystem ist hier die Logik in einem zentralen Gerät integriert. Alle Steuer- und Regelfunktionen werden von der zentralen und modularen Steuerung übernommen, welche sich mit entsprechenden Ein- und Ausgangsklemmen sehr einfach erweitern lässt. Die SPS verfügt auch über eine Ethernet-Schnittstelle und kann dadurch mit einem PC, der als Server für die Visualisierung dient, kommunizieren.

Am gleichen Netzwerk sind auch die beiden Touchpanels im Erd- und Obergeschoss angeschlossen. Auf diesen können die Bewohner das Licht, die Jalousien, die Heizung und die Tür-Kameras überwachen und bedienen. Auch weitere netzwerkfähige Bediengeräte wie PDAs (Personal Digital Assistants, Handheld-PCs) oder weitere PC können ohne zusätzliche Schnittstellen für die Visualisierung eingesetzt werden. Die einheitliche Internet-Technologie macht dies heute möglich.

Die Kommunikation zur Wärmepumpenheizung läuft in diesem Projekt über potenzialfreie Kontakte.

Für die Bewohner stehen mit der SPS zahlreiche Funktionen zur Verfügung, welche durch den Systemintegrator programmiert wurden. Die Beleuchtung kann gedimmt und geschaltet werden, im Wohnbereich wurden auch Szenensteuerungen realisiert. Als Sicherheitsfunktion steht eine Panikschaltung zur Verfügung, die mit einem einzigen Tastendruck die Beleuchtung im ganzen Haus einschaltet und gleichzeitig sämtliche Stores schliesst.

Die Musik kommt im Moment noch aus dem Internet, die vier Internet-Radios empfangen die Sender direkt vom Internet. Ein eigener hausinterner Medienserver ist zwar vorhanden, wird aber von den Bewohnern noch nicht als solcher benutzt. Das Gerät läuft heute im Leerlauf und dient als Daten Backup für den Gebäudeserver (in Bild 2-7 und in den Messtabellen als Back-up Disk bezeichnet).

Die beiden Zugänge zum Gebäude verfügen über je eine Webcam sowie einen Fingerprint-Leser. Sie lassen sich zudem über den Touchpanel öffnen, auf dem dank Webtechnologie das Bild der Türkamera auch gleich aufgeschaltet ist.

Im Weiteren ist eine Steuerung der gesamten Haustechnik über PDAs vorgesehen. Dazu wurde auf jedem Geschoss ein WLAN-Router installiert. Die PDAs sind aber im Moment noch nicht in Betrieb.

Die zentrale Visualisierung in diesem Objekt ist sehr umfassend. Die SPS kommuniziert mit einem PC, auf dem eine OPC-Server-Software installiert ist. Diese speichert die aktuellen Daten und Zustände der gesamten Gebäudetechnik-Infrastruktur. Die für den Benutzer sicht- und bedienbare grafische Oberfläche ist ein weiteres Softwarepaket, welches seine Informationen aus dem OPC-Server empfängt, bzw. an diesen sendet.

Im Einfamilienhaus *Meier* sind auch zwei Haushaltgrossgeräte in das Netzwerk eingebunden. Geschirrwaschautomat und Backofen können beide über Powerline kommunizieren und sind über ein zusätzliches Schnittstellengerät an das interne Ethernet angebunden. So können diese Geräte ebenfalls mit den bereits erwähnten Touchpanels überwacht und gesteuert werden.

### 2.6.3 Projektdokumentation

Das EFH Meier verfügt über eine sehr umfassende Steuerung, welche auch für die Zukunft noch einige Ausbaumöglichkeiten bietet. Nicht zu unterschätzen ist aber bei solchen Steuerungen der langfristige Unterhalt während des Betriebes. Eine genaue Dokumentation wäre hier dringend nötig. Ein umfassendes Pflichtenheft, das aber leider nicht den letzten Stand des Projektes zeigt, liegt vor. Andere technische Unterlagen fehlten, so dass es für Außenstehende schwierig war, die Funktionen und Anschlüsse der Gebäudetechnik nachzuvollziehen.

### 2.6.4 Einsatz der intelligenten Steuerung zur Energieeinsparung

- Beim Verlassen des Hauses wird mit einer Abwesenheits-Schaltung das Licht gelöscht und die Temperatur im Haus um zwei Grad abgesenkt. Zudem schaltet sich dadurch auch die Beschattungsautomatik ein.
- Bei Abwesenheit von einer Woche und länger wird mit der Beleuchtung eine Anwesenheitssimulation gemacht.
- Zentral-AUS-Schalter ermöglichen die zentrale Steuerung aller Lichter beim Verlassen des Gebäudes.

### 2.6.5 Prinzipschema Vernetzung EFH Meier

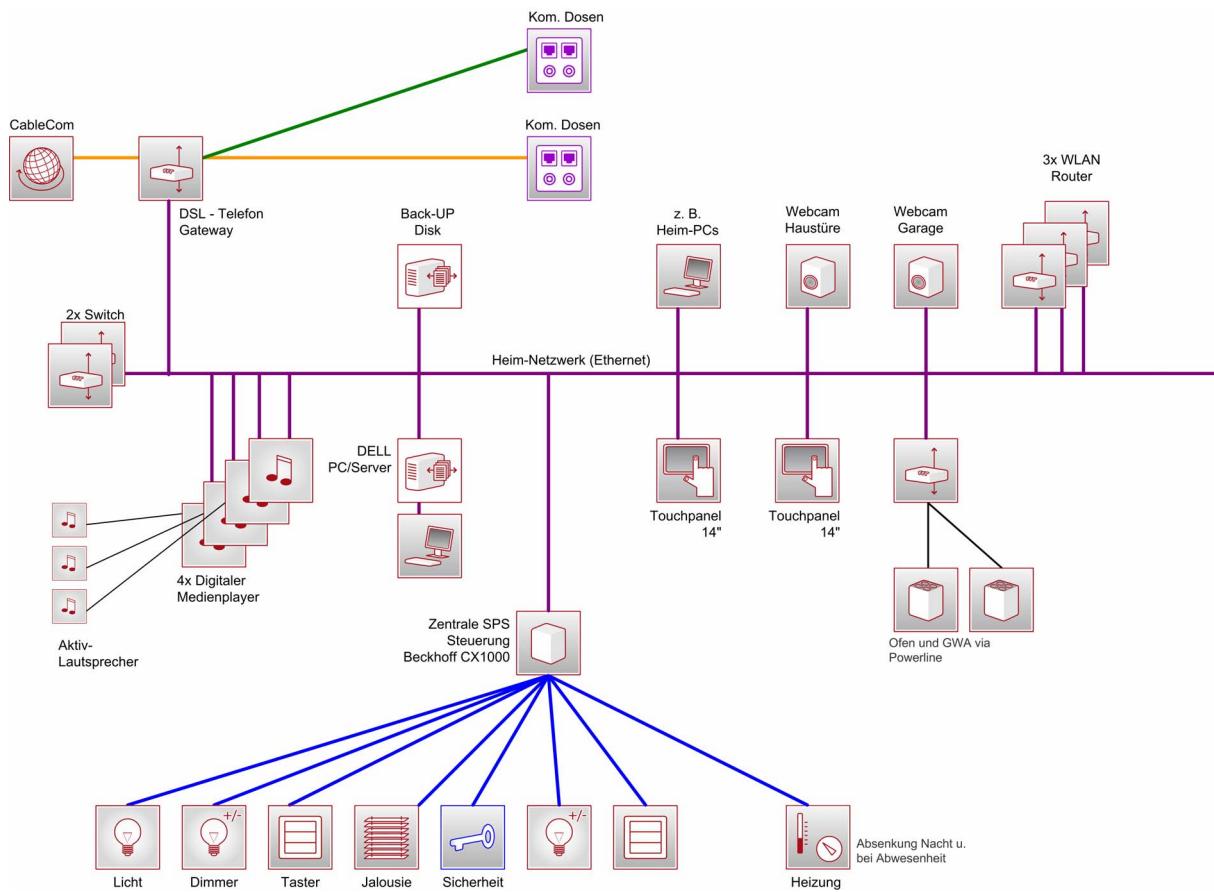


Bild 2-7 Vernetzung EFH Meier mit der zentralen SPS. (Quelle: raum consulting)

## 2.6.6 Hauptverteilung EFH Meier



Bild 2-8 Zentrale Steuerung von Beckhoff im Steuerschrank. (Quelle: raum consulting)

## 3 Komponentenmessungen

Mit den Komponentenmessungen soll die technische Entwicklung der Komponenten für *Intelligentes Wohnen* in Bezug auf die Energieeffizienz untersucht werden. Dabei interessiert in erster Linie der Eigenverbrauch der Komponenten. Die Möglichkeiten zur Energieeinsparung durch intelligente Steuerungsfunktionen wurde in den Wohnobjekten *Savia* und *Meier* untersucht und sind in den Abschnitten 4.3.3 und o dokumentiert.

Insgesamt wurden fünf verschiedene Systeme untersucht, drei davon nur im Labor, ein System sowohl im Labor, wie auch in einem Wohnobjekt und ein System nur im Objekt *Meier*:

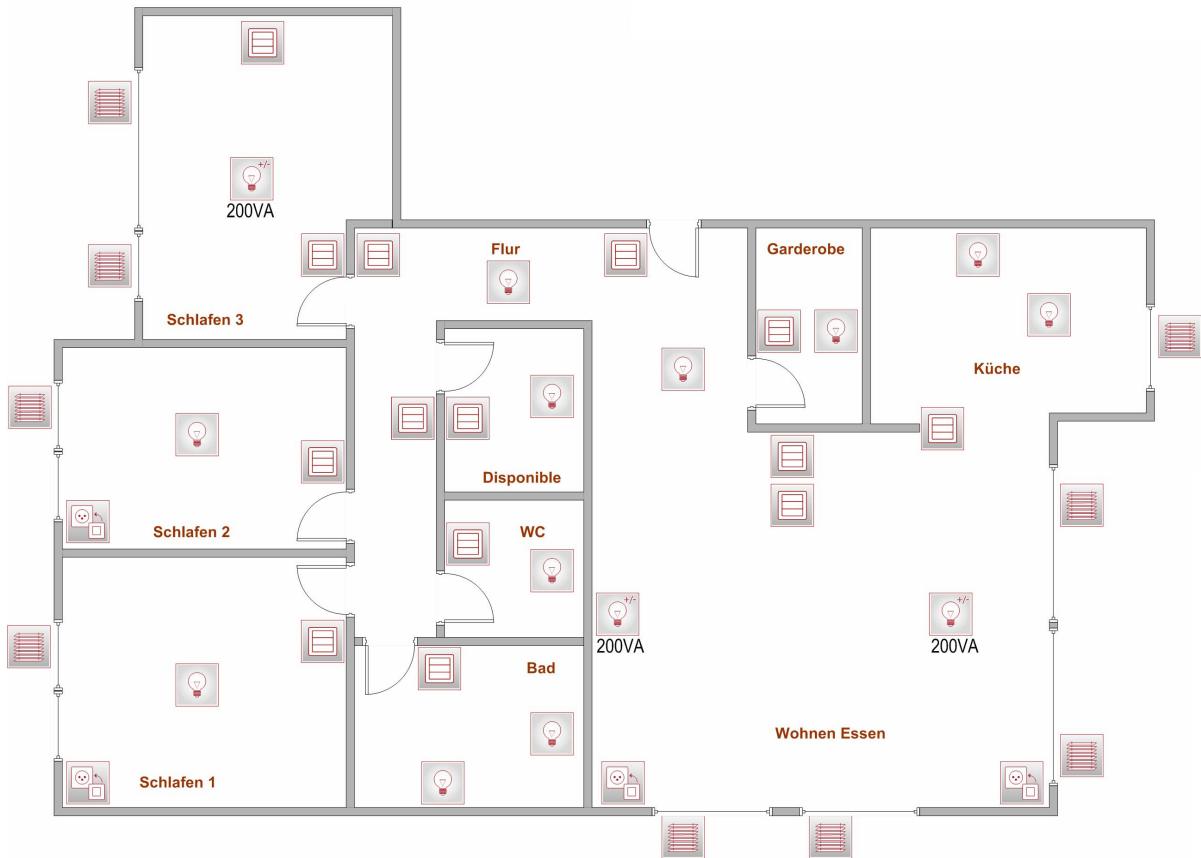
- |                  |  |                               |
|------------------|--|-------------------------------|
| • Feller zeptron | für einfachen Ausbaustandard           | Labor                         |
| • Theben Luxor   | einfacher Ausbaustandard               | Laobr                         |
| • Legrand In One | einfacher bis mittlerer Ausbaustandard | Labor                         |
| • SPS-Steuerung  | mittlerer bis hoher Ausbaustandard     | Objekt <i>Meier</i>           |
| • KNX-Bussystem  | einfacher bis hoher Ausbaustandard     | Labor und Objekt <i>Savia</i> |

### 3.1 Modellwohnung für den Vergleich der Systeme

Für den Vergleich der Systeme wurde eine Modellwohnung zugrunde gelegt (vgl. Bild 3-1). Bei jedem System wurde die Art und Anzahl der Komponenten bestimmt, um die gleiche Funktionalität zu erreichen. Damit wird gewährleistet, dass der Eigenverbrauch der Systeme untereinander vergleichbar ist. Es wurde die folgenden Funktionen verlangt:

- Lokale Bedienung von Jalousien und Beleuchtung
- Zentraler Aus-Befehl bei der Haustüre
- Zentrale Jalousie-Steuerung bei der Haustüre
- Zwei Szenen im Wohnzimmer

Falls vorhanden wurde auch ein einfaches busfähiges Touchpanel eingesetzt, dessen Verbrauch wird aber separat ausgewiesen und nicht zum Verbrauch der Steuerungskomponenten addiert.



*Bild 3-1 Modellwohnung zum Vergleich des Eigen-Energieverbrauch der unterschiedlichen Systeme bei gleicher Funktionalität.*

### 3.2 Messgeräte und Messmethode

Die Labormessungen wurden mit den folgenden Instrumenten durchgeführt:

- *Fluke 43B Power Quality Analyser*, erlaubt die Messung von Strom, Spannung, Leistungsfaktor, Wirkleistung, Blindleistung und Scheinleistung und bietet zusätzlich Oszilloskop- und Netzanalysefunktionen.
- *Hioki 3283* Präzisionsmesszange zur Strommessung und zusammen mit dem *Fluke Power Analyser* zur Leistungsanalyse.
- *EMU 1.29* Energie- und Leistungsmessgerät, für Wirkleistungsmessungen an Geräten mit Netzstecker.

#### 3.2.1 Betriebszustände

Eine Unterscheidung von Betriebszuständen ist bei den Steuerungskomponenten wenig aufschlussreich. Die meisten Komponenten sind für den grössten Teil der Zeit in einem Bereitschaftsbetrieb. So werden z.B. Jalousien nur für wenige Minuten pro Tag aktiv verstellt, in der übrigen Zeit werden Stellmotoren und Aktoren nicht betätigt. Einzig Dimmer sind während mehrerer Stunden pro Tag, nämlich immer dann, wenn die betreffende Lampe brennt, in einem Normalbetrieb.

Statt einer Unterscheidung von Betriebszuständen wurde bei den Dimmern ein lastabhängiger und ein lastunabhängiger Verbrauch unterschieden. Der lastunabhängige Anteil wird von der Stromversorgung der internen Elektronik verursacht und tritt dauernd auf, während der lastabhängige Teil nur dann auftritt, wenn die angeschlossene Lampe brennt.

### 3.2.2 Lastabhängiger Verbrauch der Dimmer

Gerade dieser zweite Verbrauchsanteil hat bei den Messungen grosse Schwierigkeiten verursacht. Der Grund dafür liegt in der geringen Leistungsaufnahme der Dimmer im Vergleich mit der angeschlossenen Lampe. Beim Betrieb mit einer 150 Watt-Halogenlampe liegt der lastabhängige Anteil des Eigenverbrauches des Dimmers in der Größenordnung von 1 Watt. Die totale Leistungsaufnahme von Dimmer und Lampe ist um weniger als 1% höher, als die Leistungsaufnahme der Lampe selbst.

Im ersten Durchgang wurde der lastabhängige Anteil durch eine Differenzmessung bestimmt: Leistungsaufnahme am Eingang des Dimmers (beinhaltet den Eigenverbrauch des Dimmers plus die Leistungsaufnahme der Lampe) abzüglich Leistungsaufnahme direkt an der Lampe. Die Differenz beträgt, wie oben erklärt, weniger als 1%, was mit einem handelsüblichen Messgerät nicht erfasst werden kann. Das *EMU*-Messgerät, das sich in vielen Situationen als präzises Gerät bewährt, hat eine Genauigkeit von 2%, die zu erfassende Differenz liegt unterhalb der Messgenauigkeit.

In einem zweiten Anlauf wurde versucht, die lastabhängigen Verluste direkt, und nicht über eine Differenzbildung, zu messen. Dazu wurde der Spannungsabfall über dem Dimmer kombiniert mit dem Strom, der in die Lampe fliesst. Daraus sollte sich direkt der lastabhängige Anteil des Eigenverbrauches ergeben. Wie Bild 3-2 zeigt stellt auch diese Messung hohe Anforderungen an das Messgerät. Der Eigenverbrauch des Dimmers ergibt sich aus dem Produkt von Spannung (obere Zeile) und Strom (untere Zeile). Wenn der Strom in der Last Null ist, liegen hohe Spannungen über dem Dimmer, und wenn Strom fliesst, ist die Spannung sehr klein. Das Messgerät errechnet eine Wirkleistung von 1 Watt, was aber der minimale Messauflösung entspricht (kleinster darstellbarer Wert). Berechnet man die Leistung aus Strom, Spannung und Leistungsfaktor, so ergibt sich ein Wert von 0,752 W.

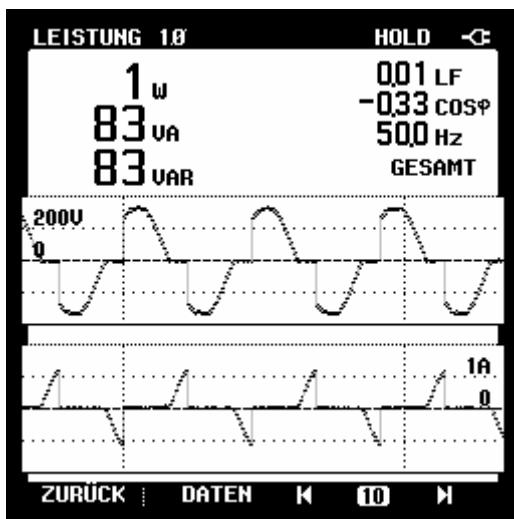


Bild 3-2 Signalformen bei der Messung des lastabhängigen Eigenverbrauches

Die Bedeutung der lastabhängigen Verluste ist nicht sehr gross. Vergleicht man beim betrachteten Dimmer (*Feller zeptrion*) die lastabhängigen und die lastunabhängigen Verbrauchswerte, so ergibt sich folgende Situation:

- Lastabhängig: Leistungsaufnahme rund 1 Watt, Dauer unter 3 Stunden pro Tag, Verbrauch maximal 1,1 kWh/Jahr
- Lastunabhängig: Leistungsaufnahme 0,4 Watt, Dauer 24 Stunden pro Tag, Verbrauch 3,5 kWh/Jahr
- Gesamtverbrauch (lastabhängig und lastunabhängig) 4,6 kWh/Jahr
- Anteil lastabhängiger Verbrauch: knapp 25%.

Selbst ein Messfehler von 50% auf dem lastabhängigen Anteil wirkt sich nur mit 10% auf den Jahresverbrauch aus. Aufgrund dieser relativ geringen Bedeutung wurde auf weitere Messungen verzichtet. Für die Auswertungen wird die verbrauchsabhängige Leistungsaufnahme bei allen Dimmern mit 0,8 Watt eingesetzt.

### 3.2.3 Systemeinflüsse

- **Feller zeptron:** Hier wurde überprüft, ob der Anschluss einer Nebenstelle einen Einfluss auf den Energieverbrauch der Hauptstelle hat. Das war nicht der Fall, so konnten die Geräte einzeln gemessen werden.
- **Legrand In One:** Das System arbeitet völlig dezentral, es bestehen keine Abhängigkeiten zwischen den Komponenten. So konnten auch hier die Geräte einzeln gemessen werden.
- **KNX:** Hier wurde im Labor ein kleines Bussystem aufgebaut. Die totale Leistungsaufnahmen kann an der Stromversorgungseinheit gemessen werden. Zusätzlich wurde noch eine allfällige Stromaufnahme der Akten am 230 Volt-Netz gemessen.
- **Theben Luxor:** Das System funktioniert wie ein kleines SPS-System. Die Taster sind direkt auf die Aktoren verdrahtet und haben keinen Eigenbedarf. Die Ausgänge sind mit Schaltkontakten ausgeführt und daher nicht lastabhängig. So konnten auch hier die Geräte einzeln gemessen werden.

## 3.3 Messergebnisse

### 3.3.1 Zusammenfassung

Hochgerechnet auf ein Jahr beträgt die Energieaufnahme der vier im Labor gemessenen Systeme zwischen 63 und 137 kWh, im Mittel der vier Systeme 106 kWh. Dies entspricht einer dauernden Leistungsaufnahme von 12 Watt über das ganze Jahr. Eine Messkampagne im Auftrag des Bundesamtes für Energie zum Standby-Verbrauch in Schweizer Haushalten (Zender 2006) ergab Werte von 20 bis 80 Watt für den Standby-Verbrauch der untersuchten, nicht vernetzten Wohnobjekte. Der Wert von 12 Watt entspricht in etwa einem üblichen Wert für die dauernde Leistungsaufnahme im Heimbüro (PC, Peripherie und einfacher Drucker) oder dem Bereich TV/Video (TV-Gerät, Video oder DVD und einfache Settop-Box) (vgl. Nipkow 2007a).

### 3.3.2 Verbrauchstendenzen

Zwischen den einzelnen Systemen gibt es beträchtliche Unterschiede, die Streubreite zwischen dem tiefsten und dem höchsten Verbrauch beträgt mehr als 100%. Die folgenden Tendenzen können aus den Messungen abgelesen werden:

- Bei Systemen, die direkt mit 230 Volt-Steuerspannungen arbeiten, haben in der Regel nur die Aktoren einen Eigenverbrauch, die Taster sind passiv. Die gemessene Leistungsaufnahme pro Aktormodul liegt zwischen 0,4 und 2,1 Watt. Sie ist nicht direkt von der Anzahl Schaltkanäle abhängig, bei mehrkanaligen Aktoren ist der Verbrauch pro Kanal geringer. Zwischen den Produkten verschiedener Hersteller gibt es beträchtliche Unterschiede.
- Bei *Powerline*-Systemen benötigen sowohl Aktoren, wie auch Sensoren (Taster) eine Stromversorgung. Das gemessene System benötigt pro Modul rund 0,6 Watt. Auch hier ist der Verbrauch nicht direkt von der Anzahl Kanäle abhängig, bei Mehrfachmodulen ist der Verbrauch pro Kanal deutlich tiefer.
- Beim Bussystem *KNX* haben alle Busknoten, auch die Taster, eine dauernde Leistungsaufnahme. Diese ist mit rund 0,3 Watt pro Knoten allerdings sehr tief. Dazu kommt der Eigenbedarf der Dimmerbausteine, die neben den lastabhängigen Verlusten auch eine dauernde lastunabhängige Leistungsaufnahme auf der 230 Volt-Seite haben (beim gemessenen Modell 0,84 Watt).

Die vollständige Tabelle mit den Messergebnissen ist im Anhang 1 enthalten.

### 3.3.3 Touchpanel

Es wurden vier Panel berücksichtigt, drei davon sind auch bei den untersuchten Wohnobjekten im Einsatz, zusätzlich wurde noch das KNX-Panel von Feller dazugenommen (Tab. 3-1).

Die beiden KNX-Panel sind nur im KNX-System einsetzbar. Mit ihnen können die verschiedenen Teile der Haussteuerung, wie Beleuchtung, Beschattung, Heizung etc. bedient werden. Die Funktionalität wird mit der *ETS-Software* konfiguriert.

Die beiden anderen Panels sind universeller einsetzbar. Das *Inpotech*-Gerät ist eigentlich ein herkömmlicher PC-Bildschirm mit Touchpanel-Funktionen. Es muss an einen Gebäude- oder Medienserver angeschlossen werden. Die Funktionalität wird durch die Bedienungssoftware auf dem Server festgelegt.

Das *Invois* Panel verfügt selbst über ein *Windows* Betriebssystem und kann direkt über *Ethernet* mit anderen Rechnern und Servern kommunizieren. Es kann bei allen Systemen mit einem IP-Gateway verwendet werden (z.B. KNX, *In One*, SPS-Steuerung etc.).

Bei den Panels wurde zwischen Bereitschaft und Normalbetrieb unterschieden. Im Normalbetrieb wird das Panel aktiv benutzt, es werden Informationen abgerufen oder Elemente der Haussteuerung beeinflusst. Diese Zeit dürfte höchstens eine Stunde pro Tag ausmachen. In der übrigen Zeit kann das Panel dunkel sein, muss aber durch Berührung oder andere Bedienhandlung aufweckbar sein.

| System              | Gerätebezeichnung |             | Normalbetrieb     |          | Bereitschaft      |          | jährliche Energieaufnahme |                      |             |
|---------------------|-------------------|-------------|-------------------|----------|-------------------|----------|---------------------------|----------------------|-------------|
|                     |                   |             | Wirk-leistung [W] | Zeit [h] | Wirk-leistung [W] | Zeit [h] | Bereit-schaft [kWh]       | Normal-betrieb [kWh] | Total [kWh] |
| KNX                 | Touchpanel        | Feller 3790 | 6.66              | 1.0 h/d  | 1.33              | 23.0 h/d | 2.4                       | 11.2                 | 13.6        |
|                     | Touchpanel        | BuschJäger  | 2.77              | 1.0 h/d  | 0.75              | 23.0 h/d | 1.0                       | 6.3                  | 7.3         |
| VGA-Bildschirm      | Inpotech          | 15"         | 15.9              | 1.0 h/d  | 2.38              | 23.0 h/d | 5.8                       | 20.0                 | 25.8        |
| Windows Embedded CE | Invois            | AHM-6124    | 26                | 1.0 h/d  | 21                | 23.0 h/d | 9.5                       | 176.3                | 186         |

Tab. 3-1 Jährliche Energieaufnahme der gemessenen Touchpanel (Quelle MG Power Engineering)<sup>5</sup>

Alle Panel haben einen Bereitschaftszustand mit reduzierter Leistungsaufnahme, die in den meisten Fällen um 1 bis 2 Watt liegt. Eine Ausnahme bildet das *Embedded*-System, das auch in der Bereitschaft noch über 20 Watt bezieht.

Hochgerechnet auf ein Jahr ergeben sich Verbrauchswerte um die 10 kWh für die KNX-Panel und 26 bis 186 kWh für die Panel mit höherer Funktionalität. Zum Vergleich: Gemäss Branchenverband SWICO<sup>6</sup> bezieht ein LCD-Bildschirm im Privathaushalt um die 50 kWh pro Jahr, ein PC ca. 100 kWh. Die KNX-Panel würden den Verbrauch des einfachen KNX-Systems aus der Labormessung um rund 15% erhöhen. Das *Embedded* System, eingesetzt bei der *Powerline* Steuerung, würde den ohnehin recht hohen Verbrauch mehr als verdoppeln.

<sup>5</sup> Windows Embedded CE: Leistungsaufnahme gemäss Herstellerangabe, übrige Panels gemessen.

<sup>6</sup> SWICO: Schweizerischer Wirtschaftsverband der Informations-, Kommunikations- und Organisationstechnik

## 4 Messungen in realisierten Objekten

### 4.1 Messgeräte und Messmethoden

Für die Messungen in den beiden Wohnobjekte wurden die gleichen Instrumente eingesetzt, wie für die Komponentenmessungen im Labor:

- Netz- und Stromversorgungsanalysator *Fluke 43B* mit Strommesszange *Hioki 3283*
- Energie- und Leistungsmessgerät *EMU 1.29*

Mit der Strommesszange und dem Netzanalysator wurden die fest installierten Komponenten gemessen, mit dem *EMU 1.29* die Geräte mit Netzstecker.

Neben der reinen Wirkleistung wurden pro Gerät zusätzlich die Anschlussspannung, die Stromaufnahme, die Blindleistung sowie Cosphi und Leistungsfaktor gemessen. Damit kann auch die Qualität der Netzteile beurteilt werden.

Bei den Dimmern wurden im Feld nur die lastunabhängigen Leerlaufverluste gemessen. Es wurde die gleiche Methode angewandt, wie bei den übrigen Geräten. Zusätzlich wurde im Labor versucht, den lastabhängigen Anteil der Leistungsaufnahme separat zu messen (vgl. Kapitel 3).

Wo möglich wurden die Messungen in den drei folgenden Betriebsarten durchgeführt:

1. Normalbetrieb: In dieser Betriebsart führen die Geräte ihre Hauptfunktion aus.
2. Bereitschaft: In dieser Betriebsart stehen die Geräte in Abrufbereitschaft zum Beispiel über eine Fernsteuerung. Die Hauptfunktion ist ausgeschaltet, es verbleibt aber mindestens eine Nebenfunktion, z. B. der Empfang der Signale von der Fernsteuerung.
3. Schein-Aus: Die Geräte sind in dieser Betriebart scheinbar ausgeschaltet. Technisch bedingt ist der Netzschalter oft nicht in der Zuleitung sondern auf der Sekundärseite des Netzgerätes eingebaut und die Geräte nehmen auch in diesem scheinbar ausgeschalteten Zustand eine Leistung auf. Alle Geräte mit Steckernetzteil laufen prinzipiell in diesem Modus, wenn sie nicht zusätzlich eine Bereitschafts-Funktion ausführen.

### 4.2 Auswertungen

Die jährliche Energieaufnahme pro Gerät wurde aus der Leistungsaufnahme und der jährlichen Betriebszeit für die obigen drei Betriebszustände berechnet, wobei zu erwähnen ist, dass eine Schein-Aus-Funktion bei keinem der Gerät realisiert war. Somit sind Aussagen über die Energieaufnahme pro Gerät und weiter für die Betriebszustände Normalbetrieb und Bereitschaftsbetrieb möglich.

Soweit möglich wurde die Leistungsaufnahme in den Zuständen Normalbetrieb und Bereitschaft direkt gemessen. Die Betriebsdauer für die zwei Zustände ergibt sich aus den betrieblichen Anforderungen der Geräte oder wurde zusammen mit den Bewohnern abgeschätzt.

Aus der Summe aller Werte ergibt sich der Energiebezug für das Intelligente Wohnen in den untersuchten Objekten, ebenfalls aufgeteilt in Normalbetrieb und Bereitschaft.

Bei vielen Geräten ist keine eigentliche Bereitschaftsfunktion mit einer Absenkung der Leistungsaufnahme vorhanden. Aufgrund der Benutzeranforderungen wäre es aber möglich, sie nachts oder bei längerer Nichtbenutzung auch tagsüber in Bereitschaft zu versetzen. In der Realisierung solcher Bereitschaftsfunktionen liegt ein grosses Einsparpotenzial. Um dieses aufzuzeigen wurde bei der Auswertung, unabhängig von der technischen Verfügbarkeit, ein hypothetischer Bereitschaftsbetrieb eingeführt. Als Dauer der Bereitschaft wurde dabei diejenige Zeit angesetzt, während der das Gerät von den betrieblichen Anforderungen her in einem Bereitschaftszustand sein könnte. Die Leistungsaufnahme wurde bei diesen Geräten ohne echte Bereitschaftsfunktion aus der Spalte Normalbetrieb übernommen. Somit kann die jährliche Energieaufnahme auch hier in

einen Anteil für den zwingend notwendigen Normalbetrieb und einen hypothetischen Bereitschaftsbetrieb unterteilt werden.

Ein Schein-Aus-Zustand wurde bei keinem der gemessenen Geräte festgestellt. Im Rahmen dieser Studie wurden vorwiegend Geräte der Vernetzung untersucht, die typischerweise in einem Schaltschrank im Keller oder in einer Unterputzdose untergebracht sind. Bei dieser Platzierung ist es ausgeschlossen, dass am Gerät selbst ein Schalter zum Einschalten betätigt wird. Die Geräte müssen dauernd von fern ansprechbar sein und müssen zumindest in einem Bereitschaftszustand verbleiben.

Zusätzlich wurden die Komponenten in vier Kategorien eingeteilt:

- Haussteuerung: Beleuchtungssteuerung, Jalousiesteuerung, Heizungsanbindung etc. inkl. Steuerungsserver
- Kommunikation: interne IT-Vernetzung, Anbindung ans Internet, Anschluss Kabel-TV und Telefondienste, Türsprechstelle
- Unterhaltungselektronik: zentrale Komponenten für Audio- und Videoanwendungen inkl. Mediaserver
- Sicherheit: Alarmanlage, Überwachungskameras

Die vollständige Liste der Messungen ist in den Anhängen 2 und 3 enthalten.

## 4.3 Haus Savia, Bülkikon AG

### 4.3.1 Messung

Das Haus *Savia* verfügt über zwei Bussysteme, das KNX-System für die Haussteuerung und *Ethernet* für die Vernetzung der IT-Geräte sowie für die Anbindung ans Internet. Dazu kommen die Installationen für das Kabelfernsehen und das Festnetz-Telefon auf Kommunikationsdosen in den verschiedenen Zimmern.

Die meisten der gemessenen Geräte sind in einem zentralen Steuerschrank untergebracht. Drei Internet-Radios sind in den Wohnräumen verteilt.

Die Versorgung des KNX-Busses erfolgt über zwei zentrale Spannungsversorgungseinheiten. Die Leistungsaufnahme aller Knoten konnte zentral an diesen beiden Geräten erfasst werden. Aktoren und Dimmer haben zusätzlich eine Leistungsaufnahme vom 230 Volt-Netz, die z.T. im Labor nachgemessen wurde.

Die vollständige Liste der gemessenen Geräte ist im Anhang 2 enthalten.

### 4.3.2 Auswertung

Der totale Strombezug für die Vernetzung beträgt knapp 1'900 kWh pro Jahr. Für eine 3-köpfige Familie in einem Einfamilienhaus rechnet man üblicherweise mit einem Strombezug (ohne Brauchwassererwärmung und ohne Vernetzung) von 5'000 kWh (vgl. Nipkow 2007b). Im Vergleich mit diesem Richtwert erhöht die Vernetzung den Strombezug um knapp 40%.

Bild 4-1 und Bild 4-2 zeigen den jährlichen Elektrizitätsbezug pro Gerät. Wie schon im Smarthome, ist auch hier der Mediaserver, der rund um die Uhr mit knapp 80 Watt läuft, der grösste Verbraucher. Damit dürfte er auch in diesem Objekt dasjenige Haushaltgerät mit dem absolut höchsten Verbrauch sein, vor den Haushaltgrossgeräten wie Waschmaschine, Tumbler, Kochherd und Backofen. Der Mediaserver verursacht Stromkosten von CHF 140.- pro Jahr<sup>7</sup>, was in 5 Jahren ca. die Hälfte des Anschaffungspreises ausmacht.

---

<sup>7</sup> Strompreis 20 Rappen pro Kilowattstunde

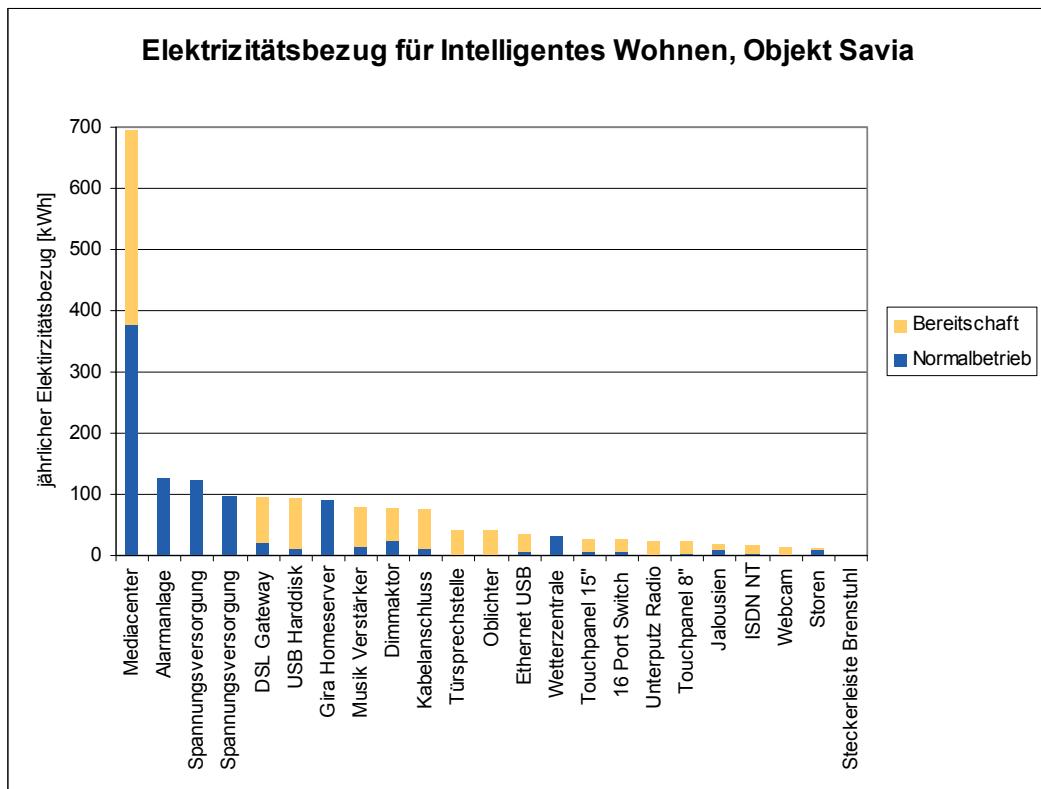


Bild 4-1 Elektrizitätsbezug für Intelligentes Wohnen, alle Geräte, Objekt Savia<sup>8</sup>

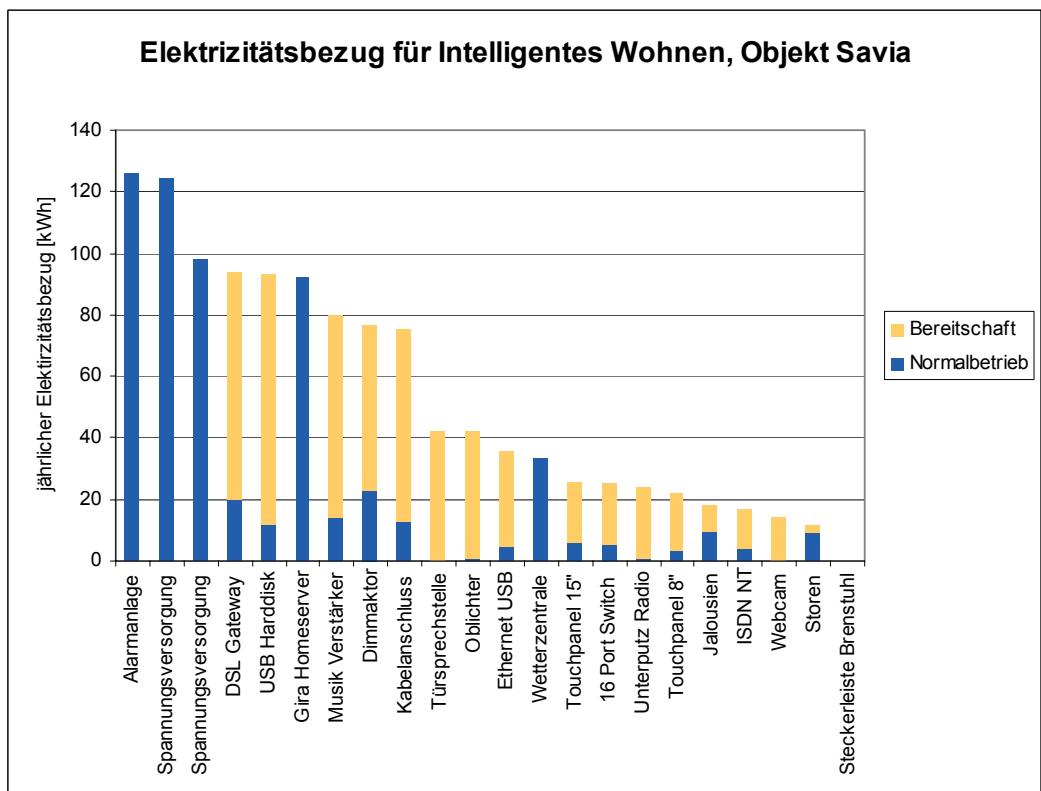


Bild 4-2 Elektrizitätsbezug für Intelligentes Wohnen (ohne Mediaserver), Objekt Savia<sup>7</sup>

<sup>8</sup> Zum Bereitschaftsbetrieb siehe Erläuterungen im Abschnitt 4.2

Auch die Geräte der Kommunikation, speziell der Kabel-TV-Verstärker und das DSL-Modem sind nicht zu vernachlässigen. Mit Leistungen von 9 und 11 Watt und einem Betrieb rund um die Uhr verbrauchen diese zwei Geräte zusammen mehr Energie als ein moderner Kühlschrank. Erfreulich tief ist die Leistungsaufnahme des Ethernet-Switches mit lediglich 2,9 Watt.

Mit der speziellen Berechnung des Bereitschaftsbetriebes, wie in Abschnitt 4.2 beschrieben, ergibt sich ein Anteil von knapp 50% der Energieaufnahme im angenommenen Bereitschaftszustand, 50% im Normalbetrieb (vgl. Bild 4-3).

Die eigentliche Haussteuerung mit den ca. 100 Knoten am KNX-Bus, dem *Gira-Home-Server* und drei einfachen Tochpanels am KNX-Bus benötigen 517 kWh, also rund 30% des totalen Verbrauches für die Vernetzung (vgl. Bild 4-4).

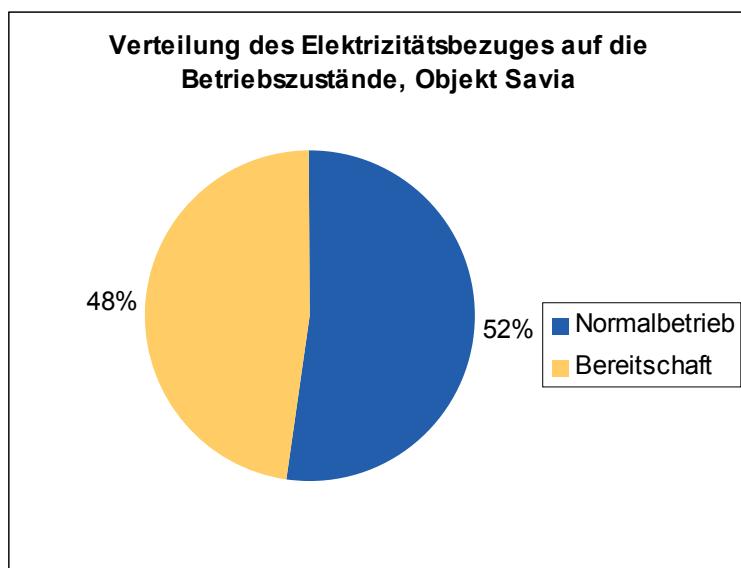


Bild 4-3 Verteilung des Elektrizitätsbezuges auf die Betriebszustände, Objekt Savia

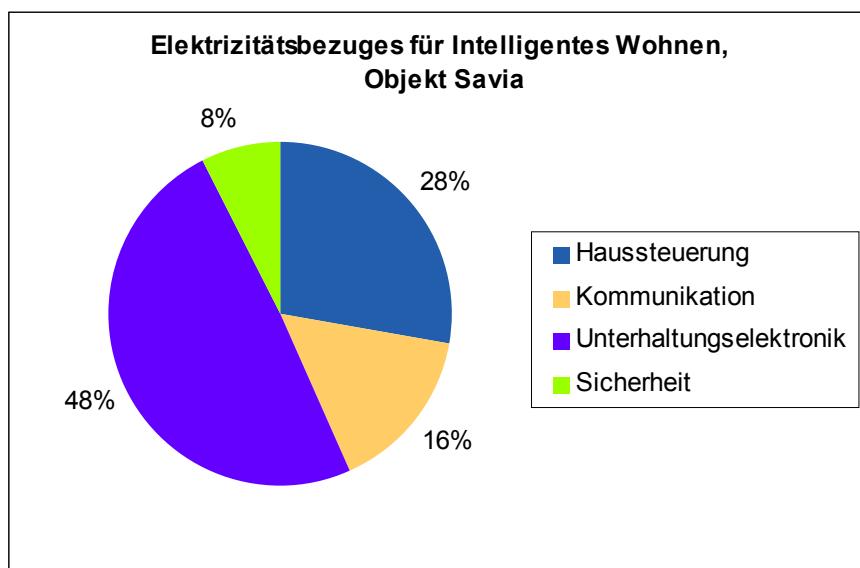


Bild 4-4 Verteilung auf die Verbrauchskategorien, Objekt Savia

#### 4.3.3 Einsparungen durch intelligente Steuerungsfunktionen

Die im Abschnitt 2.5.4 aufgelisteten Steuerungsfunktionen erzielen Energieeinsparungen sowohl beim Haushaltstrom, wie auch beim Heizwärmebedarf. Für ein Objekt von 250 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche nach Grenzwert SIA 380/1 dürfte der Heizwärmebedarf bei rund 20'000 kWh<sup>9</sup> pro Jahr liegen. Die Wärme wird mit einer Sole/Wasser-Wärmepumpe bereitgestellt. Der erforderliche Strombezug liegt in der Größenordnung von 7'000 kWh. Für den übrigen Haushaltstrom, ohne Brauchwassererwärmung und ohne den Zusatzverbrauch für die Komponenten der Vernetzung, kann von einem Bezug von 5'000 kWh ausgegangen werden (Nipkow 2007b).

Eine der intelligenten Steuerungsfunktionen ist der zentrale Aus-Befehl beim Verlassen des Gebäudes. Für die Abschätzung der Wirkung gehen wir von einer Abwesenheitszeit von 1'500 Jahresstunden aus (3 Wochen Ferien, 26 Sonntage zu 8 Stunden, 49 Arbeitswochen mit täglicher Abwesenheit von 3 Stunden). Das entspricht 17% der Jahresstunden.

- Eine Absenkung der Raumtemperatur um 2°C ergibt eine Einsparung von 12% auf das ganze Jahr berechnet. Bei einer Abwesenheit von 17% der Zeit über das ganze Jahr gleichmäßig verteilt beträgt die Einsparung 2% des Jahresverbrauches, resp. 400 kWh Wärme oder 140 kWh Elektrizität für die Wärmepumpe.
- Das Ausschalten des Musikverstärkers und des Touchpanels wurde bereits bei der Berechnung des Mehrverbrauches durch die Vernetzung berücksichtigt.
- Das Ausschalten der Beleuchtung wird teilweise kompensiert durch die Abwesenheitssimulation. Diese vollzieht an jedem Wochentag das entsprechende Benutzungsmuster der vorhergehenden Woche nach. Obwohl niemand zu Hause ist, wird für die Beleuchtung genau gleich viel Strom bezogen, wie wenn die Familie anwesend wäre.

Eine mögliche Einsparung liegt darin, dass vergessene Lampen automatisch ausgeschaltet werden. Geht man einer vergessenen Lampen zu 60 Watt an 1'500 Stunden aus, so ergibt sich eine Einsparung von 90 kWh pro Jahr.

Als zweite Massnahme wird die Wirkung abgeschätzt, die sich durch das Ausschalten der Geräte der Unterhaltungselektronik ergibt. Dabei werden die folgenden Werte für den Standby-Verbrauch angesetzt:

- |                 |                           |                            |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|
| • TV:           | Leistungsaufnahme 3 Watt  | Standby-Zeit 3'000 Stunden |
| • DVD:          | Leistungsaufnahme 5 Watt  | Standby-Zeit 5'700 Stunden |
| • Stereoanlage: | Leistungsaufnahme 10 Watt | Standby-Zeit 3'800 Stunden |

Es ergibt sich eine Einsparung von knapp 70 kWh pro Jahr.

Dank den Fensterkontakte werden offen gelassene Fenster beim Verlassen des Gebäudes gemeldet. Zusätzlich drosselt die Steuerung die Heizventile. Durch ein gekipptes Fenster entweicht im Winter pro Stunde eine Energiemenge von 0,67 kWh<sup>10</sup>. Die gleiche Menge geht bei einem offenstehenden Fenster bereits in 5 Minuten verloren. Rechnet man mit 60 Stunden für vergessene Kippfenster und 20 Stunden offen gelassene Fenster, so ergibt sich eine Einsparung von rund 200 kWh Heizwärme oder 1% des Jahresverbrauchs.

Die Beleuchtungssteuerung in den Korridoren spart in zweierlei Hinsicht Energie, einerseits wird sie über Bewegungssensoren geschaltet und zusätzlich wird abends nach 21:00 Uhr die Leistung auf rund 25% reduziert. Als Berechnungsgrundlage gehen wir von 5 Niedervolthalogenlampen mit einer Leistung von je 35 Watt aus. Bei einer jährlichen Brenndauer von 300 Stunden ergibt sich ein Verbrauch von 52,5 kWh. Die Steuerung über Präsenzmelder reduziert die Brenndauer um 20%, die Leistungsreduktion um 75% abends betrifft rund die Hälfte der verbleibenden Brenndauer. Es ergibt sich eine Einsparung von rund 30 kWh pro Jahr.

In Tab. 4-1 sind die Einsparungen zusammengestellt. Es resultiert eine Einsparung von 3% beim Heizwärmebedarf und 4% beim Haushaltstrom (ohne Vernetzung, Gebäudeheizung und Wassererwärmung). In absoluten

<sup>9</sup> Heizwärmebedarf Qh gemäss SIA 380/1. Entspricht bei einer Ölheizung einem Verbrauch von rund 2'400 Liter.

<sup>10</sup> Innentemperatur 20°C, Außentemperatur 0°C.

Zahlen und ohne Gewichtung der Energieträger beträgt die Einsparung 790 kWh<sup>11</sup>. Der zusätzliche Strombezug für die Vernetzung ist dagegen mehr als doppelt so hoch.

| Spalte 1  | Einsparung Elektrizität | Einsparung Heizwärmebedarf |
|---|-------------------------|----------------------------|
| Absenkung Raumtemperatur bei Abwesenheit            |                         | 400 kWh                    |
| Ausschalten Beleuchtung bei Abwesenheit             | 90 kWh                  |                            |
| Netztrennung der Geräte der Unterhaltungselektronik | 70 kWh                  |                            |
| Fensterkontakte auswerten                           |                         | 200 kWh                    |
| Beleuchtungssteuerung in den Korridoren             | 30 kWh                  |                            |
| <b>Total</b>  | <b>190 kWh</b>          | <b>600 kWh</b>             |

Tab. 4-1 Zusammenstellung der Einsparungen durch intelligente Steuerungsfunktionen im Objekt Savia

#### 4.3.4 Optimierungspotenzial

- **Mediaserver:**

Der Server erfüllt heute zwei Aufgaben, einerseits dient er als Medienserver, andererseits zur Visualisierung der Gebäudezustände auf dem grossen 15"-Panel. In seiner Funktion als Medienserver könnte er zumindest nachts, aber auch tagsüber bei Nichtbenutzung in einen Bereitschaftszustand übergehen. Wenn das Gerät im Wohnzimmer aufgestellt wäre, könnte es sogar von Hand ausgeschaltet werden. Eigentliche Steuerungsfunktionen erfüllt der Server nicht, diese werden vom *Gira*-Server übernommen. Auch für die Visualisierung könnte das Gerät also zumindest nachts in einen Bereitschaftszustand übergehen. Im Moment ist dies nicht möglich, weil sich der Server vom Touch-Panel aus nicht mehr aufwecken lässt. Hr. Savia sucht zur Zeit eine Lösung mit *Wake-on-LAN*, mit der er den Server nachts ausschalten kann.

Zur Abschätzung des Einsparpotenzials werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Übergang in einen Bereitschaftszustand für 11 Stunden pro Tag
- Leistungsaufnahme im Bereitschaftszustand gemäss Vorgaben des *EU Energy Star Programmes* (Leistungsaufnahme im Ruhemodus 4,0 Watt plus 0,7 Watt für *Wake on LAN*, vgl. EC 2006)

Es ergibt sich ein Einsparpotential von 300 kWh pro Jahr, was den Verbrauch des Servers nahezu halbieren würde (vgl. Bild 4-5). Zudem hat das Gerät hohe Leistungsaufnahme im Normalbetrieb von beinahe 80 Watt. Eine Reduktion auf 35 Watt erschliesst ein weiteres Einsparpotenzial von 210 kWh.

- **Kommunikationsgeräte:**

Die Kommunikationsgeräte sind rund um die Uhr in Betrieb, Ruhezustände mit verminderter Leistungsaufnahme sind technisch nicht realisiert. Kommuniziert wird aber nur wenige Stunden pro Tag, für den Rest der Zeit könnten die Geräte in einen Ruhezustand mit tiefer Leistungsaufnahme übergehen. Für die Abschätzung der Leistungsaufnahme werden die folgenden Annahmen getroffen (unabhängig von der technischen Verfügbarkeit entsprechender Geräte):

- Leistungsaufnahme in Bereitschaft: *DSL-Gateway*, *Ethernet-Gateway* und *Ethernet-Switch* je 1,0 Watt (in Anlehnung an die 1 Watt-Initiative der US-Amerikanischen Administration, Bush 2001).
- Leistungsaufnahme in Bereitschaft: für Kabel-TV-Anschluss 3,0 Watt (entspricht der Leistungsaufnahme einer Settop-Box im sog. Standby passiv, vgl. EC 2008)
- Nutzungszeit der Kommunikationsgeräte zwischen drei und sechs Stunden pro Tag (in Absprache mit den Bewohnern).

<sup>11</sup> Die Heizwärme wird mit einer Wärmepumpe erzeugt, die Einsparung von 600 kWh Wärme entspricht dabei einer Stromeinsparung von rund 200 kWh. Auf Niveau Endenergie beläuft sich die effektive Einsparung somit auf 390 kWh Elektrizität.

Es ergibt sich ein Einsparpotenzial von 145 kWh pro Jahr, was ebenfalls rund 50% des heutigen Verbrauchs entspricht.

- Weitere Einsparpotenziale:

Ebenfalls unabhängig von der Verfügbarkeit entsprechender Geräte wird das jährliche Einsparpotenzial der folgenden Massnahmen berechnet:

- Musikverstärker vom Netz trennen, wenn nicht benutzt: Einsparpotenzial 66 kWh
- 1 Watt Bereitschaftsverlust für die Netzwerk-Disk: Einsparpotenzial 75 kWh
- 1 Watt Bereitschaftszustand für die Webcam, nur 9 Stunden Bereitschaft, übrige Zeit ausgeschaltet Einsparpotenzial 11 kWh.

Alleine diese drei Massnahmenpakete ergeben eine rechnerische Einsparung von 805 kWh oder 43% des Strombezuges für das Intelligente Wohnen. Der Anteil des Energiebezuges für die Bereitschaft reduziert sich auf weniger als 30% (vgl. Bild 4-6 bis Bild 4-8). Die detaillierten Berechnungen zu den obigen Massnahmen sind im Anhang 4 enthalten.

Weitere Massnahmen für den Normalbetrieb werden nicht untersucht, sicher besteht auch hier noch ein beträchtliches Einsparpotenzial. Dieser Aspekt ist insbesondere bei denjenigen Geräten von Bedeutung, die von ihrer Funktion her dauernd in Betrieb sein müssen, speziell die Komponenten der Haussteuerung (*Gira-Home-Server* und *Bus-Knoten*).

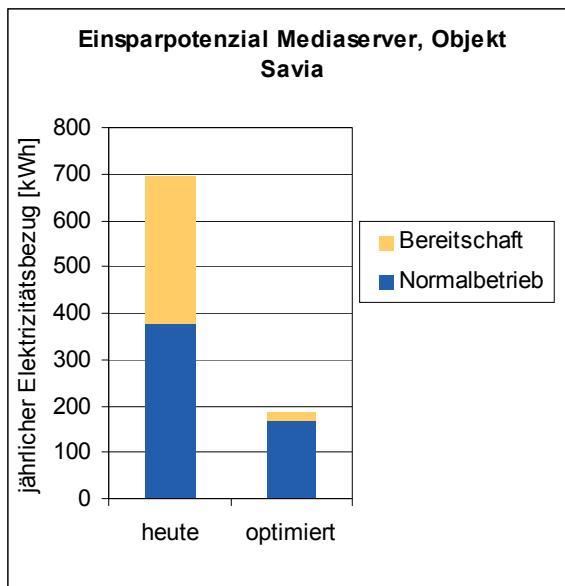


Bild 4-5

Einsparpotenzial Medienservert, Objekt Savia

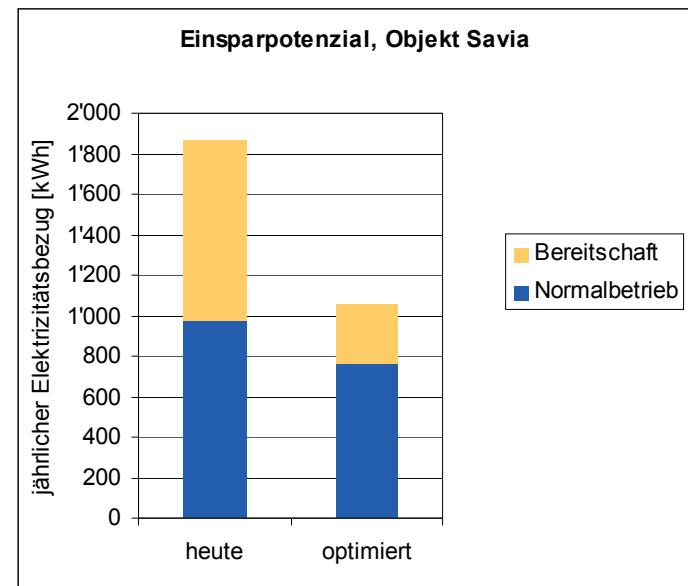


Bild 4-6

Einsparpotenzial nach Betriebszuständen, Objekt Savia

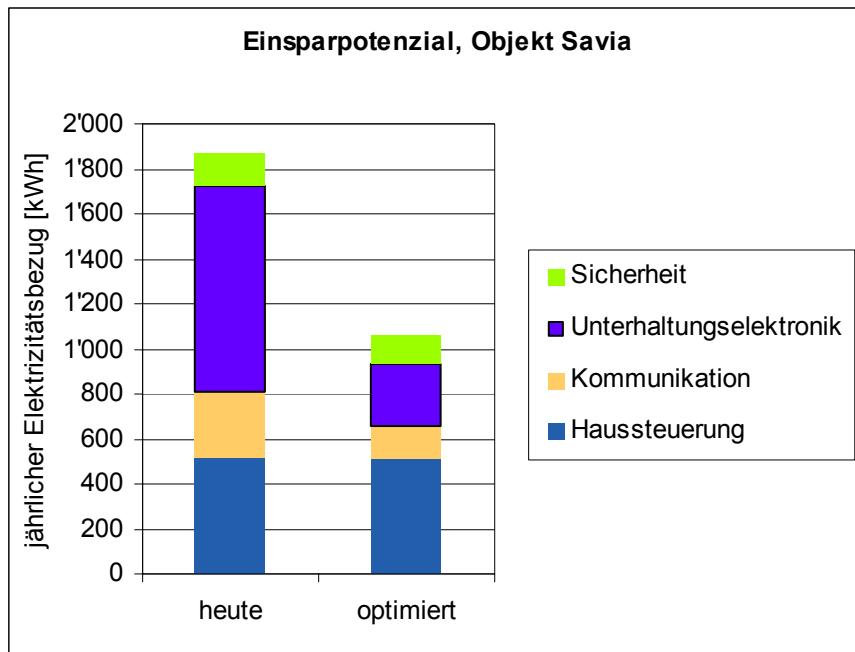


Bild 4-7 Einsparpotenzial nach Gerätegruppen, Objekt Savia

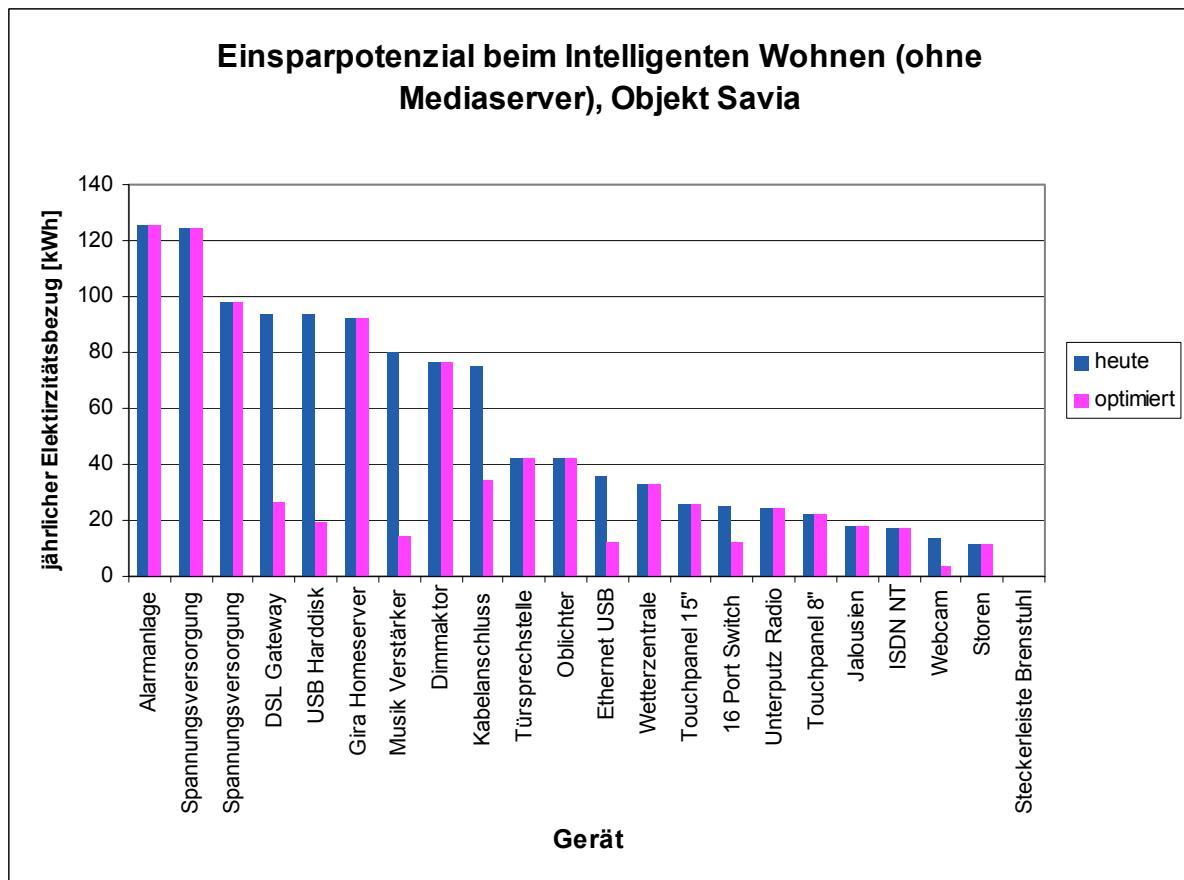


Bild 4-8 Elektrizitätsbezug für Intelligentes Wohnen im Objekt Savia, Vergleich heute und optimiert

## 4.4 Haus Meier in Eschlikon TG

### 4.4.1 Messung

Beim Objekt Meier kommt für die Haussteuerung eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) zum Einsatz, wie sie sonst in industriellen Anlagen Verwendung findet. Als Aktoren werden Schaltschütze verwendet, deren Eigenverbrauch ähnlich den Aktoren im KNX-System anzusetzen ist (ca. 10 mA bei 24 V). Auch der Leistungsbedarf für die Abfrage der Steuerungseingänge (Sensoren und Taster) sind vom Strombezug her ähnlich KNX-Sensoren. Die gesamte Steuerung wird von einem 24 Volt-Netzteil versorgt, das somit auch die Stromaufnahme der Steuerungsein- und Ausgänge beinhaltet. Zusätzlich ist ein Transformator vorhanden, der die Steuerspannung für die Eingänge der SPS bereitstellt.

Auch das Objekt Meier verfügt über ein internes IT-Netzwerk über *Ethernet* und eine Koaxialverkabelung für Kabelfernsehen.

Die Familie Meier hat sich einen separaten Heimkino-Raum eingerichtet. Die Komponenten dieses Raumes wurden Interesse halber auch gemessen, stehen aber nicht direkt in Zusammenhang mit der Vernetzung und sind in den Auswertungen nicht enthalten.

Die vollständige Liste der gemessenen Geräte ist im Anhang 3 enthalten.

### 4.4.2 Auswertung

Der Strombezug für die Vernetzung beträgt hier über 3'500 kWh pro Jahr (ohne Heimkino-Raum). Für die 6-köpfige Familie im Einfamilienhaus würde man üblicherweise mit einem Strombezug (ohne Brauchwassererwärmung und ohne Vernetzung) von 6'500 kWh rechnen (vgl. Nipkow 2007b). Im Vergleich mit diesem Richtwert erhöht die Vernetzung den Strombezug mehr als 50%.

Bild 4-9 zeigt den Elektrizitätsbezug pro Gerät für alle Komponenten, die dem Intelligenten Wohnen dienen. Bild 4-10 zeigt die gleiche Übersicht ohne den Steuerungsserver und mit einer grösseren Auflösung.

Auch hier ist der Steuerungsserver der mit Abstand grösste Verbraucher. Seine einzige Aufgabe besteht darin, die Zustände der Steuerung für die Visualisierung auf den Touch-Panels aufzubereiten und zur Verfügung zu stellen. Diese Funktion kostet die Familie Meier über CHF 150.- im Jahr<sup>12</sup>.

Die eigentliche Haussteuerung ohne den Server, dazugehörigen Bildschirm, Backup-Disk und Touchpanel, benötigt 738 kWh, also deutlich mehr als im Objekt *Savia*. Zu diesem Mehrverbrauch tragen massgeblich die Dimmer mit einer 4 bis 5 fachen Leistungsaufnahme für Bereitschaft und der bereits genannte Transformator für die Steuerungseingänge bei.

Auch die zwei Touchpanel, die als *Embedded Windows-PC* ausgeführt sind, kennen keinen echten Ruhezustand und beziehen zusammen über 370 kWh jährlich.

Der Anteil der Energieaufnahme im Bereitschaftszustand (berechnet, wie in 4.2 beschrieben) beträgt beinahe 70% (vgl. Bild 4-12). Die Anteile der vier Gerätegruppen sind in Bild 4-12 dargestellt.

---

<sup>12</sup> Strompreis 16 Rappen pro Kilowattstunde

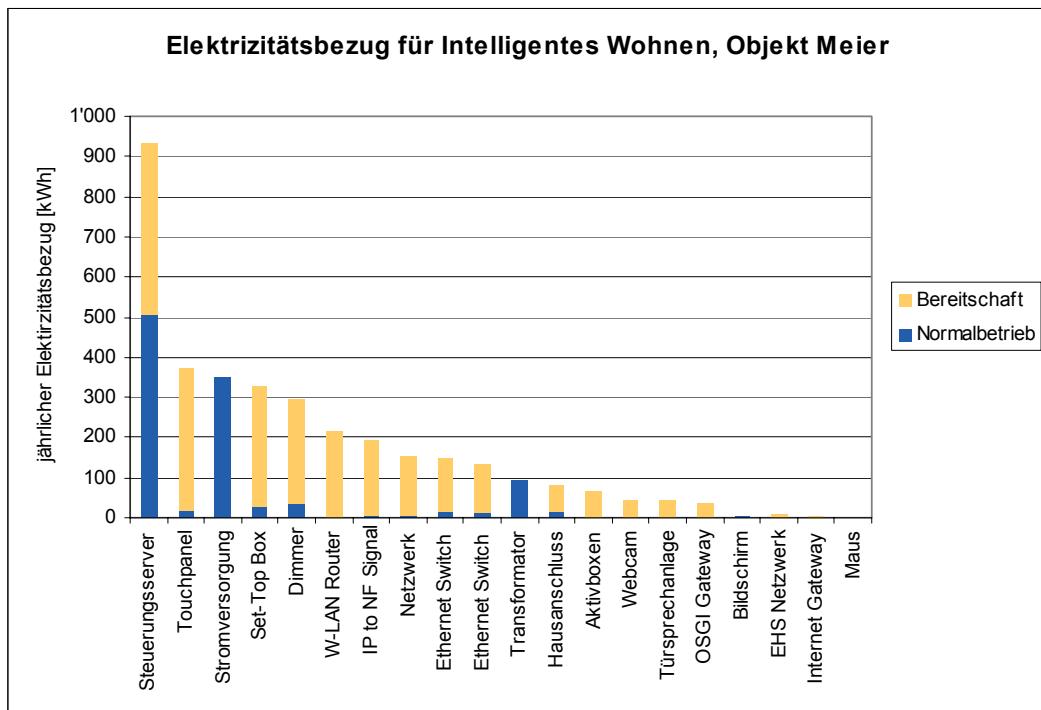


Bild 4-9 Elektrizitätsbezug für Intelligentes Wohnen, alle Geräte, Objekt Meier<sup>13</sup>

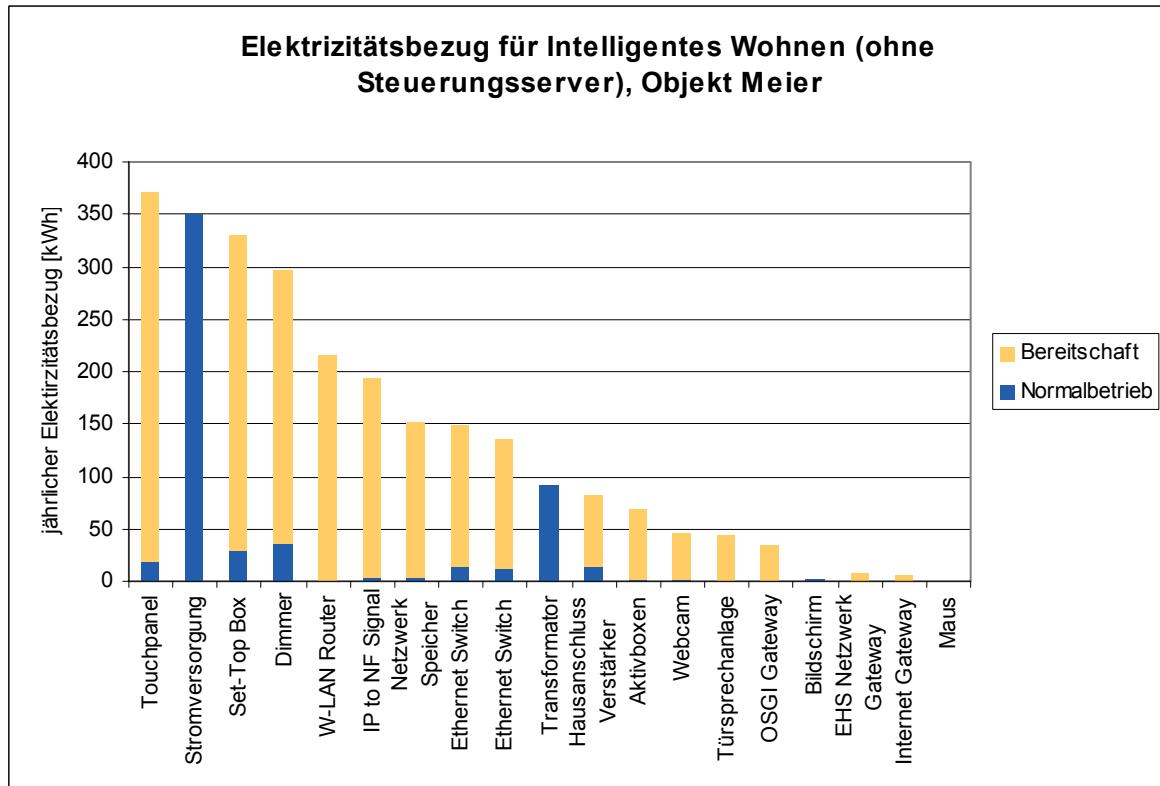


Bild 4-10 übrige Geräte des Intelligenten Wohnens, Objekt Meier<sup>12</sup>

<sup>13</sup> Zum Bereitschaftsbetrieb siehe Erläuterungen im Abschnitt 4.2

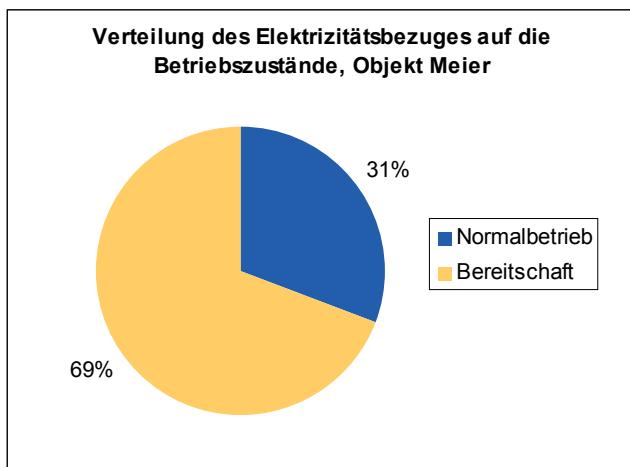


Bild 4-11 Verteilung des Elektrizitätsbezuges auf die Betriebszustände, Objekt Meier

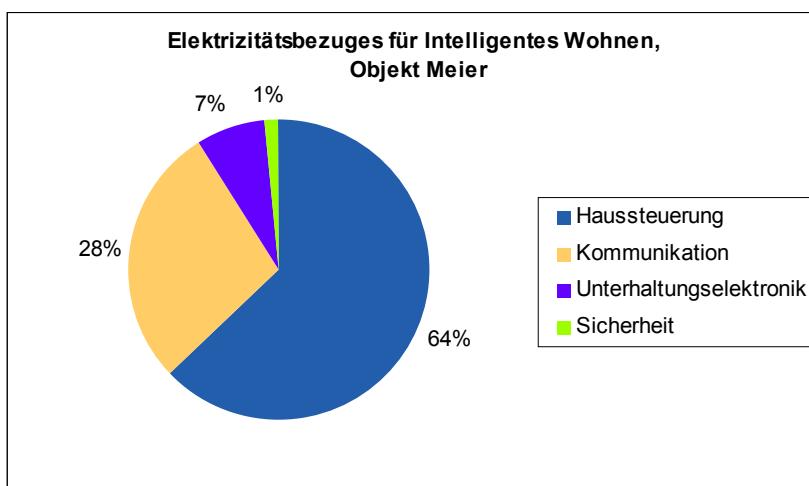


Bild 4-12 Verteilung auf die Verbrauchskategorien, Objekt Meier

#### 4.4.3 Einsparungen durch intelligente Steuerungsfunktionen

Das Einfamilienhaus Meier ist im Minergie-Standard gebaut. Der Heizwärmebedarf dürfte bei ca. 11'000 kWh pro Jahr liegen<sup>14</sup>. Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einer Wärmepumpe, was einen Strombezug von rund 3'700 kWh verursacht. Für die Vernetzung wurden 3'500 kWh berechnet, der übrige Haushaltstrom sollte sich in der Grössenordnung von 6'500 kWh bewegen (Nipkow 2007b). Das ergibt ein Total von 13'700 kWh. Im Winterhalbjahr 2007/2008 wurden 10'000 kWh verrechnet, das Sommerhalbjahr 2007 ist nicht aussagekräftig weil in dieser Zeit noch Geräte zur Bauaustrocknung liefern.

Beim Objekt Meier wird zwischen kurzer Abwesenheit (ca. 2 Tage) und langer Abwesenheit unterschieden. Bei der langen Abwesenheit wird eine Anwesenheitssimulation mit der Beleuchtung aktiviert.

Die erzielten Einsparungen sind in der gleichen Grössenordnung, wie beim Objekt Savia. Bei der Familie Meier mit vier Kindern wäre die Abwesenheitszeit während den Arbeitswochen wohl noch tiefer anzusetzen, die Einsparung bei der Heizwärme wird sich auch hier im Bereich von 1% bis 2% bewegen.

Bei der Beleuchtung wird die Einsparung etwas grösser sein, weil bei der kurzen Abwesenheit die Anwesenheitssimulation entfällt. Weitere Einsparfunktionen sind aber nicht vorhanden, sodass auch hier der Zusatzverbrauch durch die Vernetzung ein Mehrfaches der erzielten Einsparungen ausmacht.

<sup>14</sup> Energiebezugsfläche 400 m<sup>2</sup>, Heizwärmebedarf 100 MJ/m<sup>2</sup>a.

#### 4.4.4 Optimierungspotenzial

Bezüglich Optimierungspotenzial gelten grundsätzlich die gleichen Aussagen, wie beim Objekt *Savia*:

- Der Steuerungsserver müsste in einen Bereitschaftszustand übergehen und über eine Wake on LAN-Funktion reaktiviert werden, wenn von einem der Touchpanel eine Bedienungsanforderung kommt. Allein durch diese Optimierung kann eine Einsparung von 390 kWh erreicht werden. Zudem hat der Server eine hohe Leistungsaufnahme von 107 Watt im Normalbetrieb. Eine Reduktion auf 35 Watt erschließt ein weiteres Einsparpotenzial von 340 kWh (vgl. Bild 4-13).  
Einschränkend ist zu erwähnen, dass der Steuerungsserver gewisse Trendfunktionen aufzeichnet, z.B. den Temperaturverlauf im Gebäude. Diese Funktion wäre in einem Bereitschaftszustand nicht mehr vorhanden.
- Diverse Kommunikationsgeräte mit einer Leistungsaufnahme von 5 bis 15 Watt sind dauernd in Betrieb (Ethernet-Switches mit total 280 kWh, WLAN-Router mit 215 kWh). Diese Geräte sollten in einen Ruhezustand mit einer Leistungsaufnahme von 1 Watt übergehen. Das Einsparpotenzial beträgt 410 kWh.

Weitere Einsparpotenziale beim Objekt *Meier*:

- Der Verbrauch für die eigentliche Steuerung, ohne Steuerungsserver, Touchpanel und Netzwerkspeicher, ist deutlich grösser, als beim Objekt *Savia*. Die grössten Unterschiede liegen bei der Leistungsaufnahme der SPS, die im Vergleich mit dem ganzen KNX-Bus beim Objekt *Savia* um rund 60% höher liegt, und bei den Dimmaktoren, deren Leistungsaufnahme, bei vergleichbarer Stückzahl, rund das Vierfache ausmacht.
- Im Objekt *Meier* sind zwei Set-Top-Boxen für den Empfang von digitalen TV-Signalen über das Kabelnetz im Einsatz. Es wurde eine Leistungsaufnahme von 18,7 Watt im Bereitschaftszustand gemessen. Setzt man die Leistungsaufnahme für Standby-passiv gemäss dem Europäischen Code of Conduct (EC 2008) ein, so ergibt sich ein Einsparpotenzial von 373 kWh.

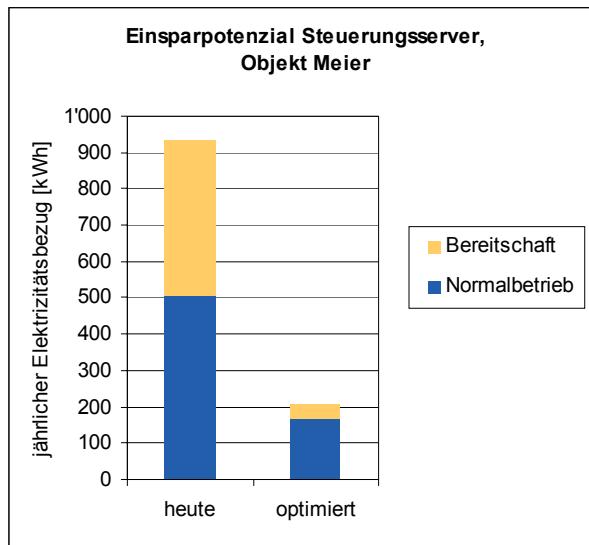


Bild 4-13 Einsparpotenzial Steuerungsserver, Objekt Meier

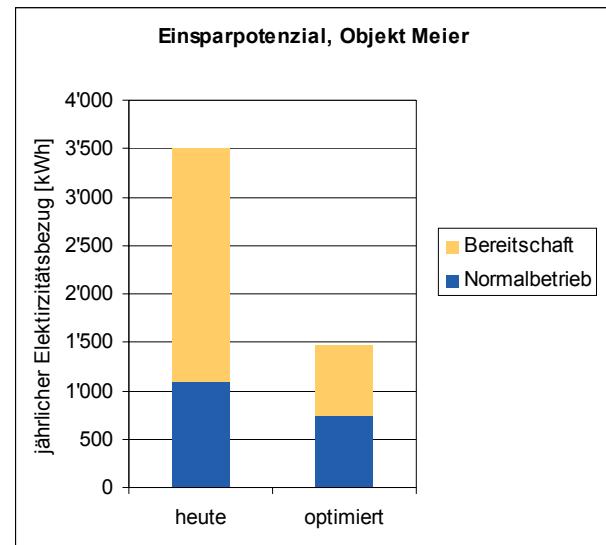


Bild 4-14 Einsparpotenzial nach Betriebszuständen, Objekt Meier

In der Summe ergeben die oben geschilderten Massnahmen ein Einsparpotenzial von mehr als 2'000 kWh. Es handelt sich dabei um ein theoretisches Potenzial, nicht alle Massnahmen lassen sich heute schon umsetzen. So fehlen insbesondere Kommunikationsgeräte, die über einen Bereitschaftszustand mit reduzierter Leistungsaufnahme verfügen. Die wichtigste Massnahme, die Verbrauchsoptimierung beim Steuerungsserver, sollte aber bei dementsprechender Planung heute schon möglich sein (vgl. Huser 2004a und Huser 2004b).

In Bild 4-14 ist das Einsparpotenzial aufgeteilt nach den Betriebszuständen Normalbetrieb und Bereitschaft dargestellt, in Bild 4-15 aufgeteilt auf die Gerätetypen. Bild 4-16 zeigt das Einsparpotenzial pro Gerät.

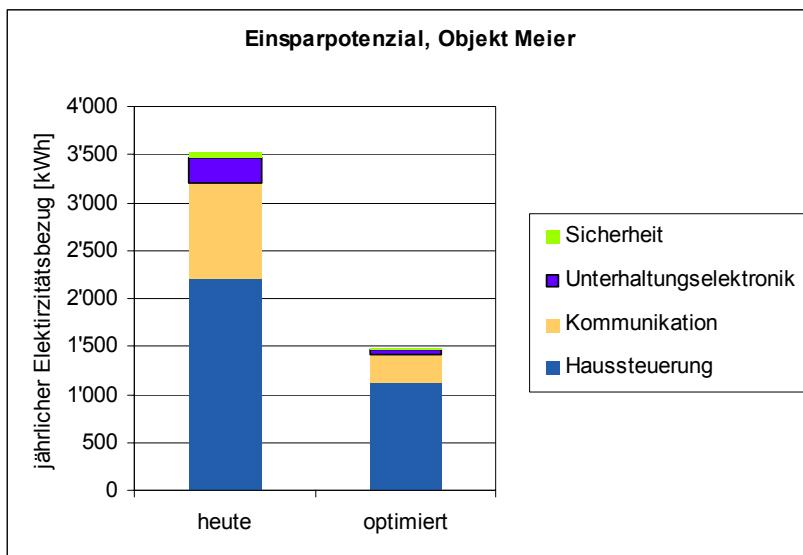


Bild 4-15 Einsparpotenzial nach Gerätegruppen, Objekt Meier

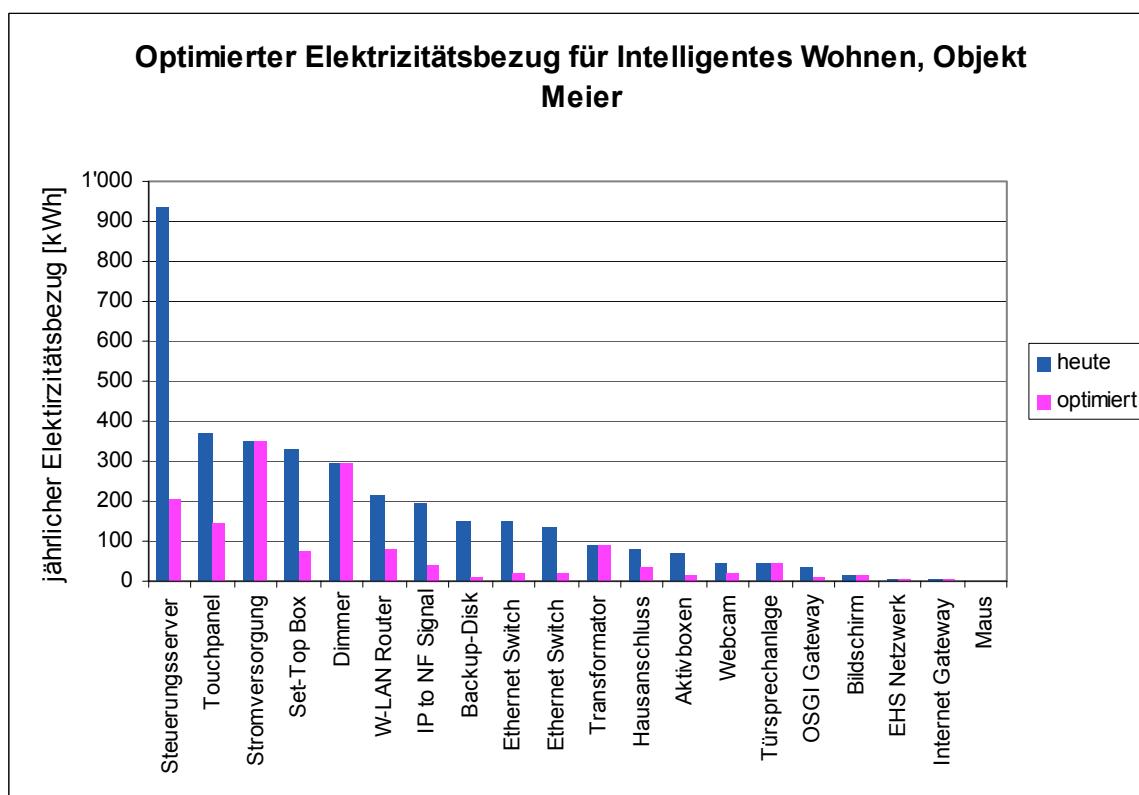


Bild 4-16 Elektrizitätsbezug für Intelligentes Wohnen, Objekt Meier, Vergleich heute und optimiert

## 5 Analyse der technischen Marktentwicklung

### 5.1 Bewertung der Systeme im Hinblick auf die Energieeffizienz

Im folgenden wird der Einfluss der, im Rahmen dieser Arbeit untersuchten, Steuerungskonzepte in Bezug auf die Energieeffizienz im Gebäude diskutiert.

- **KNX:** Dank der Busspeisung auf tiefem Spannungsniveau (Gleichspannung von 30 V) und tiefer Stromaufnahme (4 bis 10 mA pro Knoten) resultiert eine relativ tiefe Leistungsaufnahme pro Knoten (0,1 bis 0,3

Watt). Auch die Netzteile sind der Leistung angepasst und haben geringe Verluste. Zudem ermöglicht es die Versorgung mit niedriger Gleichspannung, die Stromversorgung auf einfache Weise mit einer Batterie abzustützen, ohne dass grössere Zusatzverluste entstehen (keine USV notwendig). Allerdings haben beim KNX-System auch die Sensoren, resp. die Taster eine Leistungsaufnahme, was bei den direkt mit Netzzspannung arbeitenden Systemen nicht der Fall ist. Bei den Aktoren muss darauf geachtet werden, dass ein Produkt ausgewählt wird, das keinen Eigenverbrauch am 230 Volt-Netz aufweist. Auch bei den Dimmern gibt es in Bezug auf den Eigenverbrauch grössere Unterschiede.

Mit dem *Gira-Homeserver* steht ein Produkt zur Verfügung, mit dem auch komplexe Steuerungsfunktionen mit einem mässigen Eigenverbrauch realisiert werden können.

In Bezug auf das Einsparpotenzial durch die Haussteuerung stehen mit dem KNX-System alle Möglichkeiten offen. Das System ist frei programmierbar, Planer können sich eine Bibliothek mit Programmmodulen erarbeiten. Auch im Internet werden diverse vorprogrammierte Funktionen zur Verfügung gestellt.

- **zeptrion:** arbeitet direkt mit der 230 Volt-Netzzspannung. Obwohl nur die Aktoren einen Eigenverbrauch haben, ist die Leistungsaufnahme für die zugrunde gelegte Musterwohnung im Vergleich mit dem KNX-System etwas höher. Zudem ist das System fest verdrahtet und daher kaum flexibel. Auf eine veränderte Wohnsituation, z.B. Umnutzung eines Schlafzimmers zu einem Büro, kann nur beschränkt reagiert werden. Komplexe Steuerungsfunktionen und eine Bedienung von aussen sind nicht möglich. Auch eine Raumtemperaturregelung ist nicht möglich. Somit ist das Potenzial zur Energieeinsparung gering und beschränkt sich im Wesentlichen auf die Beleuchtung.
- **Legrand In One:** Bei *Powerline*-Systemen benötigt grundsätzlich jedes Gerät, sowohl Aktoren, wie auch Sensoren (Taster), eine Stromversorgung ab 230 Volt. Beim gemessenen System ist die Leistungsaufnahme der Komponenten durchwegs höher, als beim *zeptrion*- und beim KNX-System. Der Grund dafür dürfte beim Aufschalten und Dekodieren des hochfrequenten Steuerungssignal auf die 230 Volt-Spannung liegen. In Bezug auf das Einsparpotenzial sind beim *In One*-System alle Voraussetzungen für komplexe Steuerungsfunktionen, sowie für eine externe Ansteuerung gegeben. Auch Einzelraumregelungen für die Heizung sind möglich. Bei komplexen Anwendungen ist aber darauf zu achten, dass die Energieaufnahme des dazu notwendigen Steuerungsservers nicht die ganze Einsparung zu Nichte macht.
- **Luxor:** Bei diesem System ist die Leistungsaufnahme für die zugrunde gelegte Musterwohnung gleich hoch, wie für das *Powerline*-System. Das ist erstaunlich, da die Taster keinen Eigenverbrauch haben und auch keine hochfrequenten Signalen aufgeschaltet oder dekodiert werden müssen. Beim Luxor-System ist der Installationsaufwand hoch, alle Drähte laufen im Hauptverteiler zusammen, dadurch wird das System aber etwas flexibler als *zeptrion*. Im Hauptverteiler können nach Bedarf neue Zuordnungen von Tastern zu Aktoren hergestellt werden. Das Einsparpotenzial beschränkt sich wie beim *zeptrion*-System im Wesentlichen auf die Beleuchtung.
- **SPS:** Die Speicherprogrammierbare Steuerung wurde nicht im Labor gemessen, daher ist kein 1:1-Vergleich mit den übrigen Systemen möglich. Das SPS-System hat aber von Natur aus einen gewissen Grundaufwand, es wird ein zentrales Steuergerät und eine 24 Volt-Stromversorgung benötigt. Beim gemessenen Objekt *Meier* kommt zusätzlich ein Transformator dazu, der die Abfragespannung für die Eingänge der SPS zur Verfügung stellt. Bei kleinen Systemen würde dieser Grundaufwand einen hohen Verbrauch pro Schaltkreis ergeben. Bei grossen Systemen, wie den betrachteten Einfamilienhäusern, ist der Verbrauch nicht sehr verschieden vom KNX-System. Allerdings haben hier die Dimmer einen deutlich höheren Verbrauch, weil die Steuerelektronik nicht vom Bus, sondern vom 230 Volt-Netz versorgt wird. In Bezug auf das Einsparpotenzial sind mit der SPS dank der freien Programmierbarkeit alle Möglichkeiten offen. Auch hier gilt allerdings die Einschränkung, dass für eine externe Anbindung und für die Visualisierung ein Server notwendig ist. Bei der Wahl des Servers sollte auf eine geringe Leistungsaufnahme im Normalbetrieb und einen energiesparenden Bereitschaftszustand geachtet werden.

## 5.2 Entwicklungstendenzen bei der Haussteuerung

### 5.2.1 KNX-System

In den letzten acht Jahren wurden im Rahmen von *BFE*-Projekten vier Objekte mit KNX-Steuerungen näher untersucht. Es handelt sich durchwegs um Einfamilienhäuser mit einem vergleichbaren Ausbaustandard: „neues Einfamilienhaus“ (Aebischer 2000), *FutureLife*-Haus (Huser 2002), *Smarthome* (Grieder 2005) und neu das Einfamilienhaus *Savia*.

In Bezug auf den Stromverbrauch für die Haussteuerung ist keine klare Entwicklungstendenz zu verzeichnen. Die Leistungsaufnahme für den gesamten Bus liegt jeweils um 20 Watt und ist bei den neueren Objekten nicht tendenziell tiefer. Allerdings gibt es beträchtliche Unterschiede beim Energiebezug ab dem 230 Volt-Netz. So wurde beim *Smarthome* ein Produkt gewählt, bei dem die Aktoren in einer Art Master-Slave-Anordnung arbeiten. Mit einer Kombination von drei Bausteinen können maximal zwölf Schaltkanäle realisiert werden. Dabei dient ein Baustein als Busknoten mit vier integrierten Schaltkanälen und zwei Zusatzbausteine ohne Busknoten haben je vier weitere Schaltkanäle. Die Anzahl Busknoten und somit die Leistungsaufnahme am Bus ist kleiner, dafür hat jedes Gerät eine dauernde Leistungsaufnahme am 230 Volt-Netz. Insgesamt resultiert ein höherer Energiebezug, die direkte Speisung der Aktoren über den Bus wäre effizienter.

Beim *FutureLife*-Haus wurde für die komplexeren Steuerungsfunktionen ein herkömmlicher PC mit einer Leistungsaufnahme von über 50 Watt eingesetzt. Seit einigen Jahren steht für diese Funktion der *Gira-Homeserver* zur Verfügung. Dieses Gerät ist speziell auf Dauerbetrieb bei tiefem Energieverbrauch ausgerichtet und begnügt sich mit einer Leistungsaufnahme von 10,5 Watt.

### 5.2.2 Powerline

Im *FutureLife*-Haus waren zur Zeit der Untersuchung fünf Powerline-Modems für die Anbindung der Haushaltsgrossgeräte (Waschmaschine, Backofen etc.) an die Steuerung vorhanden. Es handelte sich um Prototypgeräte mit einer Leistungsaufnahme von rund 1,5 Watt pro Modem. Bei dem von uns im Labor gemessenen Powerline-System handelt es sich um ein Serienprodukt, die Leistungsaufnahme pro Aktor/Sensor betrug rund 0,6 Watt.

### 5.2.3 Neue Systeme

Eine weitere Entwicklungstendenz besteht darin, dass heute diverse einfache Systeme angeboten werden, mit denen ohne grösseren Aufwand gewisse Komfortverbesserungen, aber auch Energieeinsparungen, möglich sind. Als Beispiele seien die Produkte *Adhoco*, *In One*, *Theben* und *zeptrion* genannt, von denen drei im Rahmen der vorliegenden Arbeit im Labor gemessen wurden.

Gemeinsam ist all diesen Systemen, dass sie ohne zentrale Steuerung (*In One*, *Theben*, *zeptrion*) oder mit einem sehr einfachen zentralen Gerät (*Adhoco*) auskommen. Dadurch reduziert sich der Grundaufwand, es können einfachste Systeme mit einem geringen Eigenverbrauch realisiert werden. Ein zentraler Server mit entsprechend hohem Energieverbrauch ist nicht notwendig.

So lässt sich z.B. mit dem System *Adhoco* mit wenigen Temperatursensoren, Heizkörpermodulen und dem Zentralgerät eine Einzelraumregelung realisieren, die erst noch über Fernzugriff via Internet verfügt. Der Eigenbedarf der Zentrale beträgt lediglich 1,5 Watt, die übrigen Komponenten haben Batteriespeisung.

Für die Kommunikation werden verschiedene Technologien genutzt, Powerline-Kommunikation, Funktechniken oder zusätzliche 230-Volt-Installationsdrähte, was auch einen Einfluss auf den Eigenverbrauch hat. Eine Bewertung der verschiedenen Konzepte ist in Abschnitt 5.1 enthalten, die Ergebnisse der Labormessungen in Kapitel 3 dokumentiert.

### 5.3 Entwicklungstendenzen bei Visualisierung und Multimedia-Vernetzung

Alle in den letzten Jahren untersuchten Wohnobjekte verfügen über einen oder mehrere Server und Rechner, die verschiedene Aufgaben im Zusammenhang mit dem Intelligenten Wohnen übernehmen.

Beim „neuen Einfamilienhaus“ aus der Arbeit von 2000 (Aebischer 2000) wird die Leistungsaufnahme des Rechners noch mit 30 Watt angegeben. Bei Dauerbetrieb von 24 Stunden pro Tag ergibt sich ein Energiebezug von 263 kWh pro Jahr. Ein Bereitschaftszustand mit reduzierter Leistungsaufnahme wird nicht erwähnt.

Beim *FutureLife*-Haus waren total sechs Server im Einsatz, wovon drei für die Auswertung nicht berücksichtigt wurden. Das Gebäude muss eigentlich als Forschungs- und Demonstrationsobjekt und nicht als Wohnhaus betrachtet werden, die nicht berücksichtigten Server dienen nicht in erster Linie dem *Intelligenten Wohnen*. Zudem war eine unterbruchslose Stromversorgung (USV) vorhanden, die dafür sorgt, dass bei einem Stromausfall die Server ohne Betriebsunterbruch weiterlaufen. Auch die USV wurde bei der Auswertung nicht betrachtet.

Die verbleibenden drei Rechner mit ihren Bildschirmen haben eine Leistungsaufnahme zwischen 54 und 265 Watt. Der Energiebezug beträgt 3'330 kWh pro Jahr. Die Geräte gehen nicht in einen Bereitschaftszustand über.

Beim *Smarthome* sind, neben dem *Gira*-Homeserver, zwei weitere Rechner im Einsatz, ein Server für Multimedia-Daten, der gleichzeitig für die Visualisierung der Gebäudezustände dient, und ein Laptop-Rechner zur Bedienung der Steuerung. Die Leistungsaufnahme beträgt 78 Watt beim Server und 10 Watt beim Laptop. Auch hier ist der Server rund um die Uhr in Betrieb. Ein Bereitschaftszustand wäre vom Betriebssystem her zwar möglich, das Gerät kann aber vom Laptop nicht wieder aufgeweckt werden. Die Energieaufnahme beider Geräte beträgt 830 kWh pro Jahr.

Auch die beiden neu gemessenen Objekte *Savia* und *Meier* verwenden Rechner für die Visualisierung und für die Ablage von Multimedia-Daten. Die Leistungsaufnahme der Geräte beträgt 79 resp. 107 Watt, die jährliche Energieaufnahme 695 und 933 kWh. Auch hier sind keine energiesparenden Bereitschaftszustände implementiert.

Von einer Entwicklungstendenz kann auch hier nur bedingt gesprochen werden. Einerseits könnte man es als Fortschritt betrachten, dass ein Server nicht mehr eine Leistungsaufnahme von über 200 Watt wie beim *FutureLife*-Haus hat. Andererseits wird schon bei der Studie aus dem Jahr 2000 ein Rechner mit 30 Watt Leistungsaufnahme erwähnt. Die technische Marktentwicklung geht bei den Rechnern eindeutig in Richtung höherer Rechnerleistung und tieferer Preise. Für das *Intelligente Wohnen* sind die Leistungsanforderungen nicht gross, durch die Wahl eines geeigneten Produktes kann die Leistungsaufnahme stark beeinflusst werden.

Ungelöst ist nach wie vor das Problem der Ruhezustände, alle bisher untersuchten Server laufen rund um die Uhr bei voller Leistung. In den Arbeiten aus dem Jahr 2004 (Huser 2004a und Huser 2004b) wurde nachgewiesen, dass auch Server in einen Bereitschaftszustand überführt werden können. Hier liegt ein grosses Einsparpotenzial, wie bereits in den Abschnitten 4.3.4 und 4.4.4 dargestellt wurde.

Eine erfreuliche Tendenz liegt darin, dass in allen neueren Objekten auf eine USV verzichtet wird. Offensichtlich können moderne Betriebssysteme nach einem Stromausfall ohne Probleme wieder hochgefahren werden. Die Steuerungssysteme arbeiten während dieser Zeit des Hochfahrens autonom.

### 5.4 Entwicklungstendenzen bei der Kommunikation

Unter dem Aspekt der Kommunikation fassen wir die folgenden Bereiche zusammen:

Interne Kommunikation:

- **IT-Vernetzung**, üblicherweise über *Ethernet*
- **Multimedia-Vernetzung** in Form von Dateien ebenfalls über *Ethernet* oder als TV- und Radiosignale über Koaxialkabel

Externe Kommunikation:

- **Breitband-Internetanschluss** über den Telefonanschluss oder das TV-Kabel (Internet über die 230 Volt-Verteilung oder über Satellit sind in der Schweiz die Ausnahme)
- **TV-Empfang**, direkt (in der Schweiz nur noch für analoges Kabelfernsehen) oder über eine Dekorder/Settop-Box/Satellitenempfänger (für terrestrischen Empfang, digitales Kabelangebot und Satellitenempfang).

Aebischer und Huser beschreiben in ihrer Arbeit aus dem Jahr 2000 ein „neues Einfamilienhaus“ mit den folgenden Komponenten für die Kommunikation. Die Leistungsaufnahme des Servers müsste sicher zum Teil auch der Haussteuerung zugerechnet werden:

- |  |         |
|--|---------|
| • PC als Server, /Gateway zum Internet             | 30 Watt |
| • Interne Kommunikation ( <i>Ethernet-Switch</i> ) | 12 Watt |
| • Satellitenempfänger                              | 13 Watt |

Im Bericht zum *FutureLife*-Haus sind die folgenden Komponenten erwähnt:

- |   |         |
|---|---------|
| • TV-Internet-Gateway (Internet via Kabel-TV) | 15 Watt |
| • Settop-Box für Kabelfernsehen               | 10 Watt |

Beim *Smarthome* waren ebenfalls einige Geräte zur internen und externen Kommunikation vorhanden:

- |  |         |
|--|---------|
| • Ethernet-Switch                            | 14 Watt |
| • ADSL-Modem für Breitband-Internetanschluss | 10 Watt |

Vergleicht man diese Zahlen mit den neuen Messungen in den Objekten *Savia* und *Meier*, so können hier nur bedingt gewisse Entwicklungstendenz festgestellt werden (siehe nachfolgende Abschnitte).

#### 5.4.1 IT-Vernetzung

Alle bisher gemessenen *Ethernet*-Switches hatten eine Leistungsaufnahme um 15 Watt. Bei Dauerbetrieb ergibt dies eine jährliche Energieaufnahme von über 130 kWh, was bereits einem kleinen Kühlschrank modernster Bauart entspricht<sup>15</sup>.

Beim Objekt *Savia* wurde nun erstmals ein Switch mit einer Leistungsaufnahme von lediglich 2,9 Watt ange troffen. Offenbar sind hier gewisse Tendenzen zu energieeffizienteren Geräten im Gange. So werden z.B. vom Hersteller *D-Link* unter dem Stichwort *Green Ethernet* Switches mit energiesparenden Funktionen angeboten<sup>16</sup>. Einerseits verspricht der Hersteller ein aktives Management der Ports, wird ein angeschlossener PC ab gestellt, so wird der entsprechende Port in einen Standby-Modus versetzt. Zudem stellt das Gerät die Länge der angeschlossenen Kabel fest und reduziert bei kurzen Kabeln die Signalleistung. So können gemäss Hersteller mehr als 40% Energie eingespart werden.

#### 5.4.2 Internetanbindung

Für den ADSL-Anschluss kommen in den Objekten *Smarthome* und *Savia* fast identische Geräte zum Einsatz, die Leistungsaufnahme ist dieselbe.

Dagegen ist die Leistungsaufnahme für den Internetanschluss via Kabelnetz beim Objekt *Meier* mit weniger als einem Watt erstaunlich tief. Im Vergleich mit den 15 Watt, die beim *FutureLife*-Haus gemessen wurden, stellt dies einen entscheidenden Fortschritt dar.

---

<sup>15</sup> Kühlschrank 134 Liter, Klasse A++ gemäss Topten.

<sup>16</sup> [www.dlink.ch](http://www.dlink.ch)

### 5.4.3 TV-Empfang

Beim TV-Empfang sind zwei Aspekte zu erwähnen:

Beide neu gemessenen Objekte haben Kabel-TV-Anschluss und verwenden einen hausinternen Zwischenverstärker für die TV-Signale, die Leistungsaufnahme beträgt rund 10 Watt. Beim *Smarthome* war ein solcher Verstärker ebenfalls geplant, ging aber nie in Betrieb. Der Empfang ist auch ohne Verstärker einwandfrei. Hier wäre von Fall zu Fall abzuklären, ob ein Verstärker überhaupt notwendig ist.

Es ist absehbar, dass in einigen Jahren jeder TV-Empfänger oder zumindest jeder Haushalt über eine Settop-Box verfügen wird. Zusatzfunktionen, wie Harddisk-Recorder, Bild in Bild-Darstellung etc. erhöhen die Leistungsaufnahme der Geräte. Bereits heute kann nur noch das analoge und nicht speziell verschlüsselte Angebot der Kabel-TV-Anbieter ohne Settop-Box empfangen werden. Die Leistungsaufnahme der Settop-Boxen lag bisher um die 10 Watt. Beim Objekt Meier ist ein Modell mit eingebautem Recorder vorhanden. Die Zusatzfunktion erhöht die Leistungsaufnahme auf beinahe 20 Watt, auch im Bereitschaftszustand.

## 5.5 Zusammenfassung

Tab. 5-1 zeigt eine Zusammenfassung der bisher im Auftrag des Bundes untersuchten Objekte und der Labormessungen. Der Strombezug ohne Vernetzung wurde entweder erfasst (*FutureLife* und *Smarthome*) oder entspricht Erfahrungswerten für die entsprechende Haushaltgrösse (Nipkow 2007b<sup>17</sup>).

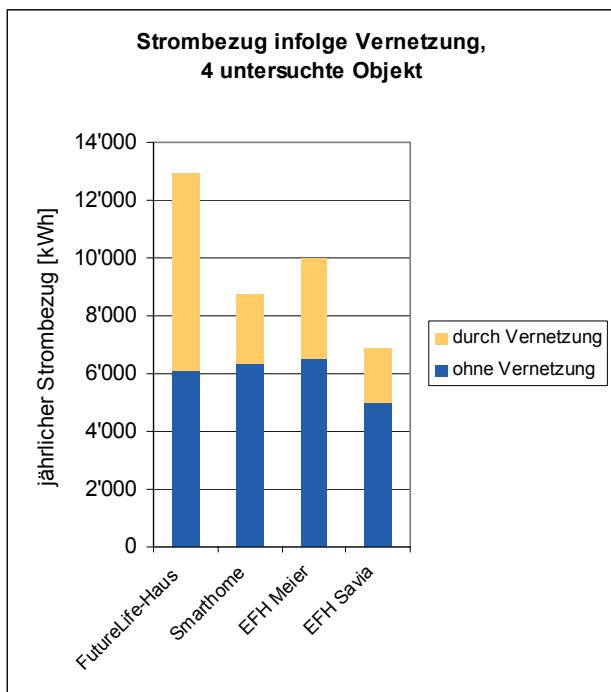
Eine eindeutige Entwicklungstendenz ist nicht feststellbar. Zwar hat der Mehrverbrauch der Vernetzung vom *FutureLife*-Haus zum *Smarthome* massiv abgenommen, es hat eine gewisse Standardisierung der Lösungen stattgefunden. Bei den neueren Objekten ist der Mehrverbrauch aber nicht mehr gesunken (siehe auch Bild 5-1).

Umso deutlicher fällt der Unterschied zwischen den komfortablen Anlagen und den einfachen Haussteuerungen auf. Offensichtlich sind heute sehr schlanke Systeme erhältlich, die schon mit wenig Aufwand einen einfachen Ausbaustandard erlauben. Bei den komplexen Systemen wird dagegen noch nicht in genügendem Mass auf die Energieeffizienz geachtet. Gerade bei der Visualisierung werden unausgereifte Lösungen eingesetzt, Server mit hoher Leistungsaufnahme laufen rund um die Uhr. Diese Problematik besteht seit dem *FutureLife*-Haus und ist noch nicht befriedigend gelöst.

| Objekt                              | jährlicher Strombezug |                  |                                | Jahr | Bemerkung  |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|------|--|
|                                     | ohne Vernetzung       | durch Vernetzung | Mehrverbrauch durch Vernetzung |      |  |
| FutureLife-Haus                     | 6'140                 | 6'830            | 111%                           | 2002 | komfortable Haussteuerung, IT- und Multimedia-Vernetzung                           |
| Smarthome                           | 6'370                 | 2'381            | 37%                            | 2005 |  |
| EFH Meier                           | 6'500                 | 3'516            | 54%                            | 2007 |  |
| EFH Savia                           | 5'000                 | 1'864            | 37%                            | 2007 |  |
| Musterwohnung mit Feller Zeptrion   | 4'500                 | 83               | 2%                             | 2007 | nur einfache Haussteuerung, keine komplexen Steuerungsfunktionen, keine Touchpanel |
| Musterwohnung mit Legrand Powerline | 4'500                 | 137              | 3%                             | 2007 |  |
| Musterwohnung mit KNX               | 4'500                 | 63               | 1%                             | 2007 |  |
| Musterwohnung mit Theben Luxor      | 4'500                 | 137              | 3%                             | 2007 |  |

Tab. 5-1 Zusätzlicher Strombezug für Intelligentes Wohnen, untersuchte Wohnobjekte und Labormessungen<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Haushaltstromverbrauch ohne Brauchwassererwärmung und evtl. vorhandene elektrische Gebäudeheizung



*Bild 5-1 Strombezug infolge Vernetzung, vier untersuchte Objekte*

<sup>18</sup> Der Strombezug ohne Vernetzung wurde bei den Objekten FutureLife und Smarthome aus einer detaillierten Erhebung aller Verbraucher bestimmt. Bei den übrigen Objekten wurden typische Verbrauchswerte eingesetzt.  
FutureLife Haus: Strombezug durch Vernetzung ohne USV und ohne 3 Server, die nicht in erster Linie dem Intelligenten Wohnen dienen.

## 6 Massnahmen und Empfehlungen

Im Folgenden sind noch einmal die angetroffenen Problempunkte zusammengefasst:

- Hoher Eigenverbrauch von Servern für die Visualisierung und als Medienserver. Dies gilt einerseits für den Normalbetrieb, andererseits sind keine energiesparenden Bereitschaftszustände implementiert.
- Hoher Eigenverbrauch von Komponenten für die Kommunikation (Ethernet-Switches, WLAN für Anbindung Heizung, Weisse Ware). Die Geräte haben keine energiesparenden Bereitschaftszustände.
- Unbenutzte oder unnötige Geräte bleiben in Betrieb: WLAN-Antennen für PDA, obwohl die PDAs gar nicht in Betrieb sind; Signalverstärker für TV-Signale, obwohl die Signalleistung auch ohne Verstärker ausreichen würde.
- Komplexe Steuerungsfunktionen, die ein grosses Einsparpotenzial sowohl beim Strombezug, wie auch bei der Heizwärme ermöglichen, werden bei der Planung zu wenig berücksichtigt und nur selten implementiert

Im Vergleich mit den obigen Problemen ist der Energiebezug der reinen Haussteuerung bei Objekten mit hohem Ausbaustandard eher sekundär. Hier gilt:

- Eine Speisung der Komponenten über einen Bus mit tiefer Gleichspannung ist am effizientesten. Bei Powerline-Kommunikation ist der Eigenbedarf der Komponenten tendenziell höher. Ein Funksystem wurde nicht gemessen, auch hier dürfte der Eigenverbrauch höher sein<sup>19</sup>.
- Aktormodule mit mehreren Kanälen sind in Bezug auf den Eigenverbrauch tendenziell effizienter als Module mit nur einem Kanal. Dies gilt nicht für Master-/Slave-Anordnungen, wenn dadurch der Vorteil der Bus-speisung verloren geht.
- Für komplexe Steuerungsfunktion oder eine externe Anbindung ist ein Server notwendig, der typischerweise rund um die Uhr laufen muss, damit er auf Sensorsignale reagieren kann. Standard-PC oder –Server haben für diesen Zweck eine zu hohe Leistungsaufnahme. Als verbrauchsoptimiertes Gerät ist aus den bisherigen Projekten nur der *Gira-Homeserver* für das KNX-System bekannt.

### 6.1 Empfehlungen an das Bundesamt für Energie

Die geltende Verordnung zum Energiegesetz erlaubt dem Bund in verschiedener Hinsicht auf den Energieverbrauch der serienmäßig hergestellten Geräte und Anlagen Einfluss zu nehmen. Die Einflussmöglichkeiten beziehen sich in erster Linie auf einzelne Geräte. Die vorliegende Untersuchung zeigt aber, dass beim Intelligenten Wohnen eines der grössten Probleme im Zusammenspiel mehrerer Komponenten, genauer im Zusammenspiel von Servern und Bedienstationen liegt. Hier dürfte es sehr schwierig sein, mit den Massnahmen, die bei Einzelgeräten zu Anwendung kommen (Verbrauchsdeklaration, freiwillige Vereinbarung, Zulassungsbeschränkungen) einen Erfolg zu erzielen. Stattdessen muss das Schwergewicht auf die Information und die Zusammenarbeit mit der Branche gelegt werden. Auch die Entwicklung von Musterlösungen sollte im Rahmen der Energieverordnung möglich sein.

Als erste Aktion sollten die Erkenntnisse dieser Arbeit in der Branche und auch bei potenziellen Bauherren bekannt gemacht werden. Diese Massnahme wurde schon teilweise umgesetzt, indem die Resultate anlässlich der Generalversammlung des Vereins Konnex Swiss (KNX) präsentiert wurden.

Schon Ende 2005, nach Abschluss des Projektes *Smarthome*, wurde in Zusammenarbeit mit dem GNI ein Merkblatt zuhanden der Branche verfasst. Auch nach den neusten Untersuchungen hat dieses Merkblatt noch volle Gültigkeit, es könnte jedoch mit konkreten Massnahmen ergänzt werden.

---

<sup>19</sup> Eine Ausnahme bildet möglicherweise das *Adhoco*-System mit sehr tiefen Werten für die Leistungsaufnahme, resp. mit Batteriespeisung einiger Komponenten.

Als Ergänzung dazu ist die Erarbeitung von Leistungsgarantien oder Ausschreibungsunterlagen für das Zusammenspiel von Servern und Bedienstationen, speziell für ein funktionierendes Energiemanagement, in Betracht zu ziehen.

Die Fachgruppe *Intelligentes Wohnen* des *Gebäude Netzwerk Institutes (GNI)* hat einen Fragebogen erarbeitet, der die Planer bei der Erfassung der Bedürfnisse der Bewohner unterstützen soll. Dieser Fragebogen sollte mit Steuerungsfunktionen zur Energieeinsparung ergänzt werden. Basierend auf diesem Fragebogen können Textbausteine geschaffen werden, die der Planer in sein Angebot aufnehmen kann.

Eine optimale Voraussetzung für die obigen Massnahmen wäre die energetische Optimierung eines der bisher untersuchten Objekte. Die im Rahmen einer solchen Optimierung zusätzlich gewonnenen Erfahrungen können den Wert eines Merkblattes, einer Leistungsgarantie oder einer Ausschreibungsunterlage markant erhöhen. Wir empfehlen dem Bund die energetische Optimierung eines der bisher untersuchten Objekte. Im hohen Ausbaustandard hat offensichtlich das KNX-System eine relativ hohe Verbreitung. Für die Optimierung würden sich die Objekte *Savia* und das *Smarthome* in Chur anbieten. Mit den Erkenntnissen dieser Optimierung wäre das Merkblatt zu aktualisieren. Die Wirksamkeit der Massnahme kann erhöht werden, wenn das Merkblatt durch ein weiteres Instrument, wie eine Ausschreibungsvorlage oder eine Leistungsgarantie ergänzt wird.

Die energetische Wirksamkeit kann zusätzlich gesteigert werden, wenn ähnliche Standardlösungen auch für anderen Steuerungssysteme entwickelt werden. Die Übersicht der Systeme im Kapitel 2.3 zeigt, dass komfortable Bedienstationen bei vielen Systemen über ein Ethernet-Verbindung angeschlossen werden. Möglicherweise kann für die meisten Systeme eine gemeinsame Standardlösung zur Anwendung kommen, was den Aufwand beträchtlich einschränken würde. Wir empfehlen dem Bund, in Ergänzung zur obigen Massnahme, zumindest eine Standardlösung mit einem Steuerungsserver und einer komfortablen Bedienstation mit Anbindung über Ethernet zu fördern. Diese Lösung wäre ebenfalls in das Merkblatt und die weiteren Unterlagen einzubinden.

Die Abschnitte 4.3.3 und 4.4.3 zeigen, dass in den zwei untersuchten Objekten mit der Vernetzung nur eine relativ geringe Einsparung erzielt wird. Auch in dieser Hinsicht wäre das ausgewählte Objekt zu optimieren.

## 6.2 Empfehlungen an die Branche

### 6.2.1 Anlagenplaner

Anlagenplaner sollen bei der Konzeption einer Anlage die folgenden Punkte beachten:

- Besonderes Augenmerk ist auf den Eigenverbrauch von Servern und Bedienstationen (Touchpanel, PC/Laptop zur Bedienung) zu richten. Einerseits soll bei der Wahl eines Produktes neben Preis und Leistungsfähigkeit auch auf die Leistungsaufnahme im Normalbetrieb geachtet werden. Andererseits muss das Zusammenspiel mit den Bedienstationen so ausgestaltet werden, dass beide Geräte nach längerer Inaktivität in einen Bereitschaftszustand mit reduzierter Leistungsaufnahme übergehen. Über die Lebensdauer der Geräte kann auf diese Art ein nennenswerter Anteil der Anschaffungskosten eingespart werden<sup>20</sup>.
- Möglicherweise ist es sinnvoll, die verschiedenen Aufgaben eines Servers auf mehrere Geräte aufzuteilen:
  - Ein Server, der Steuerungsaufgaben übernimmt, muss typischerweise 24 Stunden am Tag laufen. Hier soll auf eine möglichst tiefe Leistungsaufnahme im Normalbetrieb geachtet werden. Falls der Server auch sicherheitsrelevante Funktionen übernimmt, z.B. interne oder externe Alarmierung im Fall eines Brandes, so muss er sogar über eine sichere Stromversorgung verfügen.
  - Die Visualisierung kann über Nacht in einen Ruhezustand übergehen. Hier muss speziell auf ein funktionierendes Energiemanagement geachtet werden.

---

<sup>20</sup> Bsp. Objekt Meier: Einsparung von 727 kWh pro Jahr alleine beim Steuerungsserver, ergibt in 5 Jahren einen Betrag von CHF 580.- (Strompreis 16 Rp./kWh)

- Ein Medienserver kann im Wohnzimmer stehen, wo er für eine Bedienung von Hand zugänglich ist. Er kann bei längerer Nichtbenützung, z.B. über Nacht, ganz ausgeschaltet oder in einen tiefen Ruhezustand versetzt werden, aus dem er nur durch Betätigung des Ein-/Ausschalters wieder aufweckbar ist.
- Ein weiteres Augenmerk ist auf den Eigenverbrauch der internen und externen Kommunikation zu richten. Es gilt unnötige Geräte zu vermeiden und bei der Produktwahl die Leistungsaufnahme in die Evaluation einzubeziehen.
- Bei der Haussteuerung beeinflusst schon die Systemwahl den Eigenverbrauch. Systeme mit Busversorgung haben tendenziell den tiefsten Verbrauch, *Powerline* und Funksysteme beziehen eher grössere Leistungen.
- Auch die Produktwahl beeinflusst den Eigenverbrauch der Haussteuerung. Bei ähnlicher Technologie und Funktionalität gibt es z.T. deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Anbietern.
- Tendenziell haben Module mit mehreren Kanälen einen tieferen Verbrauch pro Kanal als Module mit nur einem Kanal.

Bei den einfachen Steuerungsfunktionen, z.B. Beleuchtungsszenen, automatische Beschattung etc. ist eine gewisse Standardisierung der Lösungen festzustellen. Viele Funktionen sind bereits auf dem Niveau der Steuerungs-Module festgelegt. Bei den komplexeren Funktionen ist diese Tendenz noch nicht weit fortgeschritten. Wir empfehlen den Planern, sich schon bei der Ausschreibung intensiv mit den Einsparmöglichkeiten der Steuerung zu befassen und solche Funktionen in das Angebot zu integrieren. Funktionen, die sich in einem Objekt bewährt haben, sollten standardisiert werden und bei weiteren Projekten wieder verwendet werden. Noch besser wäre es, wenn bereits der Bauherr in der Ausschreibung solche Funktionalitäten verlangen würde.

Nachfolgend sind einige Funktionen als Beispiele zusammengestellt, die zur Grundausstattung eines Objektes mit einer Heimautomation des gehobenem Ausbaustandards gehören sollten:

- Heizung: Einzelraum- oder zumindest Zonenregulierung mit der entsprechenden Anzahl Temperatursensoren.
- Heizung und Brauchwarmwasser: Möglichkeit des Fernzugriffes, Absenken bei längerer Abwesenheit, Anheben mit Zeitreserve vor der Rückkehr.
- Heizung: Wärmeabgabe drosseln bei offenem Fenster
- Standby-Verbrauch: Zentrale Aus-Funktion für alle Verbraucher über Nacht oder bei längerer Abwesenheit (ausgenommen Anwesenheitssimulation und Sicherheitsfunktionen).
- Beleuchtungssteuerung: automatisierte Beleuchtungssteuerung mit Helligkeitssensoren und Präsenzmeldern

### 6.2.2 Gerätethersteller

Auch für die Gerätethersteller resultieren aus den neusten Messungen zwei Empfehlungen:

- Die Untersuchung legt es nahe, dass am Markt Bedarf für weitere Produkte in der Art des *Gira-Homeservers* besteht. Auch für andere Systeme, als das KNX-Systeme sollten einfache, robuste Steuerungsserver mit tiefem Eigenverbrauch angeboten werden, die rund um die Uhr laufen können. Handelsübliche PC und Server sind für diesen Zweck nicht geeignet.
- Auch in Bezug auf die Visualisierung besteht Handlungsbedarf. Es sollten standardisierte Lösungen angeboten werden, bei denen das Energiemanagement im Zusammenspiel mit den Bedienstationen einwandfrei und ohne grösseren Konfigurationsaufwand durch den Benutzer funktioniert.

## 7 Abkürzungen und Fachausdrücke

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL): Asymmetrischer digitaler Teilnehmeranschluss. Die zur Zeit häufigste Technik für Breitband-Internetanschluss über Telefonleitungen.

Controller Area Network (CAN): ursprünglich für die Automobiltechnik entwickelter serieller Bus zur Vernetzung von Steuergeräten untereinander.

Engineering Tool Software (ETS): Software zur Projektierung, Inbetriebnahme und Diagnose von KNX/EIB-Systemen.

Ethernet-Switch: Intelligente Netzwerkkomponente zur Verbindung mehrerer Computer oder Segmente in einem lokalen Netz (LAN).

HLK: Abkürzung für die Installationen für Heizung, Lüftung und Klima in einem Gebäude.

Gateway: Stellt einen Übergang von einem Netzwerk auf ein anderes dar. Das Gerät wandelt dabei digitale Sprach-, Audio- oder Bildinformationen (zusammenfassend als *media* bezeichnet), von einem Netzwerktyp in einen anderen um. Beispiele: Gateway zwischen dem KNX-Bus und einem gebäudeinternen LAN-Netzwerk oder von einem internen LAN über ADSL, TV-Kabel etc. zum Internet.

Local Area Network (LAN): Rechnernetzwerk, das normalerweise mehrere Räume umfasst aber nicht über die Grundstücksgrenze hinaus geht.

Multiroom-System: Alle Mediendaten wie Musik, Videos und Bilder werden auf einem Zentralrechner gespeichert und können über ein Netzwerk in jedem angeschlossenen Raum abgerufen werden.

Object Linking and Embedding (OLE): Objektverknüpfung und –einbettung, ist ein von Microsoft entwickeltes Protokoll, das die Zusammenarbeit unterschiedlicher Applikationen ermöglichen soll. Zum Beispiel kann ein Bild, das mit einem Zeichenprogramm erstellt wurde, in ein Textdokument eingebunden werden.

OLE for Process Control (OPC): Standardisierte Software-Schnittstelle, die den Datenaustausch zwischen Anwendungen unterschiedlichster Hersteller in der Automatisierungstechnik ermöglicht.

Personal Digital Assistant (PDA): Persönlicher digitaler Assistent. Kompakter, tragbarer Computer, der hauptsächlich für die persönliche Kalender-, Adress- und Aufgabenverwaltung benutzt wird.

Power over Ethernet (PoE): bezeichnet ein Verfahren, mit dem netzwerkfähige Geräte über das 8-adrige Ethernet-Kabel mit Strom versorgt werden können.

Powerline Communication (PLC): Bei der Powerline Communication nutzt man das herkömmliche 50 Hz-Stromversorgungsnetz für eine Datenkommunikation mit überlagerten hochfrequenten Signalen. Auf diese Weise kann das ohnehin vorhandene Leitungsnetz für solche Zwecke mitbenutzt werden, ohne neue Datenleitungen verlegen zu müssen.

Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS): Gerät zur Steuerung und/oder Regelung einer Maschine oder Anlage. Die Geber (Sensoren) und die Stellglieder (Aktoren) sind mit einer zentralen Steuerung verbunden. Das zugehörige Betriebssystem stellt sicher, dass dem Anwenderprogramm immer der aktuelle Zustand der Geber zur Verfügung steht. Anhand dieser Informationen kann das Anwenderprogramm die Stellglieder so ein- oder ausschalten, dass die Anlage (oder das Gebäude) in der gewünschten Weise funktioniert.

Universal Plug and Play (UpnP): dient zur herstellerübergreifenden Ansteuerung von Geräten (Stereoanlagen, Drucker, Haussteuerungen) über ein Netzwerk, das auf einem Internetprotokoll basiert. Es beruht auf einer Reihe von standardisierten Netzwerkprotokollen und Datenformaten mit oder ohne zentrale Kontrolle durch ein Residential Gateway.

Unterbruchslose Stromversorgung (USV): wird eingesetzt, um bei Störungen im Stromnetz die Versorgung kritischer elektrischer Lasten sicherzustellen. Die USV besteht typischerweise aus Batterien und einem elektronischen Stromrichter. Dieser hält bei vorhandener Netzspannung die Batterieladung aufrecht und formt die Energie aus der Batterie bei Netzausfall auf die erforderliche Netzspannung um.

Wake on LAN: Aufwachen über das lokale Rechnernetzwerk. Wake on LAN ist ein von den Herstellern *AMD* und *Hewlett Packard* entwickelter Standard, um einen ausgeschalteten Computer über die eingebaute Netzwerkkarte zu starten.

Windows Embedded CE: Betriebssystem für intelligente elektronische Geräte, die über ein IP-Protokoll mit Rechnern und Servern kommunizieren können.

Wireless Local Area Network (WLAN, Wireless-LAN): drahtloses lokales Netzwerk, das ohne zusätzliche Verdrahtung mit Funktechnologie arbeitet. Meistens wird ein Standard der [IEEE 802.11](#)-Familie verwendet.

Zigbee: offener Funknetz-Standard, basierend auf der Norm IEEE 802.15.4. Zigbee ermöglicht es, Haushaltsgeräte, Sensoren, usw. auf Kurzstrecken (10 - 100 m) zu verbinden. Der Standard ist eine Entwicklung der ZigBee-Allianz, die Ende 2002 gegründet wurde. Sie ist ein Zusammenschluss von derzeit mehr als 230 Unternehmen, welche die weltweite Entwicklung dieser Technologie vorantreiben.

## 8 Literaturverzeichnis

Aebischer B. & Huser A. (2000): *Vernetzung im Haushalt, Auswirkungen auf den Stromverbrauch*, CEPE, ETH Zürich und Encontrol GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, November 2000, <http://www.electricity-research.ch>

Bush G. (2001): *Executive Order 13221: Energy Efficient Standby Power Devices*, 2001, <http://www.ofee.gov/eo/eo13221.pdf>.

Europäische Kommission (EC 2006): *Spezifikation für Computer – überarbeitete Fassung für 2007*, Amstblatt der Europäischen Union, L381/90, 28.12.2006, [http://www.eu-energystar.org/downloads/legislation/20061228/l\\_38120061228de\\_annexC8\\_CE.pdf](http://www.eu-energystar.org/downloads/legislation/20061228/l_38120061228de_annexC8_CE.pdf)

Europäische Kommission (EC 2008): *Code of Conduct on Energy Efficiency of Digital TV Service Systems Version 7.0*, Europäische Kommission, Ispra, 2008, <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/Code of Conduct Digital TV Service Systems - version 2 - final.pdf>

Grieder T. & Huser A. (2005): *Smarthome und Energieeffizienz*, Encontrol GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, September 2005, <http://www.electricity-research.ch>

Huser A. & Aebischer B. (2002): *Energieanalyse FutureLife\_Haus*, Encontrol GmbH und CEPE, ETH Zürich im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, Dezember 2002, <http://www.electricity-research.ch>

Huser A. (2004a): *Energieverwaltung mit Windows® Server 2003*, Merkblatt für System-Betreuer, Encontrol GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, April 2004, <http://www.electricity-research.ch>

Huser A. & Grieder T. (2004b): *Erfahrungen in der Anwendung von ACPI bei Windows-Servern*, Encontrol GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, Juli 2004, <http://www.electricity-research.ch>

Nipkow J. et al. (2007a): *Verminderung der Standby-Verluste, Hindernisse und Massnahmen zur Überwindung*, Arena im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, Dezember 2007, <http://www.electricity-research.ch>

Nipkow J. et al. (2007b): *Der typische Haushalt-Stromverbrauch*, Bulletin SEV/VSE 19/2007, Fehrlitorf, 2007

Zehnder U. (2006): *Standby-Verbrauch im Haushalt*, Zero Energie Ressourcen Optimierung im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, Dezember 2006, <http://www.electricity-research.ch>

ZVEI/ZVEH (2006) ;, EIB/KNX-Grundlagen, Handbuch Haus- und Gebäudesystemtechnik, 5. Überarbeitete Auflage, Frankfurt am Main, 2006

## 9 Anhangsverzeichnis

- Anhang 1 Beschreibung der Steuerungssysteme (28 Seiten)
- Anhang 2 Messungen im Labor (1 Seite)
- Anhang 3 Messungen Objekt Savia (3 Seiten)
- Anhang 4 Messungen Objekt Meier (3 Seiten)
- Anhang 5 Einsparpotenzial Objekt Savia (1 Seite)
- Anhang 6 Einsparpotenzial Objekt Meier (1 Seite)

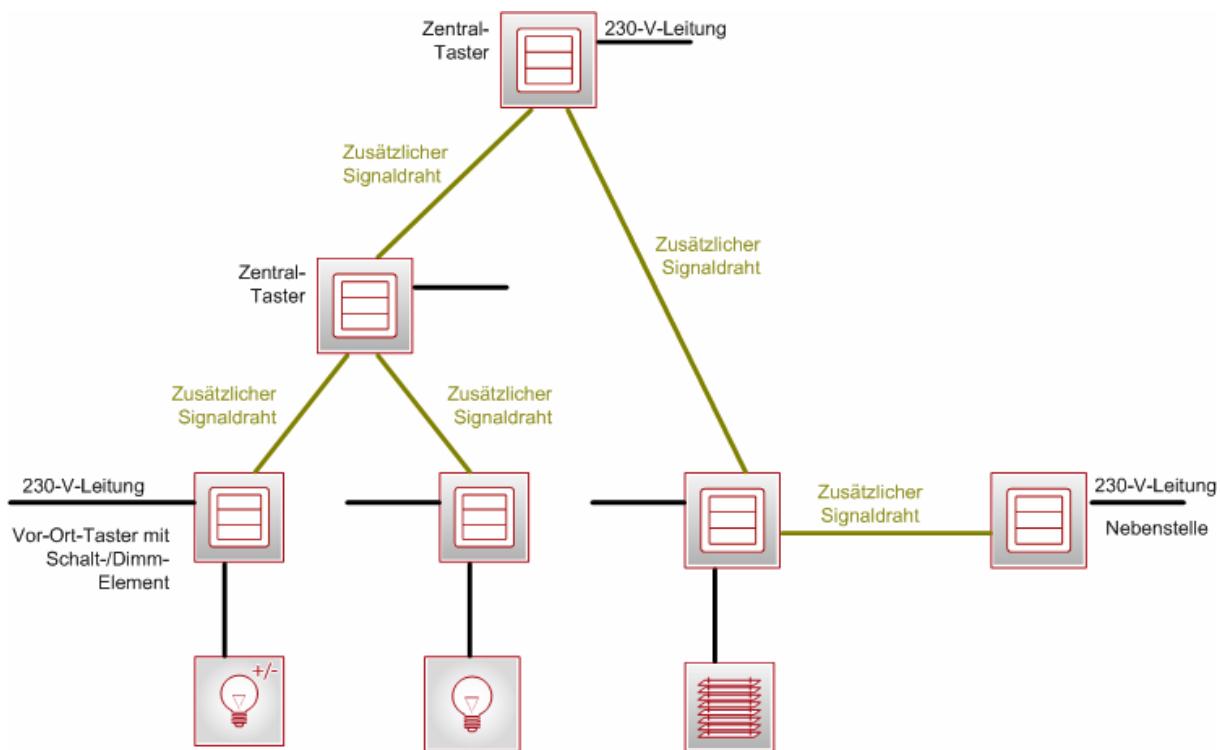
## Anhang 1 Beschreibung der Steuerungssysteme (28 Seiten)

### zeptrion von Feller AG

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Hersteller:                | Feller AG, Bergstrasse 70, 8810 Horgen, <a href="http://www.feller.ch">www.feller.ch</a>   |
| Verbreitung:               | zeptrion ist seit 2002 auf dem Markt und stark verbreitet, da Feller im Schalter-/Steckdosenbereich Marktleader in der Schweiz ist.  |
| System:                    | zeptrion ist ein proprietäres System, es erlaubt keine gewerkeübergreifenden Funktionen.   |
| Basisinvestition:          | Keine notwendig, weder in Form einer Busspeisung noch zentraler Intelligenz oder anderer Geräte.   |
| Funktionalität:            | Beleuchtungs- und Storensteuerung mit Gruppen- und Zentralbefehlen und einer wetterabhängigen Storensteuerung. Bei <i>zeptrion</i> ist die Licht- und Storensteuerung getrennt und wird mit separaten Geräten wahrgenommen. Für Zeitprogramme sind je eine Uhr für das Licht und eine für die Storen notwendig..   |
| Einsatz:                   | <i>zeptrion</i> eignet sich gut für punktuelle Komfortverbesserungen, aber auch für ganze Hausinstallationen mit beschränkter Funktionalität im Bereich der Beleuchtungs- und Storensteuerung. Bei grossen Projekten wird die Verkabelung aufwändig.   |
| Installationstechnik:      | Solange Schalter vor Ort mit eingebauten Aktoren die Funktionen wahrnehmen können, ändert wenig gegenüber einer konventionellen Elektroinstallation. Übergeordnete Gruppen- und Zentralbefehle bedingen einen zusätzlichen Starkstromdraht vom Zentralschalter zum Gruppenschalter und von da zum Schalter vor Ort. Bei phasenübergreifenden Signalen (z.B. von Sicherungsgruppe 1 zu 2) sind Signalkoppler notwendig. Aufwändiger wird die Elektroinstallation, wenn Aktoren im Verteiler notwendig werden; in diesem Fall müssen die Schalterausgänge vom Verteiler zu den Aktoren und von da zu den Lampen und Storen gezogen werden. |
| Intelligenz:               | Liegt in der Verdrahtung, es ist keine Parametrierung notwendig, und es sind auch keine Adressen über Hardwareschalter einzustellen.   |
| Art der Parametrierung:    | Nicht notwendig  |
| Kommunikation:             | Nur von oben nach unten möglich, also von Zentralschalter zu Gruppenschalter und von da zum Schalter vor Ort. Physikalisch arbeitet die Kommunikation über einen zusätzlichen Starkstromdraht mit 8 Bit Telegrammen.   |
| Speisegerät:               | Nicht notwendig  |
| Zentralsteuergerät:        | Nicht notwendig  |
| Funktionalität bei Storen: | Gruppenbefehle und Zentralbefehle. Wetterabhängige Steuerung der Storen möglich, allerdings auf eine Zone beschränkt.  |
| Funktionalität bei Licht:  | Lichtszenen und zentrale Lichtbefehle möglich. Anwesenheitssimulation beschränkt über Schaltuhr möglich. Sehr umfassende Funktionalitäten zum Energiesparen bei Bewegungs- und Präsenzmeldern, die auch im Einzelbetrieb (d.h. ohne zusätzlichen Steuerdraht direkt mit einer Leuchte verbunden), eingesetzt werden können.  |
| Sensoren:                  | Einfach- und Zweifachtaster, Bewegungsmelder, Meteosensor. Speisung 230 V.   |
| Aktoren:                   | Normalerweise im Schalter vor Ort. In speziellen Fällen werden Aktoren im Verteiler aufgebaut, z.B. wenn ein Schalter vor Ort mehr als 2 Storen bedienen muss. Es gibt Lichtaktoren mit Relais oder Dimmerrausgang, Versionen im Verteiler auch mit 1 bis 10 Volt-Ausgang für elektronische Vorschaltgeräte  |

|   |  |
|---|--|
|   | te. Speisung 230 V.  |
| Handfernsteuersender:                   | Infrarotfernsteuergerät von Feller (Beamit)                              |
| Einsatz von intelligenten Bedienpanels: | Nicht möglich  |
| Einsatz elektronischer Mehrfachtaster:  | Nicht möglich  |
| Raumtemperaturregelung:                 | Ist im System von zeptrion nicht enthalten                               |
| Wahrnehmen von Sicherheitsfunktionen:   | Nur mit Bewegungs-/ Präsenzmeldern oder Schaltuhr realisierbar.          |
| Fernsteuerung:                          | Aufwändig über Fremdgerät mit geschalteten 230-V-Ausgängen               |
| Fernalarmierung:                        | Nicht möglich  |
| Zugriff über Internet:                  | Nicht möglich, bzw. nur mit Fremdgerät, das über 230-V-Ausgänge verfügt. |

#### Prinzipschema und Funktionsweise:



**Bild A 1** Prinzipieller Aufbau der einfachen Hierarchie des zeptrion-Systems von Feller. Ein zusätzlicher 1,5-mm-Draht in der Installation übernimmt die Steuerung ohne Programmierung. (Quelle: raum consulting)

Installationsart:

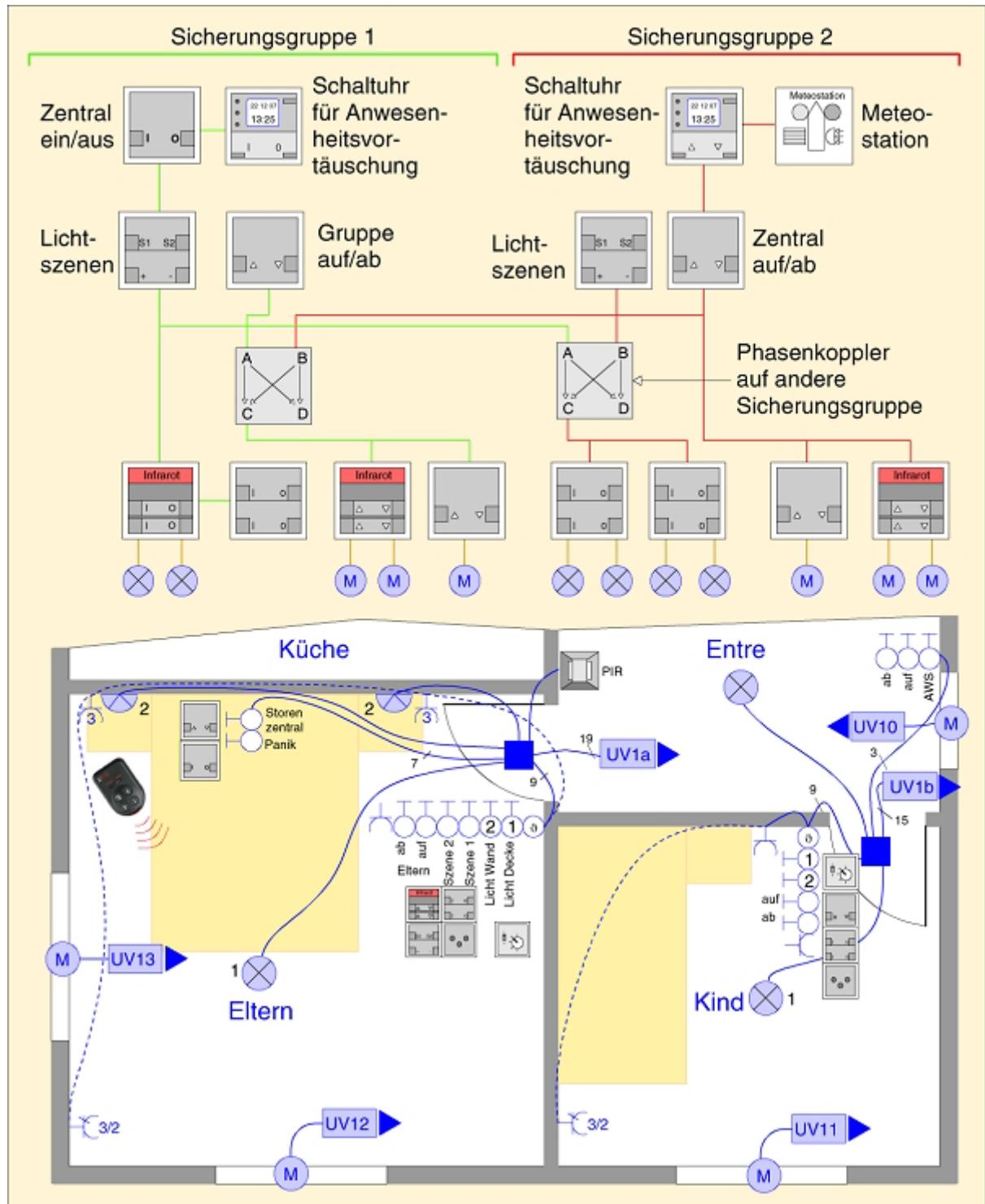
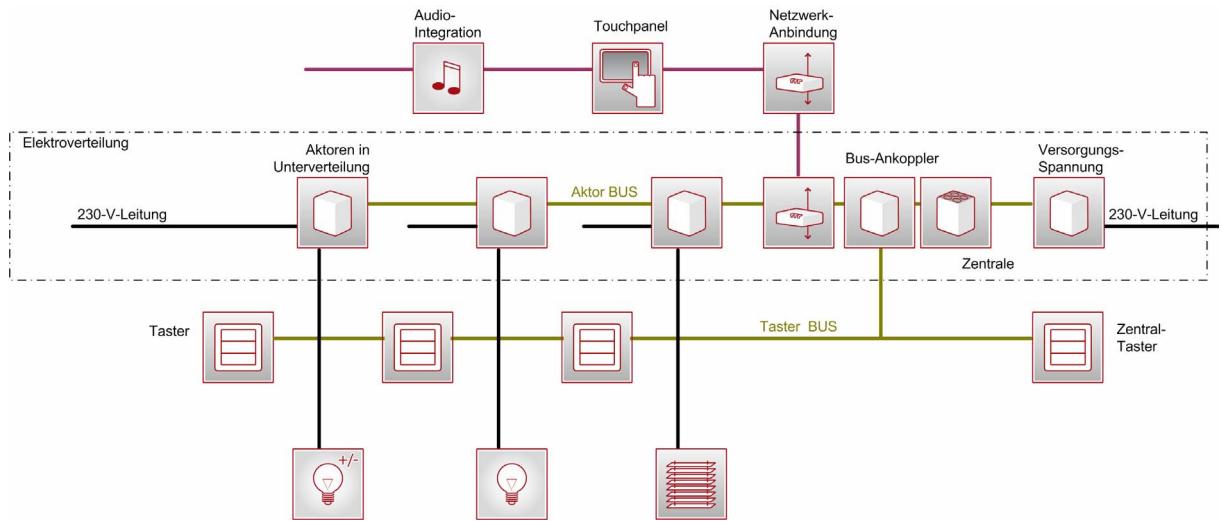


Bild A 2 Hierarchie und Installationsart des zeprion-Systems. (Quelle: Kleger)

## Twiline von Wahli AG

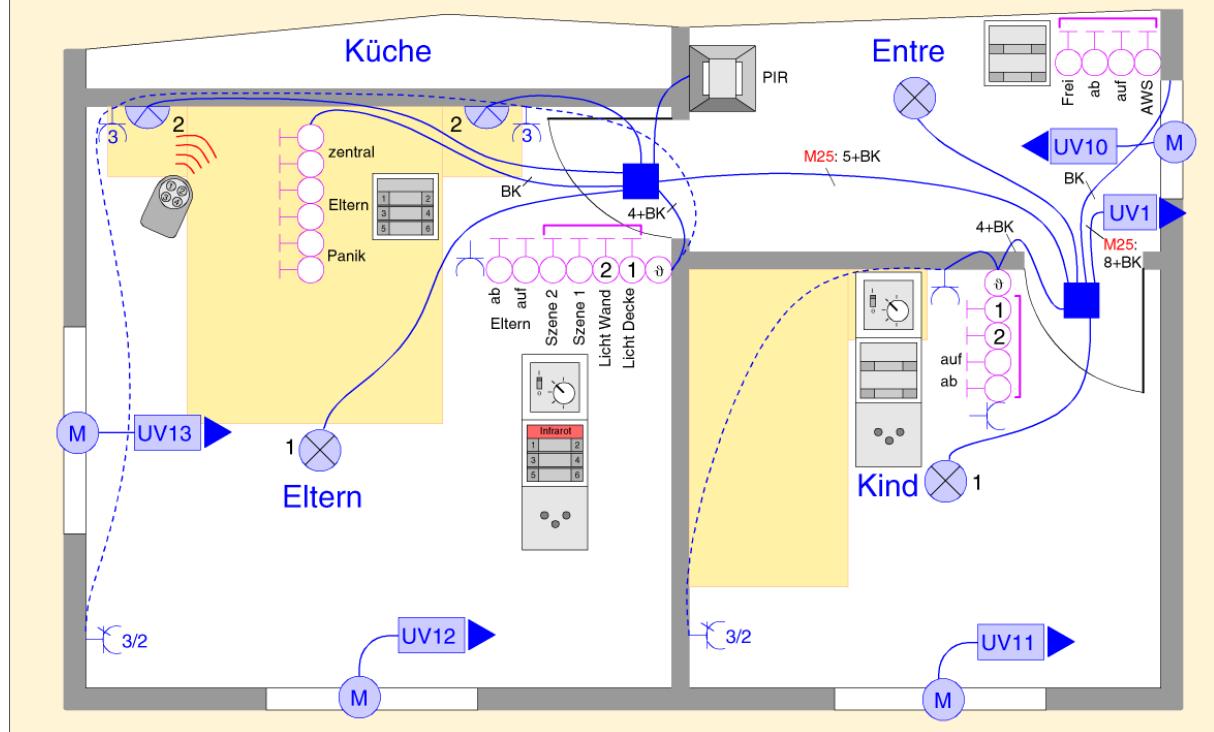
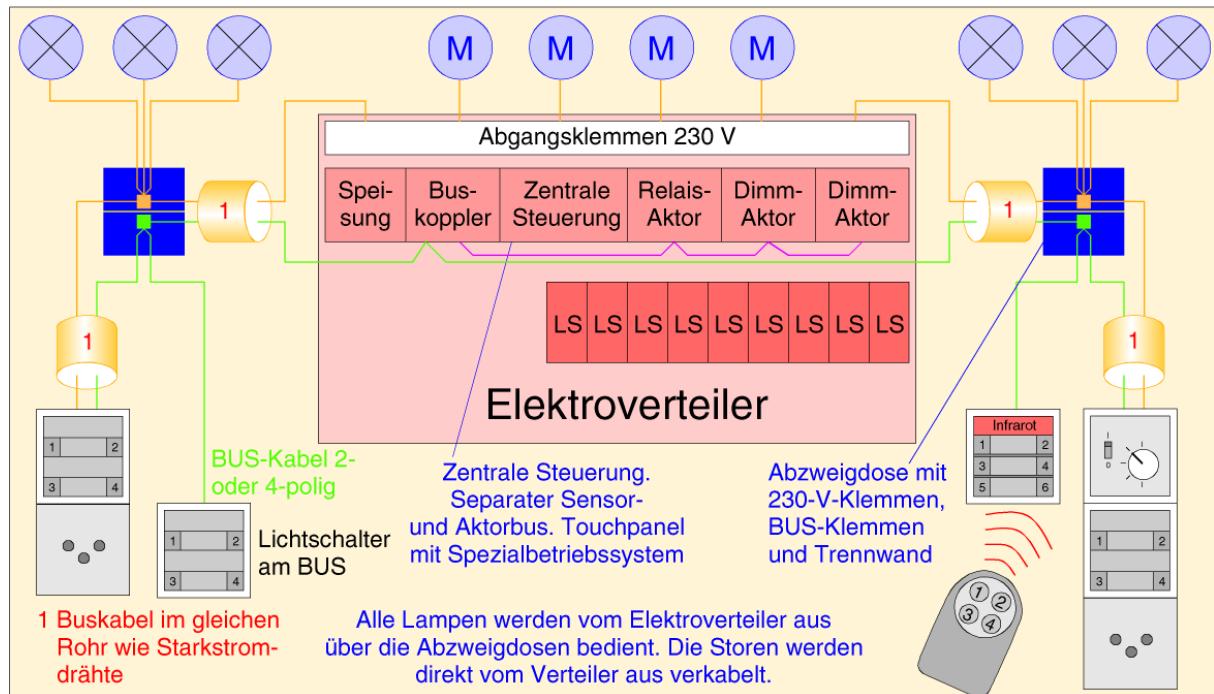
|   |   |
|---|---|
| Hersteller:                             | W. Wahli AG, 3018 Bern, <a href="http://www.wahli.com">www.wahli.com</a>  |
| Verbreitung:                            | Seit 1991 auf dem Markt und in der Schweiz recht verbreitet   |
| Basisinvestition:                       | Stromversorgung, Zentrale Steuerung, Bluebox für Busankopplung  |
| System:                                 | Proprietär, arbeitet mit eingeprägtem Strom auf Bus, je ein Bus für Sensoren und einer für Aktoren.   |
| Funktionalität:                         | Beleuchtungs- und Storensteuerung, Raumtemperaturregelung, Zutrittsüberwachung und vieles mehr. Es sind gewerkeübergreifende Funktionen möglich, d.h. bei einer Szenensteuerung werden Lampen gedimmt, Storen geschaltet und auch Unterhaltungs-Geräte beeinflusst.   |
| Einsatz:                                | Die Einsatzgebiete von <i>Twiline</i> im Wohnbereich sind Beleuchtung, Beschattung, Raumtemperatur- Regelung, Fernwirken sowie die teilweise Integration der Audiowelt. Mit <i>Twiline</i> lässt sich das ganze Haus übergreifend vernetzen.  |
| Installationstechnik:                   | Die Aktoren zur Ansteuerung von Lampen, Storen und anderen Geräten befinden sich im privaten Wohnungsreich meistens im Elektroverteiler. Die Sensoren (Schalter, Bewegungsmelder, Raumfühler und Touchpanels), werden über das zweipolige Buskabel angeschlossen. Das Buskabel übernimmt sowohl die Datenübertragung als auch die Stromversorgung. Es kann stern- oder linienförmig verlegt werden, auch zusammen mit Starkstromdrähten im gleichen Rohr. |
| Intelligenz:                            | Zentrale Steuerung  |
| Art der Parametrierung:                 | Kostengünstiges grafisches Parametriertool von Twiline, mit einfacher Handhabung  |
| Kommunikation:                          | Die Kommunikation auf jedem der zwei Busse erfolgt unidirektional. Maximal 5 Telegramme pro Sekunde.  |
| Speisegerät:                            | Proprietäre 24-V-Speisung.  |
| Zentralsteuergerät:                     | Notwendig bei jeder Installation.   |
| Funktionalität bei Storen:              | Gruppenbefehle, Zentralbefehle, Szenen und wetterabhängige Steuerung der Storen.  |
| Funktionalität bei Licht:               | Lichtszenen und zentrale Lichtbefehle sowie Schockbeleuchtung möglich. Anwesenheitssimulation: über Schaltuhr oder mit Spezialgerät werden Schaltvorgänge der vorhergehenden Woche abgespielt.  |
| Sensoren:                               | Einfach- bis Achtfachtaster, Bewegungs-, Rauch- und Einbruchmelder, Meteosensor, Raumfühler und anderes.  |
| Aktoren:                                | Im privaten Wohnungsbau meistens im Elektroverteiler. Bei Zweckbauten auch in Brüstungskanälen, Hohldecken und Doppelböden.   |
| Handfernsteuersender:                   | Infrarot-Fernsteuergeräte zahlreicher Art, aber auch Funkgeräte.  |
| Einsatz von intelligenten Bedienpanels: | Möglich, spezielles Betriebssystem ist dazu notwendig   |
| Einsatz elektronischer Mehrfachtaster:  | Möglich, aber ohne Rückmeldung des Zustandes  |
| Raumtemperaturregelung:                 | Einfache Zweipunktregler bis komplexe Regelungen  |
| Wahrnehmen von Sicherheitsfunktionen:   | Möglich, Bus muss über eine USV gepuffert sein damit er auch bei Stromausfall funktioniert.   |
| Fernsteuerung/-alarmierung:             | Über GSM oder Internet.   |
| Zugriff über Internet:                  | Ja  |

### Prinzipschema und Funktionsweise:



**Bild A 3** Funktionsprinzip von Twiline. Hier werden zwei Busleitungen benötigt, die Konfiguration ist mit einer herstellereigenen Software möglich. (Quelle: raum consulting)

## Installationsart:

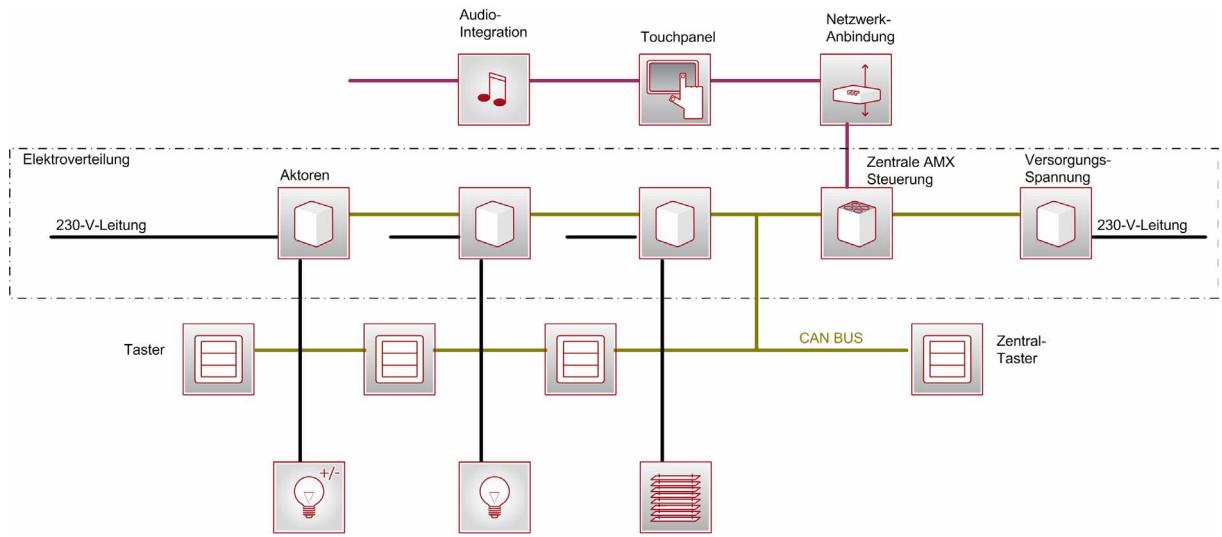


*Bild A 4 Prinzip des Wahl Twiline-Systems, das über ein zentrales Steuergerät verfügt. Mit proprietärem BUS, separat einer für Sensoren und einer für Aktoren. (Quelle: Kleger)*

## Smart-Control Spline GmbH

|  |  |
|--|--|
| Hersteller und Vertreiber:             | Spline GmbH, 8810 Horgen, <a href="http://www.spline.ch">www.spline.ch</a>   |
| Verbreitung:                           | <i>Smart-Control</i> ist seit dem Jahr 2000 auf dem Markt. Verbreitung noch relativ gering und eher im gehobenen Wohnungsbereich   |
| Basisinvestition:                      | z Stromversorgungen, zentrales Steuergerät.  |
| System:                                | Proprietär, Sensoren und Aktoren werden über einen CAN-Bus bedient   |
| Funktionalität:                        | Beleuchtungs- und Storensteuerung, Raumtemperaturregelung, Zutrittsüberwachung und vieles mehr. Es sind gewerkeübergreifende Funktionen möglich, d.h. bei einer Szenensteuerung werden Lampen gedimmt, Storen geschaltet und auch Unterhaltungs-Geräte beeinflusst.  |
| Einsatz:                               | <i>Smart-Control</i> ist sowohl für den Zweckbau, wie auch den privaten Wohnungsbereich einsetzbar.  |
| Installationstechnik:                  | Aktoren im privaten Wohnungsbereich meistens im Elektroverteiler. Die Sensoren (Schalter, Bewegungsmelder, Raumfühler und Touchpanels) werden über das vierpolige Buskabel erschlossen. Das Buskabel übernimmt sowohl die Datenübertragung als auch die Stromversorgung. Das Buskabel ist in der Regel linienförmig zu verlegen, auch zusammen mit Starkstromdrähten im gleichen Rohr. |
| Intelligenz:                           | Diese ist in einem zentralen Steuergerät abgelegt.   |
| Art der Parametrierung                 | Erfolgt über ein grafisches Parametriertool von <i>Spline</i> , das sehr einfach in der Handhabung ist.  |
| Kommunikation:                         | Die Kommunikation erfolgt bidirektional. Es sind 100 Telegramme pro Sekunde möglich.   |
| Speisegerät:                           | 24 Volt-Speisung für den Bus, 12 Volt-Speisung für das Zentralsteuergerät  |
| Zentralsteuergerät:                    | Zwingend nötig, Steuergerät der Firma AMX  |
| Funktionalität bei Storen:             | Gruppenbefehle, Zentralbefehle, Szenen und wetterabhängige Steuerung der Storen.   |
| Funktionalität bei Licht:              | Lichtszenen und zentrale Lichtbefehle, Schockbeleuchtung, echte Anwesenheitssimulation.  |
| Sensoren:                              | Einfach- bis Achtfachtaster, Bewegungs- und Meteosensor, Raumfühler und anderes.   |
| Aktoren:                               | Werden alle im Elektroverteiler montiert.  |
| Handfernsteuersender:                  | Infrarot-Fernsteuergeräte zahlreicher Art, aber auch Funkgeräte.   |
| Einsatz von intelligenten Bedienpanels | Wird sehr gut unterstützt, Microsoft-Betriebssystem  |
| Einsatz elektronischer Mehrfachtaster: | Möglich  |
| Raumtemperaturregelung:                | Einfache Zweipunktregler bis komplexe Regelungen   |
| Wahrnehmen von Sicherheitsfunktionen:  | Möglich, Bus muss über eine USV gepuffert sein damit er auch bei Stromausfall funktioniert..   |
| Fernsteuerung                          | Über GSM oder Internet.  |
| Fernalarmierung:                       | Über GSM oder Internet.  |
| Zugriff über Internet:                 | Ja   |

## Prinzipschema und Funktionsweise:



*Bild A 5 Prinzipschema des Bussystems von Spline, mit einer komfortablen Anbindung an das Hausnetzwerk. (Quelle: raum consulting)*

Installationsart:

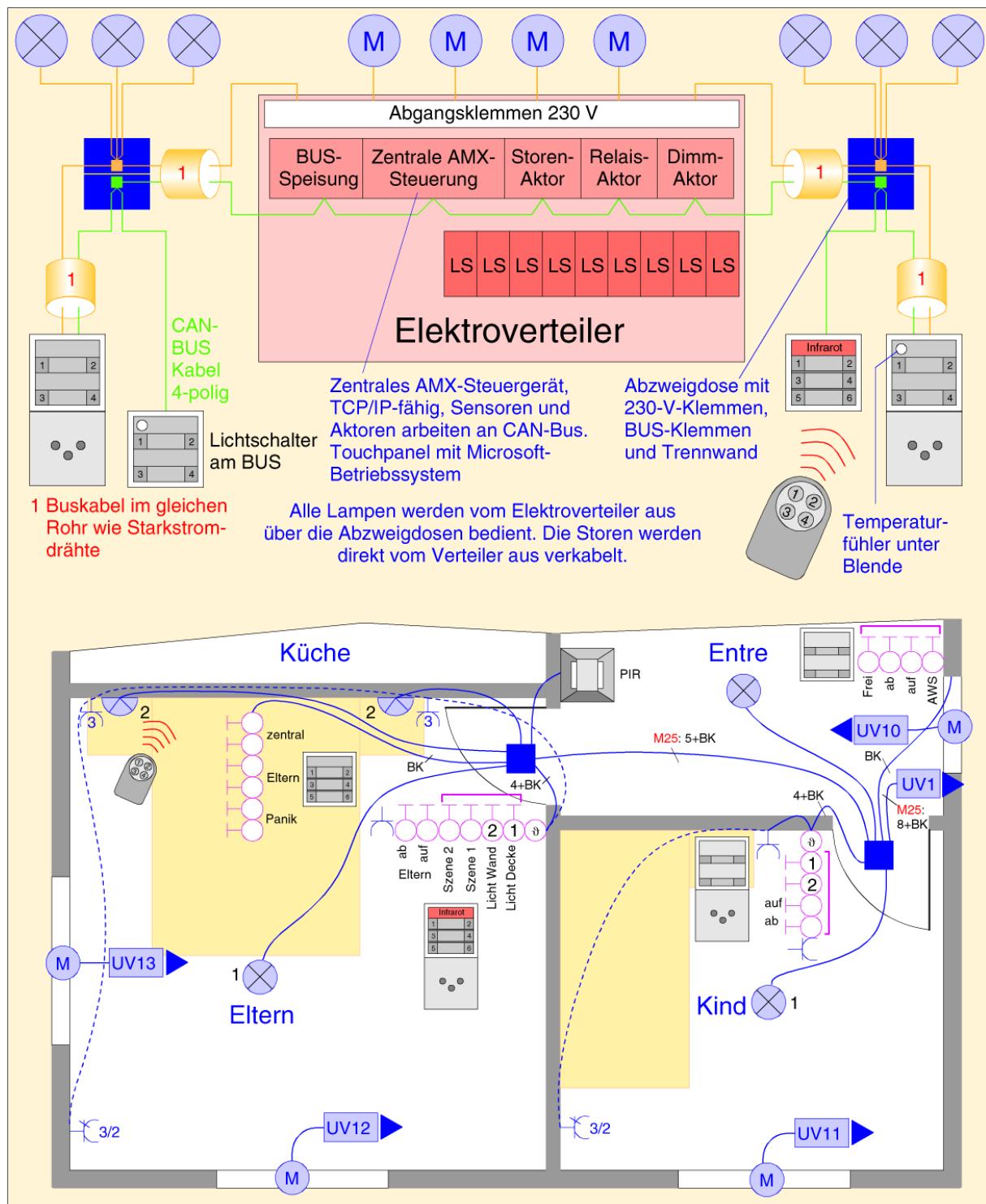


Bild A 6 Prinzip des Smart-Control-Systems mit proprietärem BUS und dem zentralen AMX-Kontroller in der Verteilung. (Quelle: Kleger)

## KNX-Standard

(siehe auch Projekt EFH Savia in diesem Bericht)

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Hersteller und Vertreiber: | Offener Standard mit über 100 Herstellern wie ABB, Beckhoff, Feller, Griesser, Hager Tehalit, Siemens, Somfy, Theben HTS, Wago, Woertz, usw.<br><a href="http://www.knx.org">www.knx.org</a> und <a href="http://www.knx-swiss.ch">www.knx-swiss.ch</a>   |
| Verbreitung:               | KNX (früher EIB) ist heute als internationaler Standard (ISO/IEC 14543-3 und EN50090.) anerkannt. Das System ist in Europa weit verbreitet.   |
| Basisinvestition:          | Busspeisung 30 VDC  |
| System:                    | Das System kann verschiedene Übertragungs-Medien nutzen, drahtgebunden (über Zweidraht-Bus), via Funk und seit neuestem auch via <i>Ethernet</i> . Die Intelligenz ist direkt in den Aktoren und Sensoren im Bus-System verteilt.   |
| Funktionalität:            | Beleuchtungs- und Storensteuerung, Raumtemperaturregelung, HLK-Steuerung, Zutrittsüberwachung und vieles mehr. Es sind gewerkeübergreifende Funktionen möglich, d.h. bei einer Szenensteuerung können Lampen gedimmt, Storen geschaltet und auch Unterhaltungsgeräte beeinflusst werden.  |
| Einsatz:                   | Ursprünglich war KNX auf den Zweckbau ausgerichtet. Heute bieten die Hersteller eine grosse Anzahl von Komponenten für den privaten Wohnungsgebiet an. Die Vielfalt der auf diesen Bereich zugeschnittenen Produkte und die Auswahl unterschiedlicher Hersteller sind ideale Voraussetzungen für den Einsatz von KNX. Beleuchtung, Beschattung, Raumtemperatur- Regelung, Fernwirken sowie die Integration der Audiomarkt bieten den nötigen Spielraum für die Realisierung solcher Anlagen. Umfassende Vernetzung aller Gewerke sind realisierbar. Die Designauswahl der Bedien-Elemente ist Aufgrund der vielen Herstellern sehr gross. |
| Installationstechnik:      | Die Aktoren zur Ansteuerung von Lampen, Storen und anderen Geräten befinden sich im privaten Wohnungsgebiet meistens im Elektroverteiler. Die Sensoren (Schalter, Bewegungsmelder, Raumfühler und Touchpanels) werden über das zweipolige Buskabel angeschlossen, das sowohl die Datenübertragung als auch die Stromversorgung der Geräte übernimmt. Es darf stern- und linienförmig verlegt werden, auch zusammen mit Starkstromdrähten im gleichen Rohr.  |
| Intelligenz:               | Liegt in den einzelnen Sensoren und Aktoren. Für erhöhte Funktionalitäten sind auch Zusatzgeräte auf dem Markt erhältlich.  |
| Art der Parametrierung:    | Erfolgt über die einheitliche <i>ETS</i> -Software für den Einsatz auf dem PC, die alle auf dem Markt erhältlichen Geräte einbinden kann. Die Hersteller bieten für ihre Produkte entsprechende Datenbanken, welche in die Programmier-Software ( <i>ETS</i> ) eingelesen werden können. <i>Hager</i> bietet auch ein einfaches Handgerät an, das in beschränktem Umfang die Parametrierung von KNX-Komponenten aus dem eigenen Hause erlaubt. <i>Siemens</i> bietet Funk-Komponenten an, welche durch langes Drücken der Tasten die Konfiguration lernen können.   |
| Kommunikation:             | Die Kommunikation erfolgt bidirektional mit einer Baudrate von $9'600\text{ s}^{-1}$ . Es sind theoretisch 40 Telegramme pro Sekunde möglich. Wo dies nicht reicht, kann die Signalübertragung über <i>Ethernet</i> erfolgen.   |
| Speisegerät:               | Spezielle 30-V-Speisung mit Filter, weil Daten und Speisespannung über die gleichen zwei Drähte übertragen werden.  |

|   |  |
|---|--|
| Zentralsteuergerät:                     | Nicht nötig. Für umfassende Funktionalitäten und Verknüpfungen (auch für echte Anwesenheitssimulation) gibt es spezielle Bausteine, wie z.B. den <i>Gira-Homeserver</i>  |
| Funktionalität bei Storen:              | Gruppenbefehle, Zentralbefehle, Szenen und wetterabhängige Steuerung der Storen. Dank Technologien aus dem Zweckbau sehr umfassend für den Wohnungsbau.  |
| Funktionalität bei Licht:               | Dimmen, Lichtszenen und zentrale Lichtbefehle möglich. Anbindung an <i>DALI</i> und <i>DMX</i> (verbreitete Lichtsteuerungssysteme) möglich.   |
| Sensoren:                               | Einfach- bis Achtfachtaster, System-Touchpanel, Bewegungs-, Präsenz-, Rauch- und Einbruchmelder, Meteosensor, Raumföhler, Zutrittskontrollsysteme, Schnittstellen auf Netzwerk und Visualisierungssysteme und vieles mehr. |
| Aktoren:                                | Im privaten Wohnungsbau meistens im Elektroverteiler, in Zweckbauten auch in Brüstungskanälen, Hohldecken und Doppelböden.   |
| Handfernsteuersender:                   | Infrarot-Fernsteuergeräte zahlreicher Art, auch Funk und im Zusammenhang mit Visualisierungen auch über mobile PCs / PDA.  |
| Einsatz von intelligenten Bedienpanels: | Diverse Produkte mit unterschiedlichem Design und unterschiedlicher Funktionalität.  |
| Einsatz elektronischer Mehrfachtaster:  | Möglich, auch mit LEDs für Rückmeldung und Orientierungslicht.   |
| Raumtemperaturregelung:                 | Einfache Zweipunktregler bis komplexe Regelungen.  |
| Wahrnehmen von Sicherheitsfunktionen:   | Möglich, Bus muss über eine USV oder Batterie gepuffert sein damit er auch bei Stromausfall funktioniert. Direkt ins System integrierbare Alarmanlagen verfügbar (z.B. von <i>ABB</i> ).                                   |
| Fernsteuerung/-alarmierung:             | Möglich mit speziellen Geräten (Gateways), die als Koppler zwischen dem Bus und dem Internet oder dem Telefonnetz agieren.   |
| Zugriff über Internet:                  | Möglich mit entsprechenden Gateways verschiedener Hersteller.  |

## Prinzipschema und Funktionsweise:

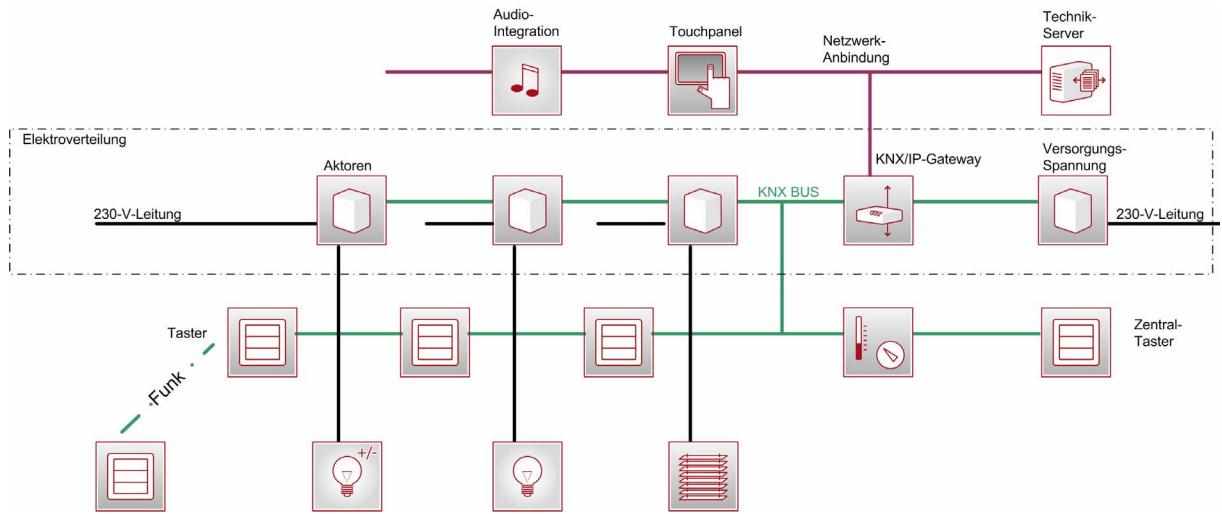
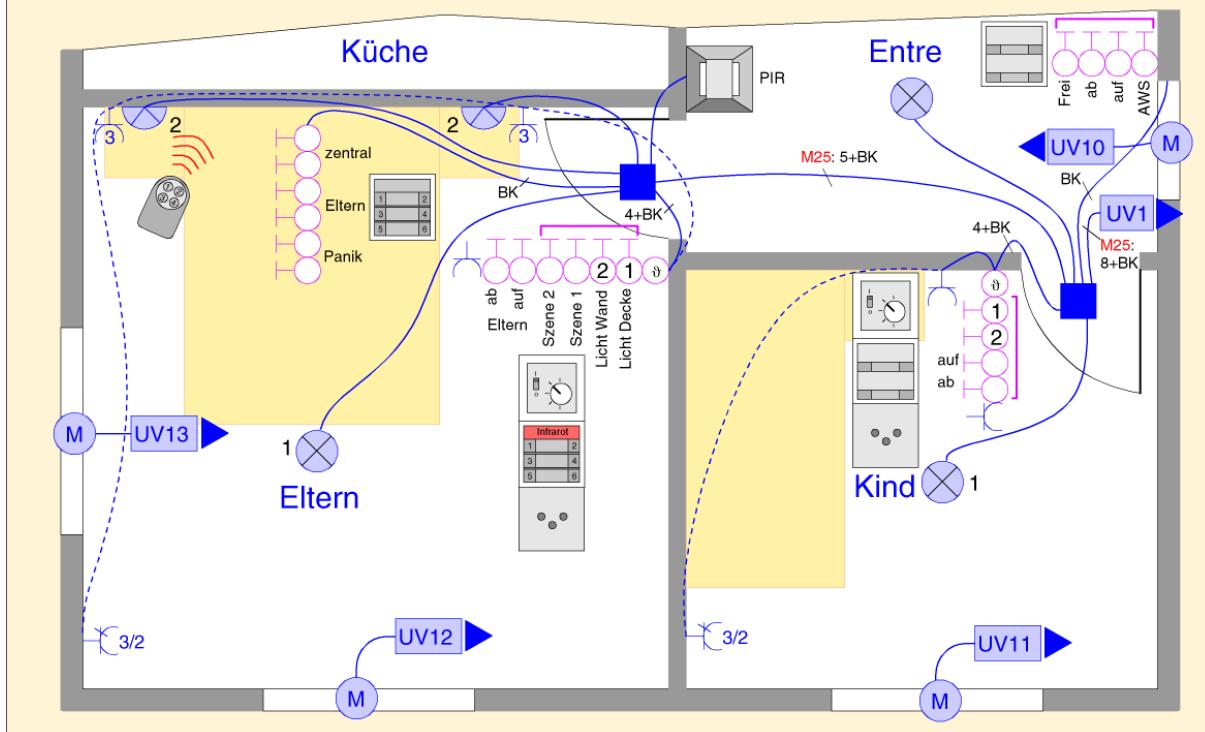
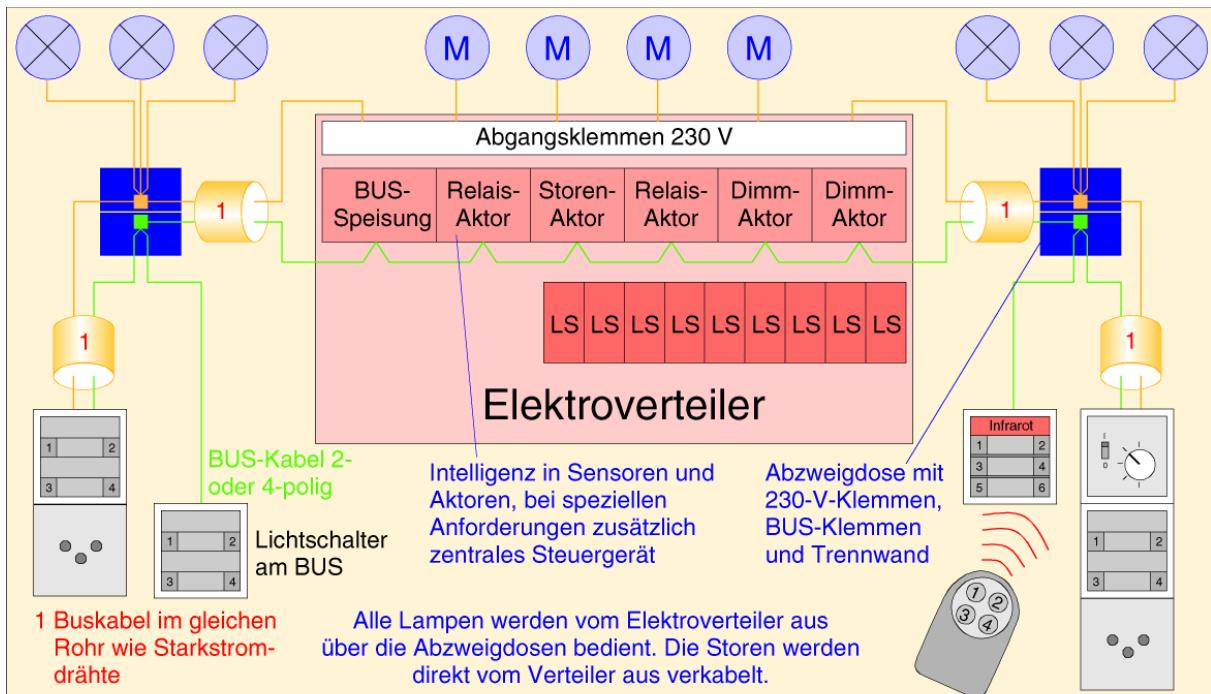


Bild A 7

Der Standard KNX lässt sich umfassend und herstellerübergreifend vernetzen. Er bietet draht- und funkgebundene Lösungen. Dank den herstellerübergreifenden Möglichkeiten bietet er eine grosse Anzahl unterschiedlicher Komponenten für jede Anwendung. (Quelle: raum consulting)

### Installationsart:



*Bild A 8 Das KNX-System bietet auch Aktoren direkt beim Schalter. In neuen Anlagen sind die Aktoren oft in der Verteilung untergebracht. Einfache bis umfassende Lösungen realisierbar. (Quelle: Kleger)*

## Adhoco, das adaptive Home-Control-System

|   |  |
|---|--|
| Hersteller und Vertreiber:              | Adhoco AG, 8406 Winterthur, <a href="http://www.adhoco.com">www.adhoco.com</a>   |
| Verbreitung:                            | Adhoco ist in Testapplikationen auf dem Markt.   |
| Basisinvestition:                       | Zentrales Steuergerät und Internetanschluss mit Power over Ethernet (PoE)  |
| System:                                 | Proprietär, arbeitet über Funk mit Zigbee-Standard   |
| Funktionalität:                         | Beleuchtungs- und Storensteuerung, Raumtemperaturregelung, Zutrittsüberwachung und anderes. Es sind gewerkeübergreifende Funktionen möglich. Das System ist selbstlernend und übernimmt automatisch Benutzergewohnheiten.  |
| Einsatz:                                | Adhoco ist vom Konzept her für den privaten Wohnbereich ausgelegt und eignet sich speziell für die Funktionalitätsverbesserung im Renovierungsfall, ohne das Verlegen neuer Leitungen.   |
| Installationstechnik:                   | Die Funksensoren und -aktoren werden direkt in bestehende Dosen hinter Schaltern, allenfalls auch in Abzweigdosen, montiert und speisen sich über 230 V. Das Zentralsteuergerät kommuniziert mit den Sensoren und Aktoren über Funk. Die einfache Wetterstation arbeitet ebenfalls über Funk und versorgt sich über Solarzellen. |
| Intelligenz:                            | Im Zentralgerät.   |
| Art der Parametrierung:                 | Erfolgt über ein LCD-Display am Zentralsteuergerät.  |
| Kommunikation:                          | Die Kommunikation erfolgt bidirektional über Funk.   |
| Speisegerät:                            | Ethernet-Switch mit PoE.   |
| Zentralsteuergerät:                     | Zwingend nötig   |
| Funktionalität bei Storen:              | Gruppenbefehle, Zentralbefehle, Szenen und wetterabhängige Steuerung der Storen.   |
| Funktionalität bei Licht:               | Lichtszenen und zentrale Lichtbefehle, Schockbeleuchtung, echte Anwesenheitssimulation.  |
| Sensoren:                               | Normale 230-V-Taster, Bewegungs- und Meteosensor, Raumfühler und anderes.  |
| Aktoren:                                | Vor Ort hinter Tastern oder in Abzweigdosen montiert.  |
| Handfernsteuersender:                   | Ja   |
| Einsatz von intelligenten Bedienpanels: | Nicht möglich  |
| Einsatz elektronischer Mehrfachtaster:  | Nicht möglich  |
| Raumtemperaturregelung:                 | Zweipunktregelung  |
| Wahrnehmen von Sicherheitsfunktionen:   | Sehr gut möglich, sicherheitsrelevante Sensoren arbeiten mit Batterien oder Solarzellen. Das Zentralsteuergerät muss über eine USV gestützt werden, damit die Sicherheitsfunktionen auch bei Stromausfall funktionieren.   |
| Fernsteuerung                           | Über Internet. Für GSM muss eine Ankopplung GSM – Internet implementiert werden.   |
| Fernalarmierung:                        | Über Internet. Für GSM muss eine Ankopplung GSM – Internet implementiert werden..  |
| Zugriff über Internet:                  | Ja, direkter Zugriff auf das zentrale Steuergerät  |

## Prinzipschema und Funktionsweise:

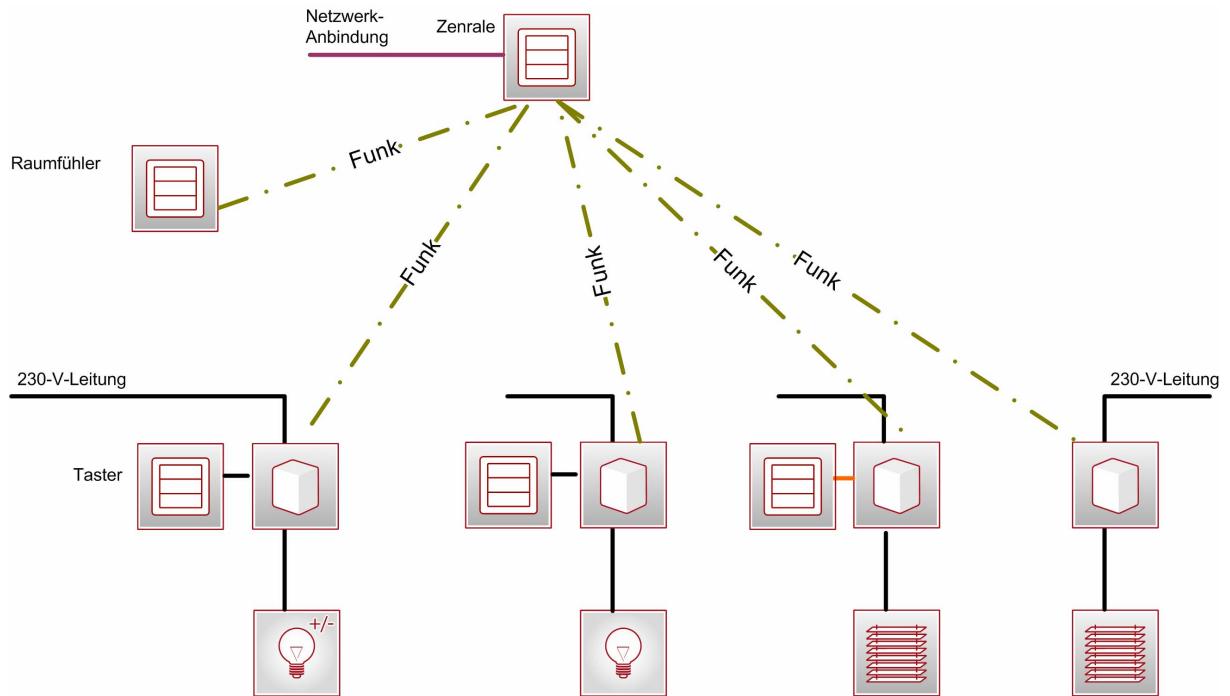


Bild A 9 Prinzipielle Verdrahtung von Adhoco. Das System basiert auf Funk. Einzelne Sensoren verfügen über Solarzellen und arbeiten so energieautonom. (Quelle: raum consulting)

Installationsart:

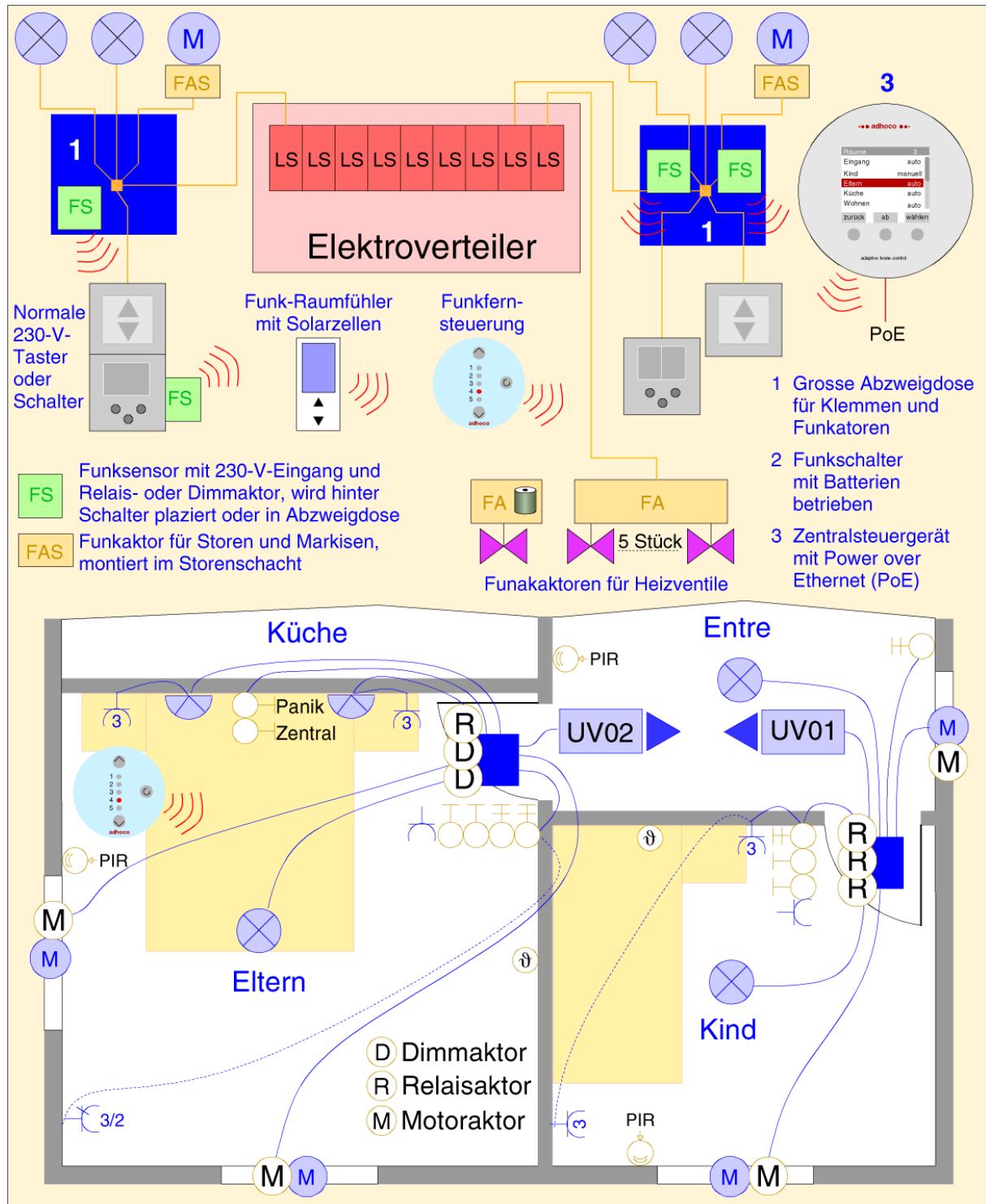
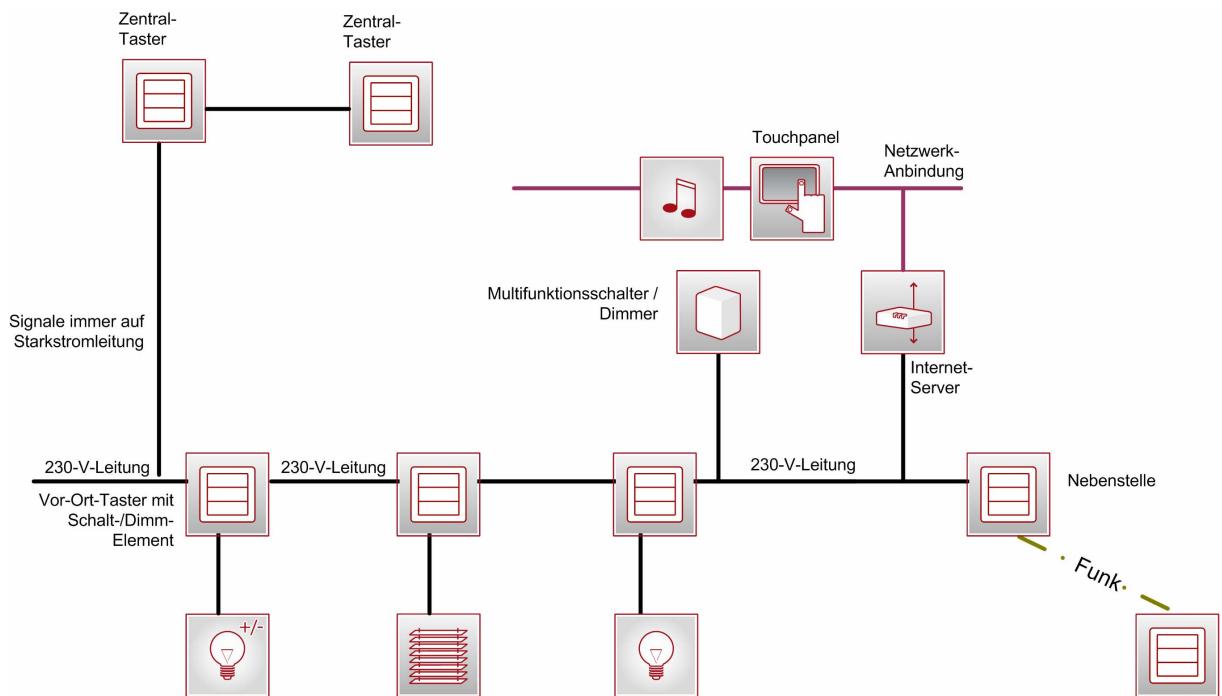


Bild A 10 Prinzip des Adhoco-Systems, das mit Funk arbeitet (Zigbee-Standard), und des Zentralgeräts, das mit dem Internet verbunden ist. (Quelle: Kleger)

## In One von Legrand

|   |  |
|---|--|
| Hersteller:                             | Legrand Schweiz AG, 5442 Birr, <a href="http://www.legrand.ch">www.legrand.ch</a>  |
| Verbreitung:                            | Einführung 1. Quartal 2008   |
| Basisinvestition:                       | LEDiglich Netzfilter und Phasenkoppler, damit Signale phasenübergreifend in der Elektroinstallation verteilt werden.   |
| System:                                 | Das System nutzt die 230 Volt-Verteilung als Busleitung, die Signale werden der 50 Hz-Netzspannung überlagert (132,5 kHz). Im System werden auch Funkgeräte eingesetzt (868,3 MHz).  |
| Funktionalität:                         | Beleuchtungs- und Storensteuerung, Raumtemperaturregelung (4. Quartal 2008), Rauch-, Wasserbruch- und Gasmelder (Funk). Es lässt sich ein Heimserver zum Abspielen von Audio- und Videodaten einbeziehen.  |
| Einsatz:                                | Einsatz zur Hauptsache im privaten Wohnungsgebiet, speziell geeignet im Renovierungsbau, wo keine zusätzlichen Drähte verlegt werden können.   |
| Installationstechnik:                   | Eingangsfilter und Phasenkoppler im Verteiler. Die Aktoren zur Ansteuerung von Lampen, Storen und anderen Geräten befinden sich in den Tastern vor Ort, können aber auch im Verteiler aufgebaut sein. Szenegeräte und andere spezielle Geräte werden im Verteiler aufgebaut. |
| Intelligenz:                            | Diese liegt in den einzelnen Sensoren und Aktoren. Für erhöhte Funktionalitäten kommen Zusatzgeräte im Verteiler zum Einsatz, z.B. für Lichtszenen, Fernzugriff über GSM, Funkschnittstelle, Busankopplung zu Einbruchalarmgerät etc.  |
| Art der Parametrierung                  | Erfolgt über das Drücken von Knöpfen bei den Geräten selbst.   |
| Kommunikation:                          | Die Kommunikation erfolgt bei <i>Powerline</i> bidirektional, bei Funk und Infrarot unidirektional mit einem proprietären Protokoll. Es sind je nach Art der Telegramme 3 bzw. 4 Übertragungen pro Sekunde möglich.  |
| Speisegerät:                            | Kein Speisegerät nötig, alle Geräte speisen sich aus dem 230 Volt-Netz.  |
| Zentralsteuergerät:                     | Nicht nötig. Für umfassende Funktionalitäten kommen Zusatzgeräte im Verteiler zum Einsatz.   |
| Funktionalität bei Storen:              | Gruppenbefehle, Zentralbefehle, Szenen und wetterabhängige Steuerung der Storen. Kein automatisches Aufwippen von Lamellen möglich.  |
| Funktionalität bei Licht:               | Dimmen, Lichtszenen und zentrale Lichtbefehle möglich.   |
| Sensoren:                               | Bis zu Vierfach-Szenentaster ohne eingebauten Aktor. Bewegungsmelder, Einbruch-, Wasseralarm- und Rauchmelder arbeiten über Funk.  |
| Aktoren:                                | Sind meistens mit den Tastern vor Ort installiert. Für spezielle Funktionen (z.B. Szenen) werden sie im Verteiler aufgebaut.   |
| Handfernsteuersender:                   | Infrarot- und Funkgeräte im Programm.  |
| Einsatz von intelligenten Bedienpanels: | Kein Bedienpanel erhältlich, es ist aber eine Steuerung über einen PC möglich.   |
| Einsatz elektronischer Mehrfachtaster:  | Normalerweise Zweifachtaster, für Szenen Vierfachtaster mit Zustandsrückmeldung  |
| Raumtemperaturregelung:                 | Einfache Zweipunktregelung ab 4. Quartal 2008.   |
| Wahrnehmen von Sicherheitsfunktionen:   | Über Funkgeräte, die mit Batterien arbeiten.   |
| Fernsteuerung:                          | Möglich über GSM-Gerät, das im Konzept enthalten ist.  |
| Fernalarmierung:                        | Möglich über GSM-Gerät, das im Konzept enthalten ist.  |
| Zugriff über Internet:                  | Über Mediakoppler <i>Axiophon IP</i> oder anderen Heimserver mit UPnP-Standard.  |

## Prinzipschema und Funktionsweise:



**Bild A 11** Die Kommunikation wird direkt über die 230 Volt-Installation geführt. Ein Powerline-System benötigt keine zusätzlichen Kommunikationsdrähte. Auch eine Anbindung an das Internet ist bei diesem jungen System realisiert. (Quelle: raum consulting)

Installationsart:

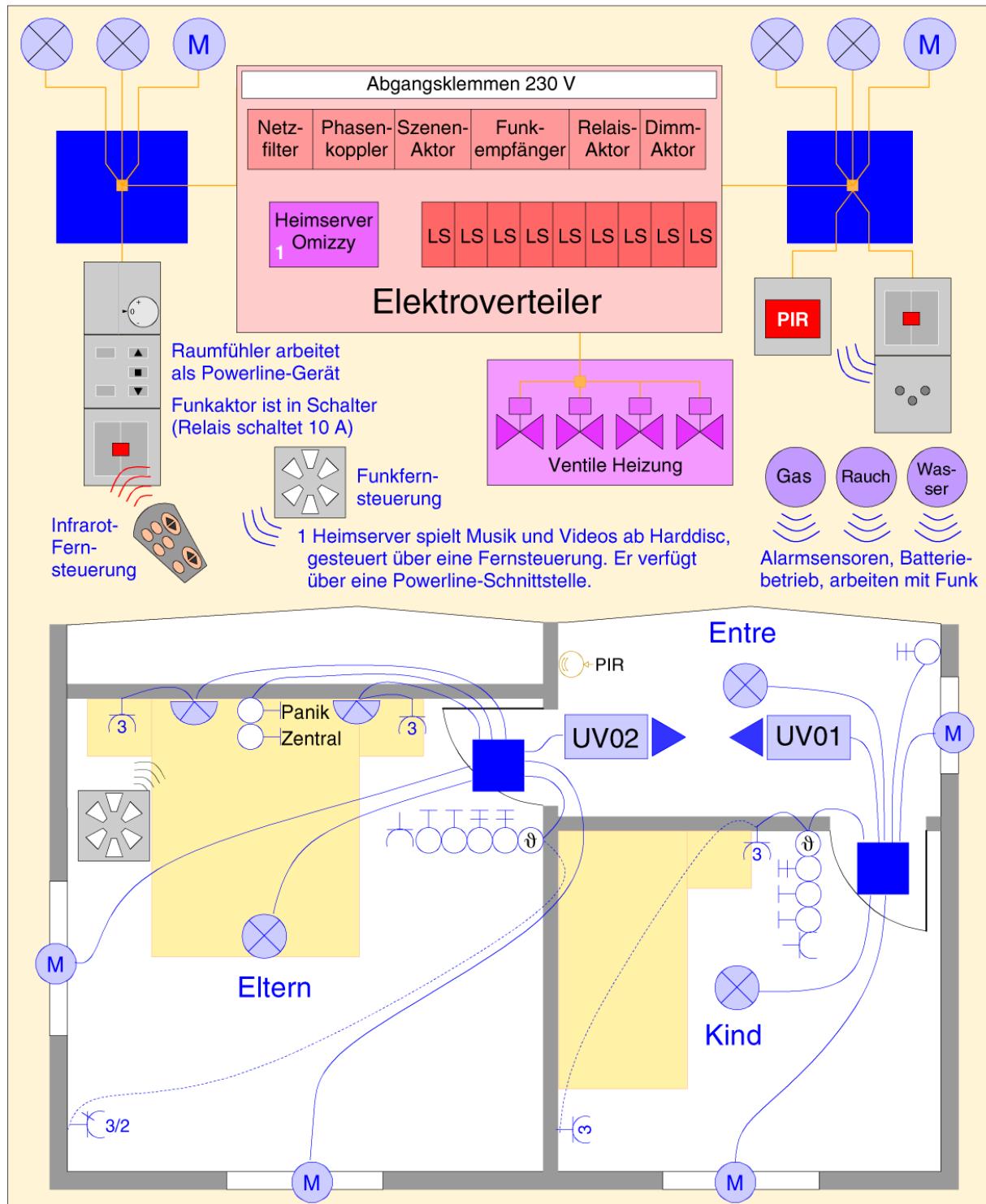


Bild A 12 In One ist eine neues System, das auf Powerline Basis funktioniert. Eine separate Bussleitung ist nicht nötig. Die Kommunikation erfolgt direkt auf der 230V Leitung. (Quelle: Kleger)

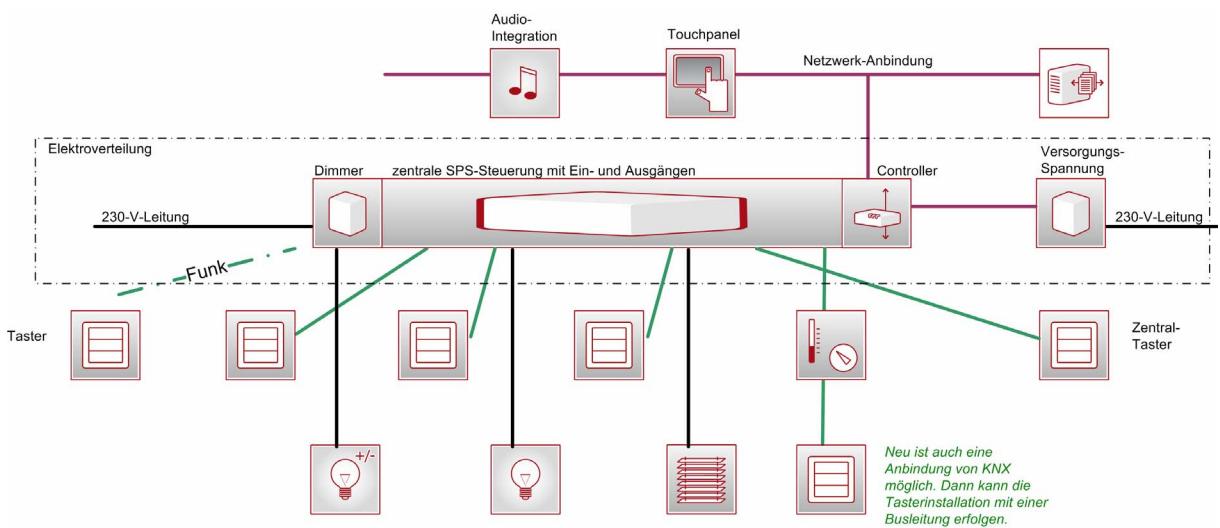
## SPS-Steuerung von Beckhoff

siehe auch Projekt EFH Meier in diesem Bericht

|   |   |
|---|---|
| Hersteller und Vertreiber:              | Beckhoff Automation AG, 8200 Schaffhausen, <a href="http://www.beckhoff.ch">www.beckhoff.ch</a>   |
| Verbreitung:                            | Im Wohnbau ist diese Art von Steuerung sehr schwach verbreitet.   |
| Basisinvestition:                       | Netzteil und zentrale Steuerung.  |
| System:                                 | Industrielle Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS). Sämtliche Taster und Schaltkreise müssen bis zur zentralen Steuerung verdrahtet werden. Die Intelligenz und Logik stecken in dieser Steuerung.  |
| Funktionalität:                         | Hohe Funktionalität dank frei programmierbarer Logik. Für wiederkehrende Anwendungen wie Jalousie usw. kann der Programmierer auch eigene Bausteine schreiben, welche die Programmierung vereinfachen.  |
| Einsatz:                                | SPS-Steuerungen werden in erster Linie im industriellen Anlagenbau eingesetzt. Neuerdings finden sie auch Verwendung im Zweckbau und in seltenen Fällen im privaten Wohnungsbau.  |
| Installationstechnik:                   | Sämtliche Taster, Leuchten und anderen gesteuerten Verbraucher müssen bis zur Zentrale verdrahtet werden. Dadurch entsteht ein grosser Installationsaufwand. Das System lässt sich seit kurzem auch mit einer KNX-Busklemme ausstatten, die es erlaubt, Taster über dieses Bussystem zu erschliessen. |
| Intelligenz:                            | Liegt in der zentralen Steuerung. Die Funktionalität ist dank der freien Programmierbarkeit sehr vielseitig. Der Speicherplatz richtet sich nach dem verwendeten Controller (Hauptrechner der Steuerung).   |
| Art der Parametrierung:                 | Die Programmierung erfolgt über eine eigene Programmiersoftware der Firma <i>Beckhoff</i> und kann via Direktanschluss an der Steuerung oder über Ethernet erfolgen.  |
| Kommunikation:                          | Die Steuerung bietet eine Vielzahl von Kommunikationsschnittstellen nach aussen.  |
| Speisegerät:                            | 24 Volt-Stromversorgung ohne spezielle Anforderungen (keine proprietäre Stromversorgung). Stromstärke in Abhängigkeit der Ausbaustufe, insbesondere der Anzahl angeschlossene Aktoren.  |
| Zentralsteuergerät:                     | Zwingend notwendig, das zentrale Steuergerät stellt die eigentliche SPS-Steuerung dar.  |
| Funktionalität bei Storen:              | Gruppenbefehle, Zentralbefehle, Szenen und wetterabhängige Steuerung der Storen. Automatisches Aufwippen von Lamellen möglich. Funktionalitäten abhängig von den Kenntnissen des Programmierers.  |
| Funktionalität bei Licht:               | Dimmen, Lichtszenen und zentrale Lichtbefehle möglich. Funktionalitäten abhängig von den Kenntnissen des Programmierers.  |
| Sensoren:                               | Bis zu Vierfach-Taster ohne eingebauten Aktor. Bewegungsmelder, Einbruch-, Wasseralarm-, Rauchmelder usw. können angeschlossen werden. Kriterium ist ein potenzialfreier Kontakt.   |
| Aktoren:                                | Kleine Lasten werden direkt von Ausgangskarten der Steuerung versorgt, für grössere Lasten werden konventionelle Relais und Dimmer im Elektroverteiler eingesetzt. Dimmer werden üblicherweise mit einer Steuerspannung von 1 bis 10 V angesteuert.   |
| Handfernsteuersender:                   | Über Ethernet oder potenzialfreie Kontakte möglich.   |
| Einsatz von intelligenten Bedienpanels: | Für die Visualisierung ist ein zusätzlicher Server mit einer Visualisierungssoftware notwendig. Dieser liest die Informationen aus der SPS-Steuerung und stellt sie in einem Internet-Protokoll zur Verfügung. An diesen Server können handelsübliche Touchpanels über Ethernet ange-                 |

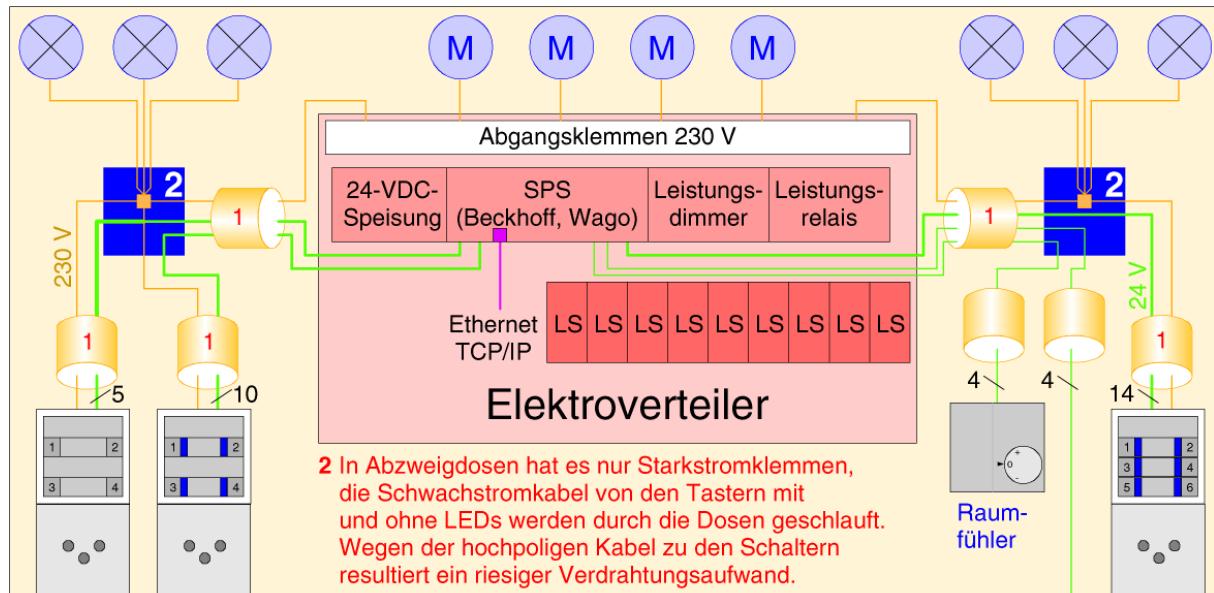
|  |  |
|--|--|
|  | schlossen werden.  |
| Einsatz elektronischer Mehrfachtaster: | Bis Vierfachtaster mit Rückmeldung möglich. Je mehr Taster, desto größer der Verdrahtungsaufwand. Für jedes Bedienelement ist ein separater Draht notwendig.       |
| Raumtemperaturregelung:                | Komplexe Regelungen möglich, Messung mit konventionellen, direkt auf die SPS verdrahteten Fühlern verschiedenster Art (4 – 20 mA, 0 – 10 V, usw.)                  |
| Wahrnehmen von Sicherheitsfunktionen:  | Über digitale Eingänge realisierbar. SPS muss über eine USV oder Batterie gepuffert sein damit sie auch bei Stromausfall funktioniert.                             |
| Fernsteuerung:                         | Möglich über Server und Netzwerk.  |
| Fernalarmierung:                       | Möglich über dezentrale, frei programmierbare Geräte oder, abhängig vom Produkt für die Visualisierung, über Server und Netzwerk.                                  |
| Zugriff über Internet:                 | Die Steuerung ist direkt Web-fähig, in der Regel wird jedoch über die Visualisierung auf die Steuerung zugegriffen. Dazu wird der Visualisierungs-server benötigt. |

## Prinzipschema und Funktionsweise:



*Bild A 13 Prinzipielle Verdrahtung einer SPS: Relativ viele Leitungen aufgrund der zentralen Intelligenz. Die zentrale Steuerung verfügt über eine direkte Anbindung an das IP-Netzwerk. Visualisierung via separaten OPC-Server. (Quelle: raum consulting)*

## Installationsart:



1 Grosse Rohrquerschnitte nötig, wegen der hochpoligen Schwachstromkabel. Eventuell Schachstromkabel in separaten Rohren verlegen.

Lampen werden alle über die Abzweigdose vom Verteiler aus verkabelt, Storen direkt von den Aktoren aus dem Verteiler.

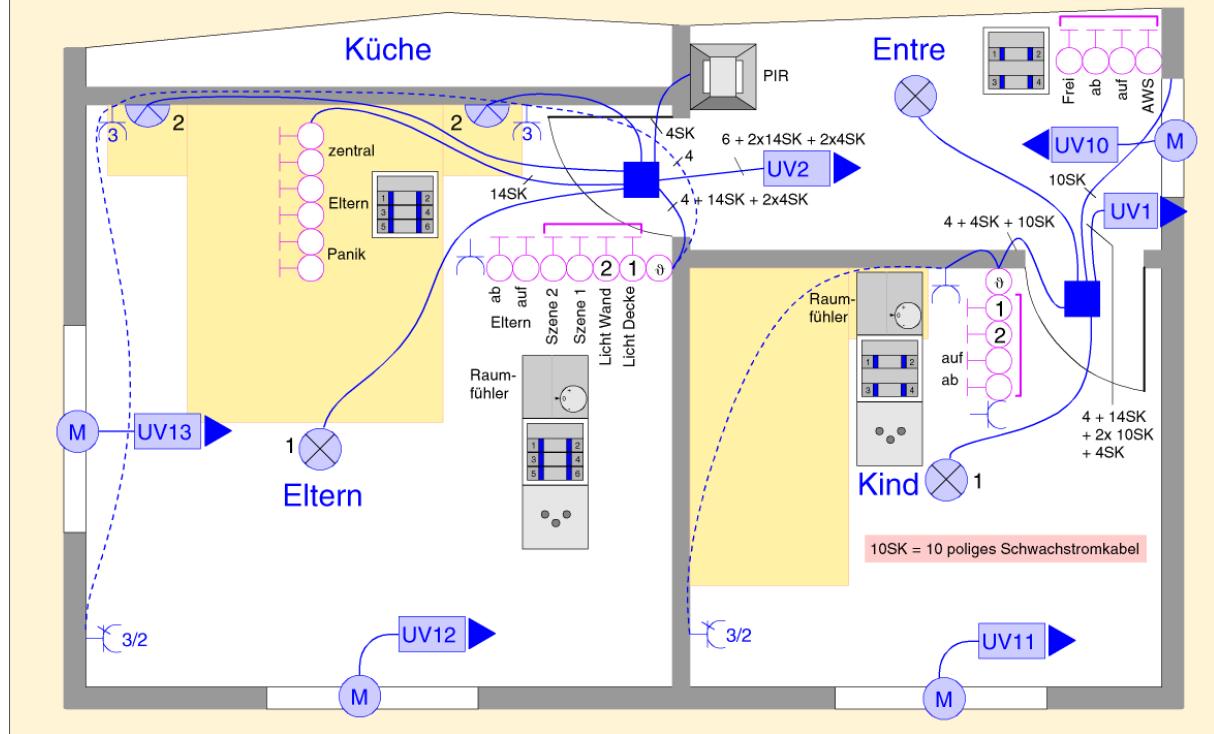


Bild A 14 Immer wieder anzutreffen, aber nicht gross verbreitet, sind Lösungen mit SPS-Steuerungen. Ein grosser Nachteil ist die umfangreiche Verdrahtung. (Quelle: Kleger)

## LCN von Issendorff

|   |   |
|---|---|
| Hersteller:                             | Issendorff Mikroelektronik GmbH Deutschland. Zur Zeit der Berichterstattung (1.1.2008) kein Vertrieb mehr in der Schweiz, <a href="http://www.lcn.de">www.lcn.de</a>  |
| Verbreitung:                            | In Deutschland stark verbreitet, in der Schweiz selten.   |
| Basisinvestition:                       | Keine   |
| System:                                 | Proprietäres System.  |
| Funktionalität:                         | Beleuchtungs- und Storensteuerung sowie Raumtemperaturregelung.   |
| Einsatz:                                | Vom Konzept her sowohl für den Zweckbau als auch den privaten Wohnungsbau geeignet.   |
| Installationstechnik:                   | Als Buskabel genügt ein zusätzlicher Installationsdraht, als Rückleiter dient der Neutralleiter. Die Aktoren zur Ansteuerung von Lampen befinden sich in kleinen Gehäusen, die hinter den Schaltern oder in einer weiteren Einlassdose direkt neben dem Schalter montiert werden. Storenmodule werden im Verteiler montiert, auch Lampenmodule können im Verteiler montiert sein. Es gibt auch Raumföhler und ein frei gestaltbares Touchpanel. |
| Intelligenz:                            | Diese liegt in den einzelnen Sensoren/Aktoren.  |
| Art der Parametrierung:                 | Erfolgt über ein spezielles, PC-basiertes ProgrammierTool.  |
| Kommunikation:                          | Die Kommunikation erfolgt bidirektional, es sind 100 Telegramme pro Sekunde möglich.  |
| Speisegerät:                            | Keines, alle Geräte speisen sich direkt aus dem 230 Volt-Netz.  |
| Zentralsteuergerät:                     | Nicht notwendig.  |
| Funktionalität bei Storen:              | Gruppen- und Zentralbefehle sowie wetterabhängige Steuerung der Storen.   |
| Funktionalität bei Licht:               | Lichtszenen und zentrale Lichtbefehle sowie Schockbeleuchtung möglich. Anwesenheitssimulation mit Schaltuhrfunktion.  |
| Sensoren:                               | Einfach- bis Sechsfachtaster, Raumföhler, Bewegungs-, Rauch- und Einbruchmelder, Meteosensor, Zutrittskontrollsysteme und mehr.   |
| Aktoren:                                | Befinden sich hinter den Tastern oder in einem weiteren Einlasskasten direkt bei den Tastern.   |
| Handfernsteuersender:                   | Infrarot-Fernsteuergerät vom Hersteller.  |
| Einsatz von intelligenten Bedienpanels: | Möglich   |
| Einsatz elektronischer Mehrfachtaster:  | Möglich, auch mit LED für Rückmeldung und Positionsmarkierung.  |
| Raumtemperaturregelung:                 | Integriert im System.   |
| Wahrnehmen von Sicherheitsfunktionen:   | Bedingt möglich, System funktioniert aber nur solange die 230 Volt-Versorgung intakt ist.   |
| Fernsteuerung/-alarmierung:             | Möglich mit speziellen Geräten (Gateways), die über eine Internet- oder Telefonanbindung verfügen oder auch GSM unterstützen.   |
| Zugriff über Internet:                  | Möglich mit Gateway.  |

## Prinzipschema und Funktionsweise:

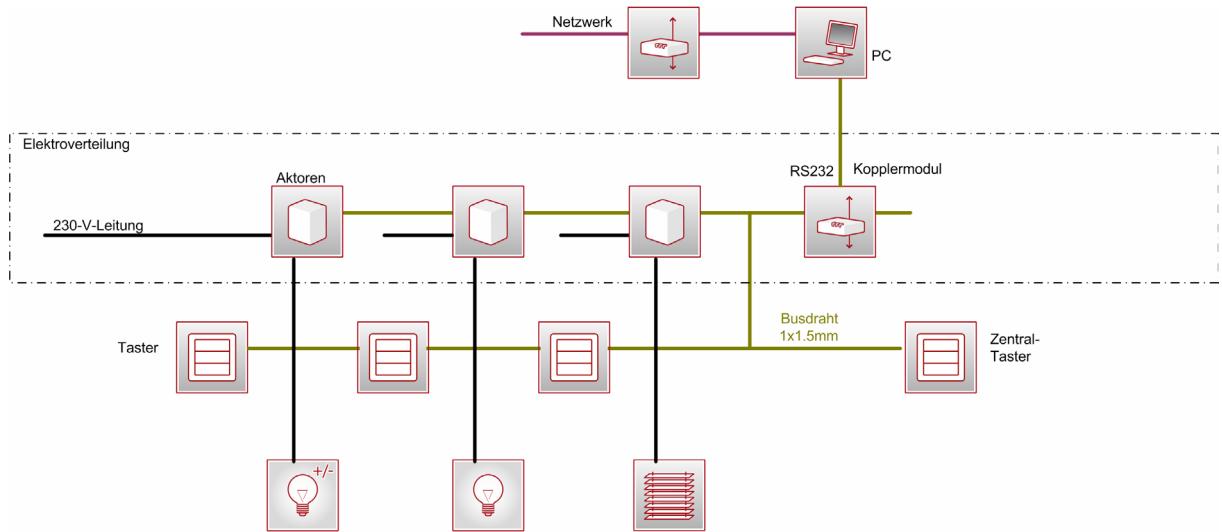
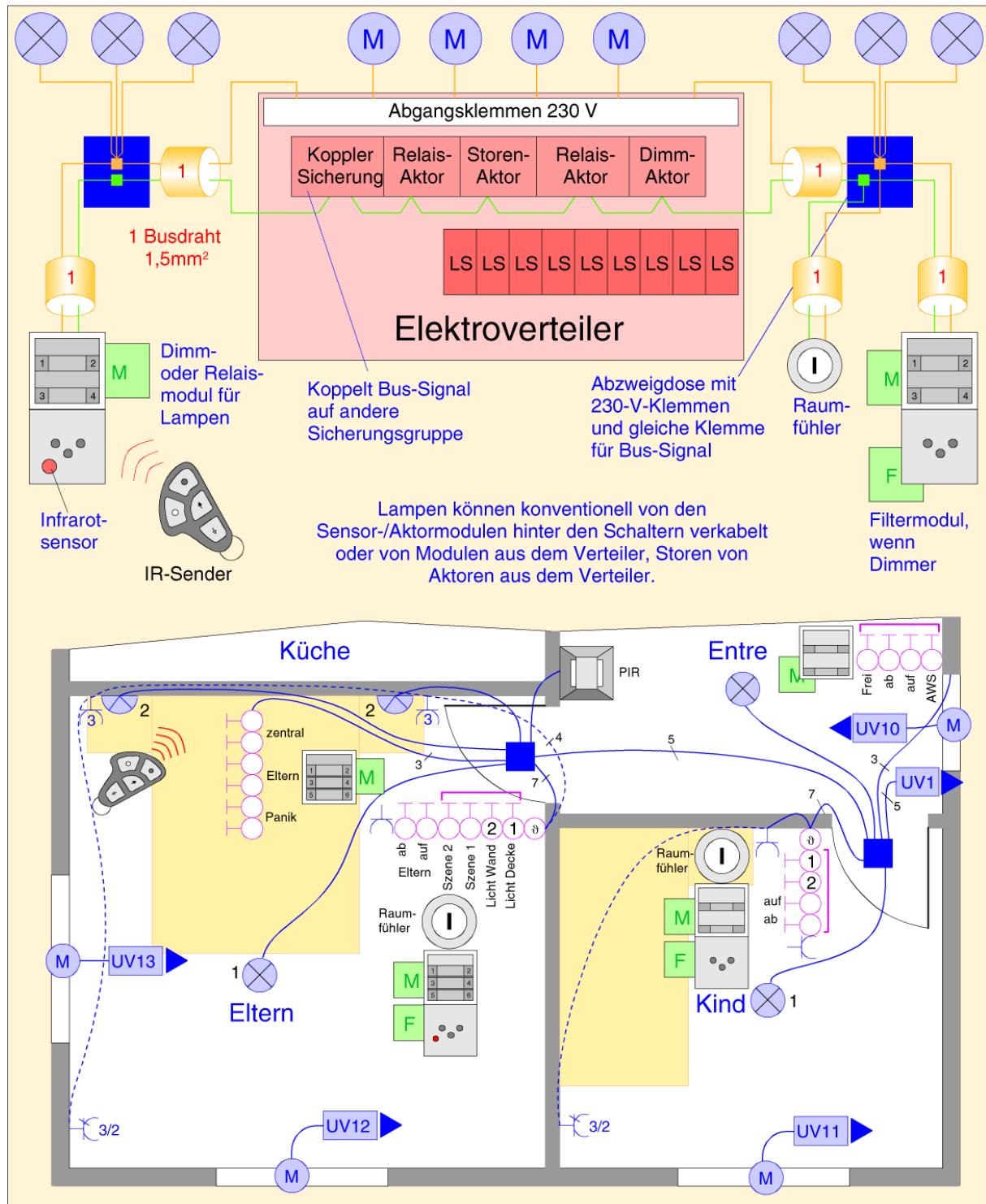


Bild A 15 Prinzipielle Verdrahtung des LCN-Bussystems. Ein Draht für den LCN-Bus reicht für die Bus-Kommunikation. (Quelle: raum consulting)

## Installationsart:



*Bild A 16 Prinzip des LCN-Systems, das das Bus-Signal über einen zusätzlichen Starkstromdraht schickt, ähnlich wie beim zeprion-System von Feller. (Quelle: Kleger)*

## Luxor von Theben HTS

|   |   |
|---|---|
| Vertreiber:                             | Theben HTS AG, 8307 Effretikon, Tel. 052 355 17 00, <a href="http://www.theben-hts.ch">www.theben-hts.ch</a>  |
| Verbreitung:                            | <i>Luxor</i> ist seit 2003 auf dem deutschen Markt. In der Schweiz ist das System bis jetzt wenig vertreten, die Nachfrage ist zunehmend.   |
| Basisinvestition:                       | Keine   |
| System:                                 | <i>Luxor</i> ist ein proprietäres System, es erlaubt keine gewerkeübergreifenden Funktionen.  |
| Funktionalität:                         | Beleuchtungs- und Storensteuerung mit Gruppen- und Zentralbefehlen und auch einer wetterabhängigen Storensteuerung. Zeitfunktionen benötigen einen Uhrenbaustein.   |
| Einsatz:                                | <i>Luxor</i> eignet sich gut für punktuelle Komfortverbesserungen, aber auch für ganze Hausinstallationen mit beschränkter Funktionalität im Bereich der Beleuchtungs- und Storensteuerung. Bei komplexeren Ansprüchen wird die Verkabelung aufwändig.  |
| Installationstechnik:                   | Es kommen konventionelle Starkstromtaster zum Einsatz. Alle Tasterdrähte führen in den Verteiler, alle Verbraucherdrähte vom Verteiler zu den Verbrauchern. Damit etwas Tasterdrähte gespart werden können, kommen Diodenmodule zum Einsatz. Für 3 Szenen nur ein Draht nötig, einmal positive, dann negative Halbwelle und für die dritte Szene beide Halbwellen. Die Aktoren im Verteiler sind über einen Bus miteinander verbunden. Auch eine Meteostation bringt ihre Daten in den Verteiler und von da über ein Auswertungsgerät auf den Aktorbus. |
| Intelligenz:                            | Die Intelligenz liegt in den einzelnen Aktoren, der Schaltuhr und dem Meteo-Auswertungsgerät im Verteiler.  |
| Art der Parametrierung:                 | Über Drehschalter und Taster an den Aktoren, der Uhr und dem Meteo-Auswertungsgerät werden die gewünschten Verknüpfungen parametriert. Storenfunktionen sind etwas aufwändig.   |
| Kommunikation:                          | Die Taster in den einzelnen Räumen bringen ihre 230 Volt-Signale zu den Aktoren im Verteiler. Die Aktoren, die Schaltuhr und das Meteo-Auswertungsgerät kommunizieren untereinander über einen proprietären Bus.  |
| Speisegerät:                            | Keines notwendig  |
| Zentralsteuergerät:                     | Keines notwendig  |
| Funktionalität bei Storen:              | Gruppenbefehle und Zentralbefehle. Wetterabhängige Steuerung der Storen möglich. Es sind drei Storengruppen möglich.  |
| Funktionalität bei Licht:               | Lichtszenen und zentrale Lichtbefehle möglich, integrierte Anwesenheitsimulation.   |
| Sensoren:                               | Einfach- und Zweifachtaster, Bewegungsmelder mit 230 Volt-Speisung, Meteosensor.  |
| Aktoren:                                | Schaltaktoren für Licht und Storen, sowie Dimmaktoren. Aufbau immer im Verteiler. Sind mit proprietärem Bus untereinander verbunden.  |
| Handfernsteuersender:                   | Nur mit externem Gerät möglich, das via Impuls auf Aktor wirkt.   |
| Einsatz von intelligenten Bedienpanels: | Nicht möglich   |

|  |   |
|--|---|
| Einsatz elektronischer Mehrfachtaster: | Nicht möglich   |
| Raumtemperaturregelung:                | Ist im System von Luxor nicht enthalten                                     |
| Wahrnehmen von Sicherheitsfunktionen:  | Nicht möglich   |
| Fernsteuerung                          | Aufwändig über Fremdgerät mit geschalteten 230 Volt-Ausgängen               |
| Fernalarmierung:                       | Nicht möglich, Sicherheitsfunktionen werden nicht wahrgenommen              |
| Zugriff über Internet:                 | Nicht möglich, bzw. nur mit Fremdgerät, das über 230 Volt-Ausgänge verfügt. |

### Prinzipschema und Funktionsweise:

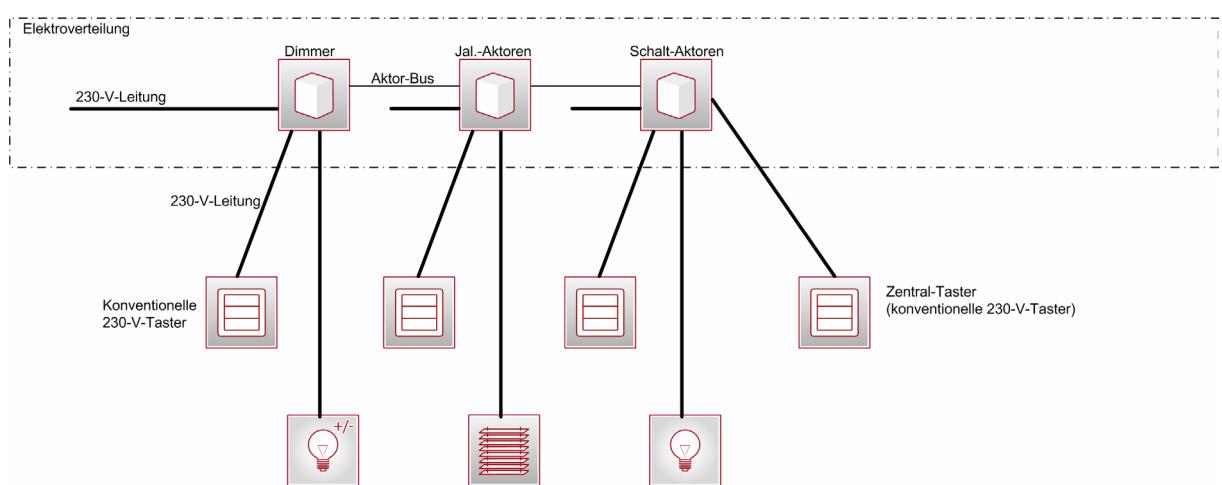


Bild A 17 Prinzipieller Anschluss der Luxor-Steuerung. Sie besteht aus den zentralen Geräten in der Unterverteilung und wird mit konventionellen Tastern über 230 Volt gesteuert. (Quelle: raum consulting)

Installationsart:

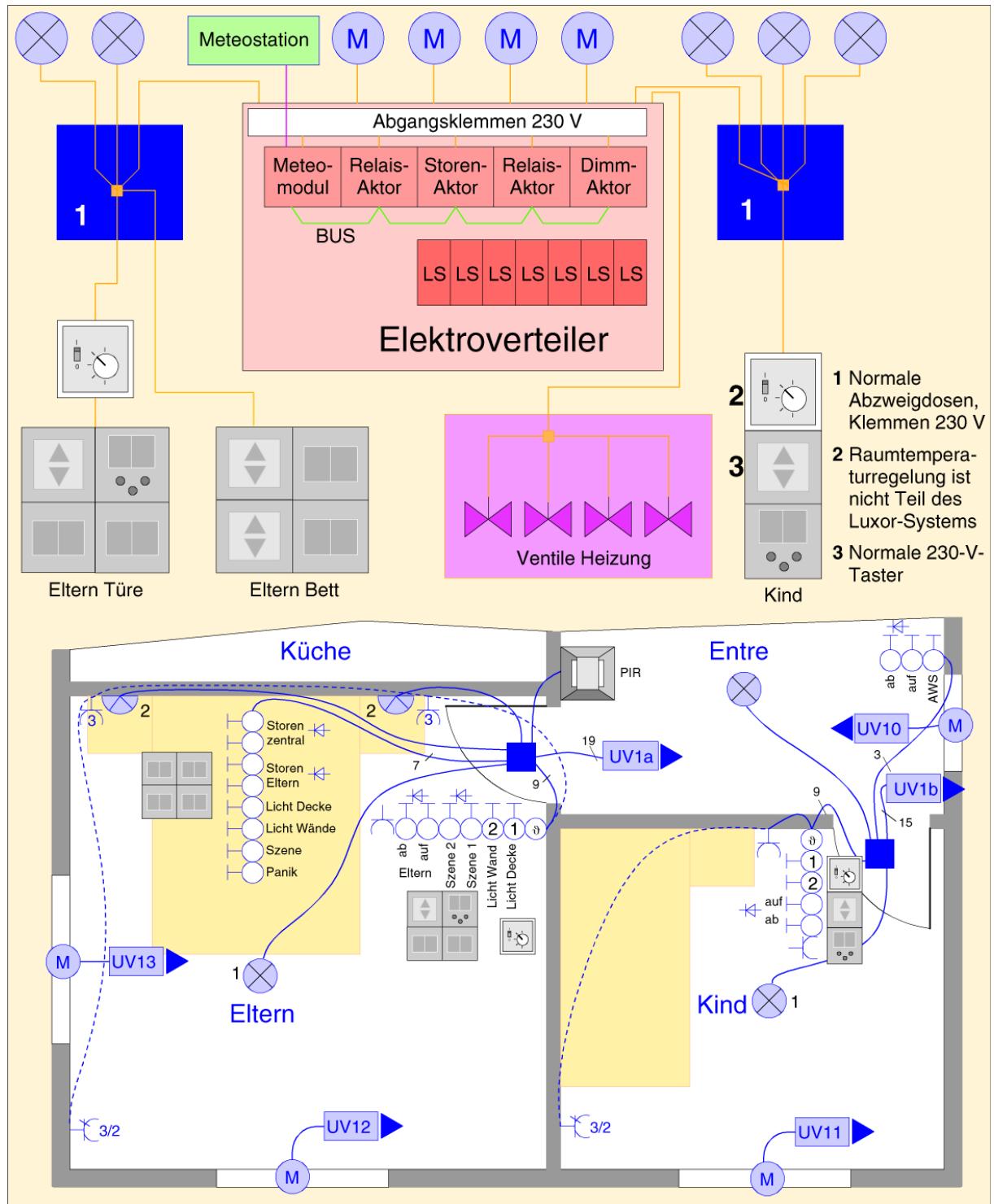


Bild A 18 LUXOR von Theben kommt ganz ohne Programmiersoftware aus. Ein Schraubenzieher reicht für die Programmierung. (Quelle: Kleger)

## Anhang 2 Messungen im Labor (1 Seite)

| Gerätebezeichnung  |               | Typ  | Installation   |       |           |      |             |    |           |            | Leistungsaufnahme |            |                  |        |        |                   | jährliche Energieaufnahme |                      |         |          |                   |              |                       |                     |             |
|--|---------------|------|----------------|-------|-----------|------|-------------|----|-----------|------------|-------------------|------------|------------------|--------|--------|-------------------|---------------------------|----------------------|---------|----------|-------------------|--------------|-----------------------|---------------------|-------------|
|  |               |      | Wohnen / Essen | Küche | Garderobe | Flur | Disposition | WC | Bad       | Schlafen 1 | Schlafen 2        | Schlafen 3 | Zentrale Befehle | Anzahl | Geräte | Wirk-leistung [W] | Schein-leistung [VA]      | Blind-leistung [Var] | Ind/Kap | Zeit [h] | Wirk-leistung [W] | Zeit [h]     | last-unabhängig [kWh] | last-abhängig [kWh] | Total [kWh] |
| Feller Zeptron   |               |      |                |       |           |      |             |    |           |            |                   |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   |              |                       |                     |             |
| Signalkoppler  |               | SK-W |                |       |           |      |             |    |           |            |                   |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   | 0.2          | 0.2                   |                     |             |
| Schalter EIN/AUS 1 Kanal                                     | 3301          |      |                | 1     | 1         | 1    | 1           |    |           |            |                   |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   | 14.0         | 14.0                  |                     |             |
| Schalter EIN/AUS 2 Kanal                                     | 3302          |      | 1              | 1     |           |      |             | 1  | 1         | 1          |                   |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   | 17.5         | 17.5                  |                     |             |
| Jalousie Steuerung 1 Kanal                                   | 3304          |      |                | 1     |           |      |             |    |           |            |                   |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   | 10.8         | 10.8                  |                     |             |
| Jalousie Steuerung 2 Kanal                                   | 3305          |      | 2              |       |           |      |             |    |           | 1          | 3                 |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   | 17.1         | 17.1                  |                     |             |
| Dimmer 1 Kanal   | 3306          |      | 2              |       |           |      |             |    |           | 1          | 3                 |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   | 10.7         | 2.6                   | 13.4                |             |
| Zentral und Nebenstellen                                     | 3320          |      | 1              | 2     |           |      |             |    |           | 1          | 2                 | 6          |                  |        |        | 0.2               | 3.33                      | 3.34                 | kap     | 24.0 h/d |                   |              | 10.5                  | 10.5                |             |
| <b>Total Energieverbrauch für Muster Wohnung</b>             |               |      |                |       |           |      |             |    |           |            |                   |            |                  |        |        | <b>25</b>         | <b>9.23</b>               |                      |         |          |                   | <b>80.8</b>  | <b>2.6</b>            | <b>83</b>           |             |
| Legrand In One   |               |      |                |       |           |      |             |    |           |            |                   |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   |              |                       |                     |             |
| Einzel-Storenschalter  | 7756 22       |      | 4              | 1     |           |      |             | 1  | 1         | 2          | 9                 |            |                  |        |        | 0.58              | 1.74                      | 1.63                 | kap     | 24.0 h/d |                   |              | 45.7                  | 45.7                |             |
| Dimmer   | 7756 37       |      | 2              |       |           |      |             |    |           | 1          | 3                 |            |                  |        |        | 0.59              | 1.81                      | 1.69                 | kap     | 24.0 h/d | 0.8               | 3.0 h/d      | 15.5                  | 2.6                 | 18.1        |
| Dimmer Nebenstelle   | 7756 40       |      |                |       |           |      |             |    |           | 1          | 1                 |            |                  |        |        | 0.41              | 1.48                      | 1.42                 | kap     | 24.0 h/d |                   |              | 3.6                   | 0.9                 | 4.5         |
| Doppelschalter 2x1000W                                       | 7756 32       |      | 1              | 1     |           |      | 1           | 1  | 1         |            | 5                 |            |                  |        |        | 0.57              | 1.69                      | 1.59                 | kap     | 24.0 h/d |                   |              | 25.0                  | 25.0                |             |
| Einfachschalter 1x2500W                                      | 7756 33       |      | 1              | 1     | 3         | 1    | 1           |    |           |            | 7                 |            |                  |        |        | 0.57              | 1.63                      | 1.52                 | kap     | 24.0 h/d |                   |              | 35.0                  | 35.0                |             |
| Szenenschalter 4-fach  | 7756 18       |      |                |       |           |      |             | 1  |           |            | 1                 |            |                  |        |        | 0.42              | 1.49                      | 1.45                 | kap     | 24.0 h/d |                   |              | 3.7                   | 3.7                 |             |
| Schaltaktor 2-fach   | 036-00        |      |                |       |           |      |             |    |           |            | 1                 | 1          |                  |        |        | 0.63              | 1.78                      | 1.66                 | kap     | 24.0 h/d |                   |              | 5.5                   | 5.5                 |             |
| <b>Total Energieverbrauch für Muster Wohnung</b>             |               |      |                |       |           |      |             |    |           |            |                   |            |                  |        |        | <b>27</b>         | <b>15.29</b>              |                      |         |          |                   | <b>133.9</b> | <b>3.5</b>            | <b>137</b>          |             |
| KNX  |               |      |                |       |           |      |             |    |           |            |                   |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   |              |                       |                     |             |
| Spannungsversorgung  | SV/S 30.320.5 |      |                |       |           |      |             |    |           | 1          |                   | 5.9        |                  |        |        |                   | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 51.7         | 51.7                  |                     |             |
| Dimmaktor Universal 4 fach 210W                              | 36343-4.REG   |      |                |       |           |      |             |    | 1         |            | 0.84              | 1.42       | 1.15             |        |        | kap               | 24.0 h/d                  |                      | 3.2     | 3.0 h/d  |                   | 7.3          | 3.5                   | 10.8                |             |
| Jalousieaktor 4 fach 230VAC                                  | 36339-2.REG   |      |                |       |           |      |             |    | 1         |            | 0                 |            |                  |        |        |                   | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 0.0          | 0.0                   | 0.0                 |             |
| Jalousieaktor 4 fach 230VAC                                  | JAS4230.1M    |      |                |       |           |      |             |    | 1         |            | 0                 |            |                  |        |        |                   | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 0.0          | 0.0                   | 0.0                 |             |
| Schaltaktor 4 fach   | 36345-4.REG   |      |                |       |           |      |             |    | 1         |            | 0                 |            |                  |        |        |                   | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 0.0          | 0.0                   | 0.0                 |             |
| Schaltaktor 8 fach   | SA/S 8.10.1   |      |                |       |           |      |             |    | 3         |            | 0                 |            |                  |        |        |                   | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 0.0          | 0.0                   | 0.0                 |             |
| USB Schnittstelle  | USB/S1.1      |      |                |       |           |      |             |    | 1         |            | 0                 |            |                  |        |        |                   | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 0.0          | 0.0                   | 0.0                 |             |
| Taster   |               |      |                |       |           |      |             |    | 14        |            | 0                 |            |                  |        |        |                   | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 0.0          | 0.0                   | 0.0                 |             |
| <b>Total Energieverbrauch für Muster Wohnung</b>             |               |      |                |       |           |      |             |    | <b>23</b> |            | <b>6.74</b>       |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   | <b>59.0</b>  | <b>3.5</b>            | <b>63</b>           |             |
| Theben Luxor   |               |      |                |       |           |      |             |    |           |            |                   |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   |              |                       |                     |             |
| Jalousie 4 Kanal Zusatzmodul                                 | Luxor 409     |      |                |       |           |      |             |    | 3         |            | 1.41              | 3.79       | 3.53             |        |        | ind               | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 37.1         | 37.1                  |                     |             |
| Schaltuhr (nicht in Berechnung weil nicht überall vorhanden) | Luxor 414     |      |                |       |           |      |             |    | 0         |            | 1.76              | 4.42       | 4.06             |        |        | ind               | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 0.0          | 0.0                   | 0.0                 |             |
| Jalousie 4 Kanal Grundmodul                                  | Luxor 408     |      |                |       |           |      |             |    | 1         |            | 1.31              | 3.44       | 3.19             |        |        | ind               | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 11.5         | 11.5                  |                     |             |
| Schaltmodul  | Luxor 404     |      |                |       |           |      |             |    | 3         |            | 2.09              | 4.58       | 4.07             |        |        | ind               | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 54.9         | 54.9                  |                     |             |
| Dimmmodul 2 Kanal  | Luxor 405     |      |                |       |           |      |             |    | 1         |            | 1.49              | 2.79       | 2.36             |        |        | ind               | 24.0 h/d                  |                      | 1.6     | 3.0 h/d  |                   | 13.1         | 1.8                   | 14.8                |             |
| Grundmodul (Schaltaktor)                                     | Luxor 400     |      |                |       |           |      |             |    | 1         |            | 2.11              | 4.55       | 4.03             |        |        | ind               | 24.0 h/d                  |                      |         |          |                   | 18.5         | 18.5                  |                     |             |
| <b>Total Energieverbrauch für Muster Wohnung</b>             |               |      |                |       |           |      |             |    | <b>9</b>  |            | <b>15.41</b>      |            |                  |        |        |                   |                           |                      |         |          |                   | <b>135.0</b> | <b>1.8</b>            | <b>137</b>          |             |

### Anhang 3 Messungen Objekt Savia (3 Seiten)

| Funktion   | Hersteller  | Typ                              | Verwendung  | Pos. | Sicherung | Anz. | Messgerät   |
|--|-------------|----------------------------------|---|------|-----------|------|-------------|
| <b>Haussteuerung</b>   |             |                                  |   |      |           |      |             |
| Gira Homeserver  | GIRA        | HS2                              | Gebäude Visualisierungs Server (Grafik)                               | 11   |           | 1    | EMU         |
| Touchpanel   | BuschJäger  | 8"                               | im Labor gemessen, vor Ort nicht möglich                              |      |           | 1    | Hioki/Fluke |
| Spannungsversorgung  | ABB         | SU/S 30.640.1                    | Spannungsversorgung mit Akku für Busversorgung (T1022)                | 17   | F1002     | 1    | Fluke       |
| Spannungsversorgung  | ABB         | SU/S 30.640.1                    | Spannungsversorgung mit Akku für Busversorgung (T1012)                | 16   | F1002     | 1    | Fluke       |
| Steckerleiste Brenstuhl                                      | Brennstuhl  | BF 30000                         | Steckerleist im EDV-Rack  | 13   | F622      | 1    | Fluke       |
| Wetterzentrale   | ABB         | WZ/S 1.1                         | KNX Wetterzentrale  | 18   | F1002     | 1    | Fluke       |
| Oblichter  | Velux       |                                  | Aktor, zwei Trafos 230V / 24V (T506 u. T506.1), zwei Motoren          | 1    | F502      |      | Fluke       |
| Dimmaktor  | ABB         | UD/S 2.300.1                     | im Labor gemessen, vor Ort nicht möglich                              | 20   |           | 14   | Fluke       |
| Jalousien  | ABB         | JA/S 4.230.1M                    | Aktor und Motoren, 5 Geräte zusammen gemessen, Einzelmessung in Labor | 19   | F1002     | 1    | Fluke       |
| Storen   | ABB         | JA/S 4.230.1M                    | Aktor und Motoren, 5 Geräte zusammen gemessen, Einzelmessung in Labor |      |           | 1    | Hioki/Fluke |
| <b>Kommunikation</b>   |             |                                  |   |      |           |      |             |
| Kabelanschluss   | Cabelcom    | CV 8120                          | Verstärker für TV-Hausanschluss                                       | 8    |           | 1    | EMU         |
| DSL Gateway  | ZyXEL       | Prestige Security Gateway        | ADSL Modem  | 9    |           | 1    | EMU         |
| ISDN NT  | Swisscom    | Version 1                        | Telefonanschluss  | 12   |           | 1    | EMU         |
| Ethernet USB Gateway   | Cisco       | Linksys Network Storage Link USB | Anbindung USB Speicherplatte an Netzwerk                              | 3    |           | 1    | EMU         |
| 16 Port Switch   | JAHT        | JS2016EL                         | Netzwerk Switch   | 7    |           | 1    | EMU         |
| Türsprechstelle  | GIRA        | 1288 00                          | inkl. Türöffner Trafo   | 5    |           | 1    | EMU         |
| <b>Unterhaltungselektronik, Audio/Video-Anwendungen (AV)</b> |             |                                  |   |      |           |      |             |
| Mediacenter  | Silverstone | Core 2 Duo                       | Mediacenter und Visualisierung der Steuerung                          | 10   |           | 1    | EMU         |
| USB Harddisk   | ARGOSY      | 500GB                            | externer Speicher zu Mediacenter                                      | 4    |           | 1    | EMU         |
| Musik Verstärker   | Omnitronic  | MP-120                           | zentraler Verstärker für Zimmerlautsprecher                           | 6    |           | 1    | EMU         |
| Unterputz Radio  | GIRA        |                                  | im Labor gemessen, vor Ort nicht möglich                              | 22   |           | 3    | EMU         |
| Touchpanel   | Inputech    | 15"                              | im Labor gemessen, vor Ort nicht möglich                              | 21   |           | 1    | EMU         |
| <b>Sicherheit</b>  |             |                                  |   |      |           |      |             |
| Alarmanlage  | ABB         | ABB L208                         | KNX Alarmanlage mit eigenem Netzteil                                  | 14   | F624      | 1    | Fluke       |
| Webcam   | Panasonic   |                                  | im Labor gemessen, vor Ort nicht möglich                              |      |           | 1    | Hioki/Fluke |
| <b>EDV Rack</b>  |             |                                  |   |      |           |      |             |
| EDV Rack   | ----        | Komplette Installation im Rack   | beinhaltet die Positionen 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 und 12             | 2    | F622      |      | Fluke       |

| Funktion   | Normalbetrieb |          |        |         |      |          |                           |          |          | Bereitschaft |         |      |          |                           |          |          |        |         | Schein Aus |          |                           |      |      |       |     |     |   |   |   |
|--|---------------|----------|--------|---------|------|----------|---------------------------|----------|----------|--------------|---------|------|----------|---------------------------|----------|----------|--------|---------|------------|----------|---------------------------|------|------|-------|-----|-----|---|---|---|
|  | U<br>[V]      | I<br>[A] | Cosphi | Ind/Kap | LF   | P<br>[W] | Q   x   x LF<br>[Var] [W] | U<br>[V] | I<br>[A] | Cosphi       | Ind/Kap | LF   | P<br>[W] | Q   x   x LF<br>[Var] [W] | U<br>[V] | I<br>[A] | Cosphi | Ind/Kap | LF         | P<br>[W] | Q   x   x LF<br>[Var] [W] |      |      |       |     |     |   |   |   |
| <b>Haussteuerung</b>   |               |          |        |         |      |          |                           |          |          |              |         |      |          |                           |          |          |        |         |            |          |                           |      |      |       |     |     |   |   |   |
| Gira Homeserver  | 234           | 0.100    | x      | Kap     | 0.45 | 10       | 20                        | 10.5     |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   | x |   |   |
| Touchpanel   |               |          |        |         |      |          |                           |          |          |              |         |      |          |                           |          |          |        |         |            |          |                           |      |      |       |     |     |   |   | - |
| Spannungsversorgung  | 235           | 0.116    | 0.99   | Kap     | 0.52 | 15       | 24                        | 14.2     |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   | x |   |   |
| Spannungsversorgung  | 235           | 0.095    | 0.99   | Kap     | 0.50 | 11       | 19                        | 11.2     |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   | x |   |   |
| Steckerleiste Brenstuhl                                      | 234           | 0.261    | 1      | Kap     | 0.00 | 0        | 62                        | 0.0      | 234      | 0.261        | 1       | Kap  | 0.00     | 0                         | 62       | 0.0      |        | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   | x |   |   |
| Wetterzentrale   | 235           | 0.031    | 0.99   | Kap     | 0.52 | 4        | 5                         | 3.8      |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| Oblichter  | 232           | x        | x      | x       | x    | x        | 9                         | 10       | 231.9    | 0.03         | 0.81    | Ind  | 0.68     | 5                         | 5        | 4.73     |        | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   | x |   |   |
| Dimmaktor  |               |          |        |         |      |          |                           |          |          |              |         |      |          |                           |          |          |        |         |            |          |                           |      |      |       |     |     |   |   |   |
| Jalousien  | 235           | x        | x      | x       | x    | x        | 101                       | x        | x        | 235          | 0.011   | 0.99 | Kap      | 0.52                      | 1        | 3        | 1.3    |         | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   | x | - |   |
| Storen   |               |          |        |         |      |          |                           |          |          |              |         |      |          |                           |          |          |        |         |            |          |                           |      |      |       |     |     |   |   |   |
| <b>Kommunikation</b>   |               |          |        |         |      |          |                           |          |          |              |         |      |          |                           |          |          |        |         |            |          |                           |      |      |       |     |     |   |   |   |
| Kabelanschluss   | 235           | 0.069    | x      | Kap     | 0.53 | 8        | 13                        | 8.6      |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| DSL Gateway  | 236           | 0.059    | x      | Kap     | 0.77 | 10       | 8                         | 10.7     |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| ISDN NT  | 234           | 0.052    | x      | Kap     | 0.16 | 2        | 12                        | 1.9      |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| Ethernet USB Gateway   | 238           | 0.038    | x      | Kap     | 0.45 | 3        | 8                         | 4.1      |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| 16 Port Switch   | 235           | 0.030    | x      | Kap     | 0.41 | 2        | 6                         | 2.9      |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| Türsprechstelle  | 237           | x        | x      | x       | x    | x        | 15                        | x        | x        | 237          | 0.036   | x    | Kap      | 0.55                      | 4        | 7        | 4.7    |         | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   | x |   |   |
| <b>Unterhaltungselektronik, Audio/Video-Anwendungen (AV)</b> |               |          |        |         |      |          |                           |          |          |              |         |      |          |                           |          |          |        |         |            |          |                           |      |      |       |     |     |   |   |   |
| Mediacenter  | 233           | 0.362    | x      | Kap     | 0.94 | 78       | 28                        | 79.3     |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | 234      | 0.061                     | Kap  | 0.26 | 3     | 13  | 3.7 |   |   |   |
| USB Harddisk   | 237           | 0.085    | x      | Kap     | 0.53 | 10       | 16                        | 10.7     |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| Musik Verstärker   | 239           | 0.078    | x      | Kap     | 0.69 | 12       | 13                        | 12.9     |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| Unterputz Radio  | 234           | 0.010    |        | kap     | 0.39 | 1        | 2                         | 0.9      |          |              |         |      |          |                           |          |          |        |         | 0.233      | 0.012    | Kap                       | 0.16 | 0    | 0.002 | 0.0 |     |   |   |   |
| Touchpanel   | 229           | 0.122    |        |         | 0.57 | 15       |                           | 15.9     | 228      | 0.029        |         |      |          |                           | 0.36     | 2        |        | 2.38    |            |          |                           |      |      |       |     |     | - |   |   |
| <b>Sicherheit</b>  |               |          |        |         |      |          |                           |          |          |              |         |      |          |                           |          |          |        |         |            |          |                           |      |      |       |     |     |   |   |   |
| Alarmanlage  | 233           | 0.441    | 0.67   | Ind     | 0.14 | 15       | 101                       | 14.4     |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| Webcam   |               |          |        |         |      |          |                           |          |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   |   |   |   |
| <b>EDV Rack</b>  |               |          |        |         |      |          |                           |          |          |              |         |      |          |                           |          |          |        |         |            |          |                           |      |      |       |     |     |   |   |   |
| EDV Rack   | 236           | 0.725    | 0.99   | Kap     | 0.87 | 149      | 85                        | 148.9    |          | x            | x       | x    | x        | x                         | x        | x        | x      | x       | x          | x        | x                         | x    | x    | x     | x   | x   | x |   |   |

| Funktion  | Anz. | Normalbetrieb     |           | Bereitschaft      |          | Schein-Aus        |          | jährliche Energieaufnahme pro Gerät |                     |                  |             | jährliche Energieaufnahme Total |                     |                  |              | Bemerkungen  |
|---|------|-------------------|-----------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------------------------|---------------------|------------------|-------------|---------------------------------|---------------------|------------------|--------------|--|
|   |      | Wirk-leistung [W] | Zeit [h]  | Wirk-leistung [W] | Zeit [h] | Wirk-leistung [W] | Zeit [h] | Normal-betrieb [kWh]                | Bereit-schaft [kWh] | Schein-Aus [kWh] | Total [kWh] | Normal-betrieb [kWh]            | Bereit-schaft [kWh] | Schein-Aus [kWh] | Total [kWh]  |  |
| <b>Haussteuerung</b>  |      |                   |           |                   |          |                   |          |                                     |                     |                  |             |                                 |                     |                  |              |  |
| Gira Homeserver   | 1    | 10.5              | 24.0 /d   | 10.5              | 0.0 /d   | x                 | x        | 92                                  | 0                   | 0                | 92          | 92                              | 0                   | 0                | 92           | Der Steuerungsserver wird für diverse Steuerungsfunktionen benötigt und muss dauernd im Normalbetrieb sein.  |
| Touchpanel  | 3    | 2.8               | 1.0 /d    | 0.8               | 23.0 /d  | x                 | x        | 1                                   | 6                   | 0                | 7           | 3                               | 19                  | 0                | 22           |  |
| Spannungsversorgung   | 1    | 14.2              | 24.0 /d   | x                 | x /d     | x                 | x        | 124                                 | 0                   | 0                | 124         | 124                             | 0                   | 0                | 124          | Versorgen alle Komponenten am EIB-Bus und müssen dauernd in Betrieb sein.  |
| Spannungsversorgung   | 1    | 11.2              | 24.0 /d   | x                 | x /d     | x                 | x        | 98                                  | 0                   | 0                | 98          | 98                              | 0                   | 0                | 98           |  |
| Steckerleiste Brenstuhl                                       | 1    | 0.0               | 24.0 /d   | 0.0               | 0.0 /d   | x                 | x        | 0                                   | 0                   | 0                | 0           | 0                               | 0                   | 0                | 0            |  |
| Wetterzentrale  | 1    | 3.8               | 24.0 /d   | x                 | x /d     | x                 | x        | 33                                  | 0                   | 0                | 33          | 33                              | 0                   | 0                | 33           | Die Wetterzentrale bedient die Storensteuerung und muss dauernd in Betrieb sein.   |
| Oblichter   | 1    | 9.0               | 15 min /d | 4.7               | 23.8 /d  | x                 | x        | 1                                   | 41                  | 0                | 42          | 1                               | 41                  | 0                | 42           |  |
| Dimmaktor   | 14   | 1.5               | 3.0 /d    | 0.5               | 21.0 /d  | x                 | x        | 2                                   | 4                   | 0                | 5           | 23                              | 54                  | 0                | 77           |  |
| Jalousien   | 1    | 101.0             | 15 min /d | 1.0               | 23.8 /d  | x                 | x        | 9                                   | 9                   | 0                | 18          | 9                               | 9                   | 0                | 18           |  |
| Storen  | 1    | 101.0             | 15 min /d | 0.3               | 23.8 /d  | x                 | x        | 9                                   | 3                   | 0                | 12          | 9                               | 3                   | 0                | 12           |  |
| <b>Kommunikation</b>  |      |                   |           |                   |          |                   |          |                                     |                     |                  |             |                                 |                     |                  |              |  |
| Kabelanschluss  | 1    | 8.6               | 4.0 /d    | 8.6               | 20.0 /d  | x                 | x        | 13                                  | 63                  | 0                | 75          | 13                              | 63                  | 0                | 75           | Die Betriebszeit des TV-Gerätes liegt bei ca. 4 Stunden pro Tag. Die übrige Zeit könnte der Kabelverstärker in einen Bereitschaftszustand versetzt werden.   |
| DSL Gateway   | 1    | 10.7              | 5.0 /d    | 10.7              | 19.0 /d  | x                 | x        | 20                                  | 74                  | 0                | 94          | 20                              | 74                  | 0                | 94           | Internet-Zugang wird an ca. 5 Stunden pro Tag benötigt, die restliche Zeit könnte das Gerät in einen Bereitschaftszustand versetzt werden.   |
| ISDN NT   | 1    | 1.9               | 6.0 /d    | 1.9               | 18.0 /d  | x                 | x        | 4                                   | 13                  | 0                | 17          | 4                               | 13                  | 0                | 17           | Der ISDN-Anschluss wird für den Internet-Zugang, sowie für Telefongespräche benutzt. Normalbetrieb ca. 6 Stunden pro Tag. Die restliche Zeit könnte das Gerät in einen Bereitschaftszustand versetzt werden. |
| Ethernet USB Gateway  | 1    | 4.1               | 3.0 /d    | 4.1               | 21.0 /d  | x                 | x        | 4                                   | 31                  | 0                | 36          | 4                               | 31                  | 0                | 36           | Die Harddisk kann von allen Rechnern im Haus benutzt werden. Laufzeit ca. 3 Stunden pro Tag. Die restliche Zeit könnte die Disk in einen Bereitschaftszustand versetzt werden.                               |
| 16 Port Switch  | 1    | 2.9               | 5.0 /d    | 2.9               | 19.0 /d  | x                 | x        | 5                                   | 20                  | 0                | 25          | 5                               | 20                  | 0                | 25           | An ca. 5 Stunden pro Tag werden Daten über das Ethernet ausgetauscht. Die restliche Zeit könnte der Switch in einen Bereitschaftszustand versetzt werden.  |
| Türsprechstelle   | 1    | 15.0              | 5 min /d  | 4.7               | 24.0 /d  | x                 | x        | 0.5                                 | 41                  | 0                | 42          | 0                               | 41                  | 0                | 42           |  |
| <b>Unterhaltungselektronik, Audio-/Video-Anwendungen (AV)</b> |      |                   |           |                   |          |                   |          |                                     |                     |                  |             |                                 |                     |                  |              |  |
| Mediacenter   | 1    | 79.3              | 13.0 /d   | 79.3              | 11.0 /d  | 3                 | 0        | 376                                 | 318                 | 0                | 695         | 376                             | 318                 | 0                | 695          | Das Mediacenter dient auch der Visualisierung der Haussteuerung. Diese muss zur Verfügung stehen, solange jemand im Haus ist.  |
| USB Harddisk  | 1    | 10.7              | 3.0 /d    | 10.7              | 21.0 /d  | x                 | x        | 12                                  | 82                  | 0                | 94          | 12                              | 82                  | 0                | 94           | Die Harddisk kann von allen Rechnern im Haus benutzt werden. Laufzeit ca. 3 Stunden pro Tag. Die restliche Zeit könnte die Disk in einen Bereitschaftszustand versetzt werden.                               |
| Musik Verstärker  | 1    | 12.9              | 3.0 /d    | 10.0              | 18.0 /d  | x                 | x        | 14                                  | 66                  | 0                | 80          | 14                              | 66                  | 0                | 80           |  |
| Unterputz Radio   | 3    | 0.9               | 0.5 /d    | 0.9               | 23.5 /d  | x                 | x        | 0                                   | 8                   | 0                | 8           | 0                               | 23                  | 0                | 24           |  |
| Touchpanel  | 1    | 15.9              | 1.0 /d    | 2.4               | 23.0 /d  | x                 | x        | 6                                   | 20                  | 0                | 26          | 6                               | 20                  | 0                | 26           |  |
| <b>Sicherheit</b>   |      |                   |           |                   |          |                   |          | <b>126</b>                          | <b>14</b>           | <b>0</b>         | <b>140</b>  | <b>126</b>                      | <b>14</b>           | <b>0</b>         | <b>140</b>   |  |
| Alarmanlage   | 1    | 14.4              | 24.0 /d   | x                 | x /d     | x                 | x        | 126                                 | 0                   | 0                | 126         | 126                             | 0                   | 0                | 126          | Muss dauernd in Betrieb sein.  |
| Webcam  | 1    | 1.6               | 15 min /d | 1.6               | 23.8 /d  | x                 | x        | 0                                   | 14                  | 0                | 14          | 0                               | 14                  | 0                | 14           | Die Web-Kamera wird maximal 15 Minuten pro Tag benutzt, die übrige Zeit könnte sie in einen Bereitschaftszustand versetzt werden.  |
| <b>Total</b>  |      |                   |           |                   |          |                   |          |                                     |                     |                  |             | <b>974</b>                      | <b>890</b>          | <b>0</b>         | <b>1'864</b> |  |

## Anhang 4 Messungen Objekt Meier (3 Seiten)

| Funktion  | Hersteller      | Typ                               | Verwendung  | Pos. | Anz. | Messgerät   |
|---|-----------------|-----------------------------------|---|------|------|-------------|
| <b>Haussteuerung</b>  |                 |                                   |   |      |      |             |
| Steuerungsserver  | Dell            | Dell Precision 380 / PBS390       | Server für Visualisierung der Steuerung                   | 11   | 1    | EMU         |
| Bildschirm für Steuerungsserver                               | Dell            | 1707FP                            | Das Gerät wird über den eigenen Aus-Schalter deaktiviert. | 10   | 1    | EMU         |
| Maus für Steuerungsserver                                     | Logitech        | Logitech Cordless                 |   | 8    | 1    | EMU         |
| Backup-Disk   | Maxtor          | Shared Storage II                 | für Backup des Steuerungsservers                          | 9    | 1    | EMU         |
| Touchpanel  | Inovis          | AHM-6124 HMI-Controller 400 12.1" |   |      | 2    |             |
| Stromversorgung für SPS                                       |                 |                                   | Stromversorgung für die SPS-Steuerung                     | 16   | 1    | FLUKE       |
| Transformator   | Murr Elektronik |                                   | Kleiner Trafo 160VA, für die Eingänge der SPS             | 17   | 1    | FLUKE       |
| Dimmer  | Hager           | EV100                             | (Messung im Labor)  | 24   | 15   | Hioki/Fluke |
| <b>Kommunikation</b>  |                 |                                   |   |      |      |             |
| Ethernet Switch   | Netgear         | GS116                             | IT-Netzwerk   | 6    | 1    | EMU         |
| Ethernet Switch   | Netgear         | GS116                             | IT-Netzwerk   | 7    | 1    | EMU         |
| W-LAN Router  | ZyXEL           | G570-S                            | Wireless LAN Router                                       | 13   | 3    | EMU         |
| OSGI Gateway  | myCable         | XXS1500                           | für Integration Backofen und Geschirrspülmaschine         | 5    | 1    | EMU         |
| EHS Netzwerk Gateway  | invensis        | icom G 1000                       | PLC Schnittstelle für Gateway                             | 12   | 1    | EMU         |
| Internet Gateway / Modem                                      | Cabelcom        |                                   | Zugang zu Internet via Cabelcom-Leitung                   | 15   | 1    | EMU         |
| Hausanschluss Verstärker                                      | Cabelcom        | CV8120/P                          | CATV Verstärker   | 14   | 1    | EMU         |
| Set-Top Box   | Cabelcom        | ADB Digital TV Recorder           | Digitaler Kabel Empfang                                   | 18   | 2    | EMU         |
| Türsprechanlage   | Siedle          |                                   | zwei Aussensprechstellen und 3 Innensprechstellen         | 23   | 1    | EMU         |
| <b>Unterhaltungselektronik, Audio-/Video-Anwendungen (AV)</b> |                 |                                   |   |      |      |             |
| Aktivboxen  |                 |                                   |   | 1    | 1    | EMU         |
| Aktivboxen  |                 |                                   |   | 2    | 1    | EMU         |
| Aktivboxen  |                 |                                   |   | 3    | 1    | EMU         |
| Aktivboxen  |                 |                                   |   | 4    | 1    | EMU         |
| IP to NF Signal   | Pinnacle        | Soundbridge M1000                 | Internetradio   | 21   | 4    | EMU         |
| DVD Player  | Yahama          | DVD-S2700                         | DVD Player  | 19   | 1    | EMU         |
| Natural Sound AV Receiver                                     | Yahama          | RX-V2700                          | Audio-/Video-Receiver                                     | 20   | 1    | EMU         |
| Video-Projektor (Beamer)                                      | Sanyo           |                                   |   | 22   | 1    | EMU         |
| <b>Sicherheit</b>   |                 |                                   |   |      |      |             |
| Webcam  | Panasonic       | HCM531                            | (Messung im Labor)  | 25   | 2    | Hioki/Fluke |

| Funktion  | Normal Betrieb |          |        |         |       |          |            |                 |          | Standby  |        |         |      |          |            |                 |          |          | Schein Aus |         |      |          |            |                 |   |   |   |  |
|---|----------------|----------|--------|---------|-------|----------|------------|-----------------|----------|----------|--------|---------|------|----------|------------|-----------------|----------|----------|------------|---------|------|----------|------------|-----------------|---|---|---|--|
|   | U<br>[V]       | I<br>[A] | Cosphi | Ind/Kap | LF    | P<br>[W] | Q<br>[Var] | x I x LF<br>[W] | U<br>[V] | I<br>[A] | Cosphi | Ind/Kap | LF   | P<br>[W] | Q<br>[Var] | x I x LF<br>[W] | U<br>[V] | I<br>[A] | Cosphi     | Ind/Kap | LF   | P<br>[W] | Q<br>[Var] | x I x LF<br>[W] |   |   |   |  |
| <b>Haussteuerung</b>  |                |          |        |         |       |          |            |                 |          |          |        |         |      |          |            |                 |          |          |            |         |      |          |            |                 |   |   |   |  |
| Steuerungsserver  | 237            | 0.651    | x      | kap     | 0.69  | 105      | 110        | 106.46          | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x | x |  |
| Bildschirm für Steuerungsserver                               | 237            | 0.235    | x      | kap     | 0.51  | 29       | 47         | 28.40           | 238      | 0.044    |        | kap     | 0.1  | 1        | 10         | 1.05            | 237      | 0.044    | x          | kap     | 0.11 | 1        | 9          | 1.15            |   |   |   |  |
| Maus für Steuerungsserver                                     | 238            | 0        | x      | kap     |       | 0        | 0          | 0.00            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Backup-Disk   | 236            | 0.144    | x      | kap     | 0.51  | 18       | 29         | 17.33           | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Touchpanel  | x              | x        | x      | x       | x     | x        | x          | 26.00           | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Stromversorgung für SPS                                       | 236            | 0.253    | 0.71   | kap     | 0.67  | 41       | 45         | 40.00           | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Transformator   | 233            | 0.188    | 0.28   | ind     | 0.24  | 10.4     | 42.7       | 10.51           | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Dimmer  |                |          |        |         |       |          |            |                 | x        | x        | x      | ind     | x    | 2.26     | 1.04       | 2.26            | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| <b>Kommunikation</b>  |                |          |        |         |       |          |            |                 |          |          |        |         |      |          |            |                 |          |          |            |         |      |          |            |                 |   |   |   |  |
| Ethernet Switch   | 230            | 0.225    | x      | kap     | 0.3   | 13       | 43         | 15.53           | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Ethernet Switch   | 235            | 0.314    | x      | kap     | 0.23  | 15       | 65         | 16.97           | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| W-LAN Router  | 232            | 0.044    | x      | kap     | 0.8   | 8        | 6          | 8.17            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| OSGI Gateway  | 230            | 0.037    | x      | kap     | 0.46  | 3        | 7          | 3.91            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| EHS Netzwerk Gateway  | 236            | 0.013    | x      | kap     | 0.27  | 0        | 3          | 0.83            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Internet Gateway / Modem                                      | 235            | 0.05     | x      | kap     | 0.051 | 6        | 10         | 0.60            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Hausanschluss Verstärker                                      | 235            | 0.078    | x      | kap     | 0.51  | 9        | 15         | 9.35            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Set-Top Box   | 237            | 0.186    | x      | kap     | 0.44  | 19       | 39         | 19.40           | 234      | 0.17     |        | kap     | 0.47 | 18       | 35         | 18.70           | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Türsprechanlage   | x              | x        | x      | x       | x x   | x        | x          | x               | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x |   |   |  |
| <b>Unterhaltungselektronik, Audio-/Video-Anwendungen (AV)</b> |                |          |        |         |       |          |            |                 |          |          |        |         |      |          |            |                 |          |          |            |         |      |          |            |                 |   |   |   |  |
| Aktivboxen  | 232            | 0.021    | x      | kap     | 0.3   | 1        | 4          | 1.46            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Aktivboxen  | 230            | 0.031    | x      | kap     | 0.45  | 3        | 6          | 3.21            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Aktivboxen  | 230            | 0.021    | x      | kap     | 0.33  | 1        | 4          | 1.59            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| Aktivboxen  | 230            | 0.024    | x      | kap     | 0.28  | 1        | 5          | 1.55            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| IP to NF Signal   | 236            | 0.057    | x      | kap     | 0.46  | 6        | 11         | 6.19            | 236      | 0.052    | x      | kap     | 0.45 | 5        | 11         | 5.52            | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| DVD Player  | 237            | 0.164    | x      | kap     | 0.6   | 22       | 31         | 23.32           | 235      | 0.143    | x      | kap     | 0.59 | 20       | 27         | 19.83           | 238      | 0.012    | x          | kap     | 0.14 | 0        | 2          | 0.40            |   |   |   |  |
| Natural Sound AV Receiver                                     | 236            | 0.5      | x      | kap     | 0.7   | 84       | 82         | 82.60           | 236      | 0.457    | x      | kap     | 0.71 | 78       | 76         | 76.57           | 236      | 0        | x          | 0       | 0    | 0        | 0          | 0               | 0 | 0 | 0 |  |
| Video-Projektor (Beamer)                                      | 237            | 0.9      | x      | kap     | 0.84  | 185      | 117        | 179.17          | 236      | 0.051    | x      | kap     | 0.15 | 1        | 11         | 1.8054          | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |
| <b>Sicherheit</b>   |                |          |        |         |       |          |            |                 |          |          |        |         |      |          |            |                 |          |          |            |         |      |          |            |                 |   |   |   |  |
| Webcam  | x              | x        | x      | kap     | 0.34  | 2.6      | 5.6        | 2.60            | x        | x        | x      | x       | x    | x        | x          | x               | x        | x        | x          | x       | x    | x        | x          | x               | x | x |   |  |

| Funktion  | Anz. | Normalbetrieb        |             | Bereitschaft         |             | Schein-Aus           |             | jährliche Energieaufnahme pro Gerät |                            |                         |                | jährliche Energieaufnahme Total |                            |                         |                |
|---|------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------|
|   |      | Wirk-leistung<br>[W] | Zeit<br>[h] | Wirk-leistung<br>[W] | Zeit<br>[h] | Wirk-leistung<br>[W] | Zeit<br>[h] | Normal-<br>betrieb<br>[kWh]         | Bereit-<br>schaft<br>[kWh] | Schein-<br>Aus<br>[kWh] | Total<br>[kWh] | Normal-<br>betrieb<br>[kWh]     | Bereit-<br>schaft<br>[kWh] | Schein-<br>Aus<br>[kWh] | Total<br>[kWh] |
| <b>Haussteuerung</b>  |      |                      |             |                      |             |                      |             | <b>965</b>                          | <b>770</b>                 | <b>10</b>               | <b>1'745</b>   | <b>1'010</b>                    | <b>1'189</b>               | <b>10</b>               | <b>2'208</b>   |
| Steuerungsserver  | 1    | 106.5                | 13.0 /d     | 106.5                | 11.0 /d     | x                    | x           | 505                                 | 427                        | 0                       | 933            | 505                             | 427                        | 0                       | 933            |
| Bildschirm für Steuerungsserver                               | 1    | 28.4                 | 0.25 /d     | 1.0                  | 0.0 /d      | 1.15                 | 23.75 /d    | 3                                   | 0                          | 10                      | 13             | 3                               | 0                          | 10                      | 13             |
| Maus für Steuerungsserver                                     | 1    | 0.0                  | 0.25 /d     | 0.0                  | 23.8 /d     | x                    | x           | 0                                   | 0                          | 0                       | 0              | 0                               | 0                          | 0                       | 0              |
| Backup-Disk   | 1    | 17.3                 | 0.5 /d      | 17.3                 | 23.5 /d     | x                    | x           | 3                                   | 149                        | 0                       | 152            | 3                               | 149                        | 0                       | 152            |
| Touchpanel  | 2    | 26.0                 | 1.0 /d      | 21.0                 | 23.0 /d     | x                    | x           | 9                                   | 176                        | 0                       | 186            | 19                              | 353                        | 0                       | 372            |
| Stromversorgung für SPS                                       | 1    | 40.0                 | 24.0 /d     | 40.0                 | 0.0 /d      | x                    | x           | 350                                 | 0                          | 0                       | 350            | 350                             | 0                          | 0                       | 350            |
| Transformator   | 1    | 10.5                 | 24.0 /d     | 10.5                 | 0.0 /d      | x                    | x           | 92                                  | 0                          | 0                       | 92             | 92                              | 0                          | 0                       | 92             |
| Dimmer  | 15   | 2.3                  | 3.0 /d      | 2.3                  | 21.0 /d     | x                    | x           | 2                                   | 17                         | 0                       | 20             | 37                              | 260                        | 0                       | 297            |
| <b>Kommunikation</b>  |      |                      |             |                      |             |                      |             | <b>53</b>                           | <b>640</b>                 | <b>0</b>                | <b>693</b>     | <b>67</b>                       | <b>934</b>                 | <b>0</b>                | <b>1'000</b>   |
| Ethernet Switch   | 1    | 15.5                 | 2.00 /d     | 15.5                 | 22.0 /d     | x                    | x           | 11                                  | 125                        | 0                       | 136            | 11                              | 125                        | 0                       | 136            |
| Ethernet Switch   | 1    | 17.0                 | 2.00 /d     | 17.0                 | 22.0 /d     | x                    | x           | 12                                  | 136                        | 0                       | 149            | 12                              | 136                        | 0                       | 149            |
| W-LAN Router  | 3    | 8.2                  | 0.00 /d     | 8.2                  | 24.0 /d     | x                    | x           | 0                                   | 72                         | 0                       | 72             | 0                               | 215                        | 0                       | 215            |
| OSGI Gateway  | 1    | 3.9                  | 0.5 /d      | 3.9                  | 23.5 /d     | x                    | x           | 1                                   | 34                         | 0                       | 34             | 1                               | 34                         | 0                       | 34             |
| EHS Netzwerk Gateway  | 1    | 0.8                  | 0.5 /d      | 0.8                  | 23.5 /d     | x                    | x           | 0                                   | 7                          | 0                       | 7              | 0                               | 7                          | 0                       | 7              |
| Internet Gateway / Modem                                      | 1    | 0.6                  | 0.5 /d      | 0.6                  | 23.5 /d     | x                    | x           | 0                                   | 5                          | 0                       | 5              | 0                               | 5                          | 0                       | 5              |
| Hausanschluss Verstärker                                      | 1    | 9.3                  | 4.0 /d      | 9.3                  | 20.0 /d     | x                    | x           | 14                                  | 68                         | 0                       | 82             | 14                              | 68                         | 0                       | 82             |
| Set-Top Box   | 2    | 19.4                 | 2.0 /d      | 18.7                 | 22.0 /d     | x                    | x           | 14                                  | 150                        | 0                       | 164            | 28                              | 300                        | 0                       | 329            |
| Türsprechanlage   | 1    | x                    | x           | 5.0                  | 24.0 /d     | x                    | x           | 0                                   | 44                         | 0                       | 44             | 0                               | 44                         | 0                       | 44             |
| <b>Unterhaltungselektronik, Audio-/Video-Anwendungen (AV)</b> |      |                      |             |                      |             |                      |             | <b>1</b>                            | <b>64</b>                  | <b>0</b>                | <b>66</b>      | <b>6</b>                        | <b>256</b>                 | <b>0</b>                | <b>262</b>     |
| Aktivboxen  | 4    | 2.0                  | 0.5 /d      | 1.95                 | 23.5 /d     | x                    | x           | 0                                   | 17                         | 0                       | 17             | 1                               | 67                         | 0                       | 68             |
| IP to NF Signal   | 4    | 6.2                  | 0.5 /d      | 5.5                  | 23.5 /d     | x                    | x           | 1                                   | 47                         | 0                       | 48             | 5                               | 189                        | 0                       | 194            |
| DVD Player  | 1    | 23.3                 | 1.0 /d      | 19.8                 | 15.0 /d     | 0.40                 | 8.0 /d      | 9                                   | 109                        | 1                       | 118            | 9                               | 109                        | 1                       | 118            |
| Natural Sound AV Receiver                                     | 1    | 82.6                 | 2.0 /d      | 76.6                 | 14.0 /d     | 0.00                 | 8.0 /d      | 60                                  | 391                        | 0                       | 452            | 60                              | 391                        | 0                       | 452            |
| Video-Projektor (Beamer)                                      | 1    | 179.2                | 2.0 /d      | 1.8                  | 22.0 /d     | x                    | x           | 131                                 | 14                         | 0                       | 145            | 131                             | 14                         | 0                       | 145            |
| <b>Sicherheit</b>   |      |                      |             |                      |             |                      |             | <b>1</b>                            | <b>22</b>                  | <b>0</b>                | <b>23</b>      | <b>2</b>                        | <b>44</b>                  | <b>0</b>                | <b>46</b>      |
| Webcam  | 2    | 2.6                  | 1.0 /d      | 2.6                  | 23.0 /d     | x                    | x           | 1                                   | 22                         | 0                       | 23             | 2                               | 44                         | 0                       | 46             |
| <b>Total</b>  |      |                      |             |                      |             |                      |             |                                     |                            |                         |                | <b>1'084</b>                    | <b>2'422</b>               | <b>10</b>               | <b>3'516</b>   |

## Anhang 5 Einsparpotenzial Objekt Savia (1 Seite)

| Funktion  | Anz. | Normalbetrieb |        | Bereitschaft |      | Schein-Aus    |     | jährliche Energieaufnahme pro Gerät |     |                |           | jährliche Energieaufnahme Total |            |            |             | Bemerkungen |              |
|---|------|---------------|--------|--------------|------|---------------|-----|-------------------------------------|-----|----------------|-----------|---------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|
|   |      | Wirk-leistung | [W]    | Zeit         | [h]  | Wirk-leistung | [W] | Zeit                                | [h] | Normal-betrieb | [kWh]     | Bereit-schaft                   | [kWh]      | Schein-Aus | Total [kWh] |             |              |
| <b>Haussteuerung</b>  |      |               |        |              |      |               |     |                                     |     | <b>369</b>     | <b>62</b> | <b>0</b>                        | <b>432</b> | <b>393</b> | <b>125</b>  | <b>0</b>    | <b>517</b>   |
| Gira Homeserver   | 1    | 10.5          | 24.0   | /d           | 10.5 | 0.0           | /d  | x                                   | x   | 92             | 0         | 0                               | 92         | 92         | 0           | 0           | 92           |
| Touchpanel  | 3    | 2.8           | 1.0    | /d           | 0.8  | 23.0          | /d  | x                                   | x   | 1              | 6         | 0                               | 7          | 3          | 19          | 0           | 22           |
| Spannungsversorgung   | 1    | 14.2          | 24.0   | /d           | x    | x             | /d  | x                                   | x   | 124            | 0         | 0                               | 124        | 124        | 0           | 0           | 124          |
| Spannungsversorgung   | 1    | 11.2          | 24.0   | /d           | x    | x             | /d  | x                                   | x   | 98             | 0         | 0                               | 98         | 98         | 0           | 0           | 98           |
| Steckerleiste Brenstuhl                                       | 1    | 0.0           | 24.0   | /d           | 0.0  | 0.0           | /d  | x                                   | x   | 0              | 0         | 0                               | 0          | 0          | 0           | 0           | 0            |
| Wetterzentrale  | 1    | 3.8           | 24.0   | /d           | x    | x             | /d  | x                                   | x   | 33             | 0         | 0                               | 33         | 33         | 0           | 0           | 33           |
| Oblicher  | 1    | 9.0           | 15 min | /d           | 4.7  | 23.8          | /d  | x                                   | x   | 1              | 41        | 0                               | 42         | 1          | 41          | 0           | 42           |
| Dimmktor  | 14   | 1.5           | 3.0    | /d           | 0.5  | 21.0          | /d  | x                                   | x   | 2              | 4         | 0                               | 5          | 23         | 54          | 0           | 77           |
| Jalousien   | 1    | 101.0         | 15 min | /d           | 1.0  | 23.8          | /d  | x                                   | x   | 9              | 9         | 0                               | 18         | 9          | 9           | 0           | 18           |
| Storen  | 1    | 101.0         | 15 min | /d           | 0.3  | 23.8          | /d  | x                                   | x   | 9              | 3         | 0                               | 12         | 9          | 3           | 0           | 12           |
| <b>Kommunikation</b>  |      |               |        |              |      |               |     |                                     |     | <b>47</b>      | <b>97</b> | <b>0</b>                        | <b>144</b> | <b>47</b>  | <b>97</b>   | <b>0</b>    | <b>144</b>   |
| Kabelanschluss  | 1    | 8.6           | 4.0    | /d           | 3.0  | 20.0          | /d  | x                                   | x   | 13             | 22        | 0                               | 34         | 13         | 22          | 0           | 34           |
| DSL Gateway   | 1    | 10.7          | 5.0    | /d           | 1.0  | 19.0          | /d  | x                                   | x   | 20             | 7         | 0                               | 27         | 20         | 7           | 0           | 27           |
| ISDN NT   | 1    | 1.9           | 6.0    | /d           | 1.9  | 18.0          | /d  | x                                   | x   | 4              | 13        | 0                               | 17         | 4          | 13          | 0           | 17           |
| Ethernet USB Gateway  | 1    | 4.1           | 3.0    | /d           | 1.0  | 21.0          | /d  | x                                   | x   | 4              | 8         | 0                               | 12         | 4          | 8           | 0           | 12           |
| 16 Port Switch  | 1    | 2.9           | 5.0    | /d           | 1.0  | 19.0          | /d  | x                                   | x   | 5              | 7         | 0                               | 12         | 5          | 7           | 0           | 12           |
| Türsprechstelle   | 1    | 15.0          | 5 min  | /d           | 4.7  | 24.0          | /d  | x                                   | x   | 0.5            | 41        | 0                               | 42         | 0          | 41          | 0           | 42           |
| <b>Unterhaltungselektronik, Audio-/Video-Anwendungen (AV)</b> |      |               |        |              |      |               |     |                                     |     | <b>408</b>     | <b>54</b> | <b>0</b>                        | <b>462</b> | <b>408</b> | <b>70</b>   | <b>0</b>    | <b>478</b>   |
| Mediacenter   | 1    | 35.0          | 13.0   | /d           | 4.7  | 11.0          | /d  | 3                                   | 0   | 376            | 19        | 0                               | 395        | 166        | 19          | 0           | 185          |
| USB Harddisk  | 1    | 10.7          | 3.0    | /d           | 1.0  | 21.0          | /d  | x                                   | x   | 12             | 8         | 0                               | 19         | 12         | 8           | 0           | 19           |
| Musik Verstärker  | 1    | 12.9          | 3.0    | /d           | 10.0 | 0.0           | /d  | x                                   | x   | 14             | 0         | 0                               | 14         | 14         | 0           | 0           | 14           |
| Unterputz Radio   | 3    | 0.9           | 0.5    | /d           | 0.9  | 23.5          | /d  | x                                   | x   | 0              | 8         | 0                               | 8          | 0          | 23          | 0           | 24           |
| Touchpanel  | 1    | 15.9          | 1.0    | /d           | 2.4  | 23.0          | /d  | x                                   | x   | 6              | 20        | 0                               | 26         | 6          | 20          | 0           | 26           |
| <b>Sicherheit</b>   |      |               |        |              |      |               |     |                                     |     | <b>126</b>     | <b>3</b>  | <b>0</b>                        | <b>129</b> | <b>126</b> | <b>3</b>    | <b>0</b>    | <b>129</b>   |
| Alarmanlage   | 1    | 14.4          | 24.0   | /d           | x    | x             | /d  | x                                   | x   | 126            | 0         | 0                               | 126        | 126        | 0           | 0           | 126          |
| Webcam  | 1    | 1.6           | 15 min | /d           | 1.0  | 9.0           | /d  | x                                   | x   | 0              | 3         | 0                               | 3          | 0          | 3           | 0           | 3            |
| <b>Total</b>  |      |               |        |              |      |               |     |                                     |     |                |           |                                 |            | <b>974</b> | <b>295</b>  | <b>0</b>    | <b>1'269</b> |

## Anhang 6 Einsparpotenzial Objekt Meier (1 Seite)

| Funktion  | Anz. | Normalbetrieb        |                | Bereitschaft         |                | Schein-Aus           |               | jährliche Energieaufnahme pro Gerät |                            |                         |                | jährliche Energieaufnahme Total |                            |                         |                | Bemerkungen |
|---|------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|---------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------|-------------|
|   |      | Wirk-leistung<br>[W] | Zeit<br>[h]    | Wirk-leistung<br>[W] | Zeit<br>[h]    | Wirk-leistung<br>[W] | Zeit<br>[h]   | Normal-<br>betrieb<br>[kWh]         | Bereit-<br>schaft<br>[kWh] | Schein-<br>Aus<br>[kWh] | Total<br>[kWh] | Normal-<br>betrieb<br>[kWh]     | Bereit-<br>schaft<br>[kWh] | Schein-<br>Aus<br>[kWh] | Total<br>[kWh] |             |
| <b>Haussteuerung</b>  |      |                      |                |                      |                |                      |               | <b>626</b>                          | <b>128</b>                 | <b>12</b>               | <b>767</b>     | <b>670</b>                      | <b>433</b>                 | <b>14</b>               | <b>1'117</b>   |             |
| Steuerungsserver  | 1    | <b>35.0</b>          | <b>13.0</b> /d | <b>10.0</b>          | <b>11.0</b> /d | x                    | x             | 166                                 | 40                         | 0                       | 206            | 166                             | 40                         | 0                       | 206            |             |
| Bildschirm für Steuerungsserver                               | 1    | 28.4                 | 0.25 /d        | 1.0                  | 0.0 /d         | 1.15                 | 23.75         | 3                                   | 0                          | 10                      | 13             | 3                               | 0                          | 10                      | 13             |             |
| Maus für Steuerungsserver                                     | 1    | 0.0                  | 0.25 /d        | 0.0                  | 23.8 /d        | x                    | x             | 0                                   | 0                          | 0                       | 0              | 0                               | 0                          | 0                       | 0              |             |
| Backup-Disk   | 1    | 17.3                 | 0.5 /d         | <b>1.0</b>           | 23.5 /d        | x                    | x             | 3                                   | 9                          | 0                       | 12             | 3                               | 9                          | 0                       | 12             |             |
| Touchpanel  | 2    | 26.0                 | 1.0 /d         | <b>10.0</b>          | 17.0 /d        | <b>1.00</b>          | <b>6.0</b> /d | 9                                   | 62                         | 2                       | 74             | 19                              | 124                        | 4                       | 147            |             |
| Stromversorgung für SPS                                       | 1    | 40.0                 | 24.0 /d        | 40.0                 | 0.0 /d         | x                    | x             | 350                                 | 0                          | 0                       | 350            | 350                             | 0                          | 0                       | 350            |             |
| Transformator   | 1    | 10.5                 | 24.0 /d        | 10.5                 | 0.0 /d         | x                    | x             | 92                                  | 0                          | 0                       | 92             | 92                              | 0                          | 0                       | 92             |             |
| Dimmer  | 15   | 2.3                  | 3.0 /d         | 2.3                  | 21.0 /d        | x                    | x             | 2                                   | 17                         | 0                       | 20             | 37                              | 260                        | 0                       | 297            |             |
| <b>Kommunikation</b>  |      |                      |                |                      |                |                      |               | <b>53</b>                           | <b>153</b>                 | <b>0</b>                | <b>205</b>     | <b>67</b>                       | <b>230</b>                 | <b>0</b>                | <b>296</b>     |             |
| Ethernet Switch   | 1    | 15.5                 | 2.00 /d        | <b>1.0</b>           | 22.0 /d        | x                    | x             | 11                                  | 8                          | 0                       | 19             | 11                              | 8                          | 0                       | 19             |             |
| Ethernet Switch   | 1    | 17.0                 | 2.00 /d        | <b>1.0</b>           | 22.0 /d        | x                    | x             | 12                                  | 8                          | 0                       | 20             | 12                              | 8                          | 0                       | 20             |             |
| W-LAN Router  | 3    | 8.2                  | 0.00 /d        | <b>3.0</b>           | 24.0 /d        | x                    | x             | 0                                   | 26                         | 0                       | 26             | 0                               | 79                         | 0                       | 79             |             |
| OSGI Gateway  | 1    | 3.9                  | 0.5 /d         | <b>1.0</b>           | 23.5 /d        | x                    | x             | 1                                   | 9                          | 0                       | 9              | 1                               | 9                          | 0                       | 9              |             |
| EHS Netzwerk Gateway  | 1    | 0.8                  | 0.5 /d         | 0.8                  | 23.5 /d        | x                    | x             | 0                                   | 7                          | 0                       | 7              | 0                               | 7                          | 0                       | 7              |             |
| Internet Gateway / Modem                                      | 1    | 0.6                  | 0.5 /d         | 0.6                  | 23.5 /d        | x                    | x             | 0                                   | 5                          | 0                       | 5              | 0                               | 5                          | 0                       | 5              |             |
| Hausanschluss Verstärker                                      | 1    | 9.3                  | 4.0 /d         | <b>3.0</b>           | 20.0 /d        | x                    | x             | 14                                  | 22                         | 0                       | 36             | 14                              | 22                         | 0                       | 36             |             |
| Set-Top Box   | 2    | 19.4                 | 2.0 /d         | <b>3.0</b>           | 22.0 /d        | x                    | x             | 14                                  | 24                         | 0                       | 38             | 28                              | 48                         | 0                       | 76             |             |
| Türsprechanlage   | 1    | x                    | x /d           | 5.0                  | 24.0 /d        | x                    | x             | 0                                   | 44                         | 0                       | 44             | 0                               | 44                         | 0                       | 44             |             |
| <b>Unterhaltungselektronik, Audio-/Video-Anwendungen (AV)</b> |      |                      |                |                      |                |                      |               | <b>1</b>                            | <b>25</b>                  | <b>0</b>                | <b>27</b>      | <b>5</b>                        | <b>51</b>                  | <b>0</b>                | <b>56</b>      |             |
| Aktivboxen  | 1    | 2.0                  | 0.5 /d         | 1.95                 | 23.5 /d        | x                    | x             | 0                                   | 17                         | 0                       | 17             | 0                               | 17                         | 0                       | 17             |             |
| IP to NF Signal   | 4    | 6.2                  | 0.5 /d         | <b>1.0</b>           | 23.5 /d        | x                    | x             | 1                                   | 9                          | 0                       | 10             | 5                               | 34                         | 0                       | 39             |             |
| DVD Player  | 1    | 23.3                 | 1.0 /d         | <b>5.0</b>           | 15.0 /d        | 0.40                 | 8.0 /d        | 9                                   | 27                         | 1                       | 37             | 9                               | 27                         | 1                       | 37             |             |
| Natural Sound AV Receiver                                     | 1    | 82.6                 | 2.0 /d         | <b>10.0</b>          | 14.0 /d        | 0.00                 | 8.0 /d        | 60                                  | 51                         | 0                       | 111            | 60                              | 51                         | 0                       | 111            |             |
| Video-Projektor (Beamer)                                      | 1    | 179.2                | 2.0 /d         | 1.8                  | 22.0 /d        | x                    | x             | 131                                 | 14                         | 0                       | 145            | 131                             | 14                         | 0                       | 145            |             |
| <b>Sicherheit</b>   |      |                      |                |                      |                |                      |               | <b>1</b>                            | <b>8</b>                   | <b>0</b>                | <b>9</b>       | <b>2</b>                        | <b>17</b>                  | <b>0</b>                | <b>19</b>      |             |
| Webcam  | 2    | 2.6                  | 1.0 /d         | <b>1.0</b>           | 23.0 /d        | x                    | x             | 1                                   | 8                          | 0                       | 9              | 2                               | 17                         | 0                       | 19             |             |
| <b>Total</b>  |      |                      |                |                      |                |                      |               |                                     |                            |                         |                | <b>744</b>                      | <b>730</b>                 | <b>14</b>               | <b>1'488</b>   |             |