

Schlussbericht September 2005

Smarthome und Energieeffizienz

ausgearbeitet durch
Thomas Grieder, Alois Huser
Encontrol GmbH
Bremgartenstrasse 2, 5443 Niederrohrdorf

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:

www.electricity-research.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage und Ziele.....	1
2	Objektbeschreibung	2
3	Begleitung von Planung und Realisierung	3
3.1	Workshop 1: Bedürfnisabklärung	3
3.2	Workshop 2: Präzisierung Bedürfnisse	4
3.3	Sitzung Energieeffizienz	5
3.4	Konzept Energie-Controlling, Messausrüstung	7
4	Analyse des Energiebezugs	8
4.1	Datenaufnahme im Gebäude	8
4.2	Zählerdaten	8
4.3	Analyse nach Gerätegruppen	9
4.4	Analyse nach Betriebsart	19
5	Vergleich mit Durchschnittshaushalt	23
6	Effizienzverbesserung	26
7	Hochrechnung Haushaltstrombezug auf Landesstufe.....	27
7.1	Bisherige Studien.....	27
7.2	Mathematisches Modell.....	27
7.3	Abweichungen.....	28
7.4	Hochrechnungen	30
8	Elektrosmog.....	33
9	Planungshilfe.....	33
	Literaturverzeichnis	34
	Anhangsverzeichnis	35

Kurzzusammenfassung

Anhand des Churer Smarthomes wird die Entwicklung des Strombezuges für die Vernetzung im Haushalt analysiert.

Mit 8'750 Kilowattstunden pro Jahr ist der Bezug im Smarthome beinahe doppelt so gross, wie in einem vergleichbaren Haushalt von 1992. Verschiedene Gerätekategorien, speziell die Beleuchtung und der Bereich Unterhaltung und Kommunikation, tragen zu dieser Zunahme bei. Mehrere Kategorien sind dazugekommen, die 1992 noch gar nicht einzeln ausgewiesen wurden, so der Bereich Pflege und Gesundheit und natürlich die Geräte der Steuerung und Vernetzung. Bei anderen Anwendungen ist der Strombezug tiefer, als 1992, so bei der „Weissen Ware“ und im Bereich „Energie & Klima“.

Der zusätzliche Strombezug der Geräte, die der Vernetzung dienen oder die direkt damit in Zusammenhang stehen, ist deutlich geringer, als im früher untersuchten FutureLife-Haus in Hünenberg. Trotz guter Ansätze verbleibt ein hohes Einsparpotential. Durch lediglich zwei Massnahmenpakete könnte der Strombezug des Gebäudes um 1'700 kWh oder 20% reduziert werden: erstens durch eine energieeffiziente Beleuchtung und zweitens durch ein funktionierendes Energiemanagement bei den Geräten der Vernetzung.

Die Hochrechnung auf Landesstufe bestätigt im Wesentlichen die Werte der vorausgegangenen Studien, ergibt aber leicht engere Grenzen für den Bereich der maximalen und minimalen Zunahme infolge der Vernetzung.

Abstract

The development of the use of electrical power for networking within the home is analysed on the basis of the Smarthome in Chur.

With 8,750 kilowatt-hours per year, the consumption in the Smarthome is almost double that of a comparable household in 1992. Various device categories, and in particular the lighting and the entertainment and communication areas, have contributed towards this increase. Several categories have also appeared that were not even listed individually in 1992, such as the "Care and Health" area and, of course, the units for the control functions and the networking. In other applications, the power consumption is lower than in 1992, for example, the "White appliances" and the "Energy & Climate" areas.

The additional power consumption of the units that serve the networking or that are in direct connection with this is considerably lower than in the FutureLife house in Hünenberg, which was the subject of an earlier analysis. Despite some good beginnings, there is still a high saving potential. The power consumption of the building could be reduced by 1,700 kWh, or 20%, by the use of just two measures: firstly through an energy-efficient lighting, and secondly through a functioning power management for the networking devices.

The extrapolation to the national level basically confirms the values of the earlier studies, but results in slightly narrower limits for the area of maximum and minimum increase as a result of the networking.

Resumé

Le développement de la consommation d'électricité pour la mise en réseau domestique est analysé au moyen de la Smarthome à Coire.

Avec 8'750 kilowattheures par année, la consommation de la Smarthome atteint presque le double d'un ménage comparable en 1992. Diverses catégories d'appareils, spécialement l'éclairage et le domaine des loisirs et de la communication, contribuent à cette augmentation. Plusieurs catégories sont venues s'ajouter, qui en 1992 n'avaient pas été examinées séparément, tel le domaine «soin et santé» et naturellement les appareils de commande et de mise en réseau. Pour d'autres applications, tel le «Appareils électroménagers» et le domaine «énergie & climatisation» la consommation d'électricité est plus faible qu'en 1992.

La consommation électrique supplémentaire des appareils qui servent à la mise en réseau ou qui dépendent directement de celle-ci, est nettement plus faible que dans la maison FutureLife à Hünenberg, analysée précédemment. Malgré des débuts prometteurs il manque un grand potentiel d'économies. La consommation électrique du bâtiment pourrait être réduite de 1'700 kWh, ou 20%, avec seulement deux paquets de mesures : d'abord par un éclairage à plus haut rendement énergétique et ensuite par une gestion effective de l'énergie des appareils de mise en réseau.

L'estimation au niveau du pays confirme essentiellement les valeurs de l'étude précédente, mais indique des limites légèrement plus serrées dans le domaine des augmentations maximales et minimales suite à la mise en réseau.

1 Ausgangslage und Ziele

Das *Bundesamt für Energie* unterstützte bisher mehrere Studien im Bereich *Energieeffizienz* und *Vernetzung im Haushalt*¹. All diese Studien weisen darauf hin, dass der Strombezug im Haushalt mit der Vernetzung stark zunehmen dürfte. Die Abschätzungen ergeben eine Zunahme des Haushaltsstrombedarfes von 10% über den Zeitraum von 2000 bis 2010 und von 33% bis ins Jahr 2020. Für die ganze Schweiz sind das in absoluten Zahlen 1'500 GWh respektive 5'000 GWh. Auch das untersuchte Zukunftshaus *FuturLife* weist in diese Richtung mit einem um den Faktor 4 höheren Strombezug gegenüber einem durchschnittlichen Haushalt in der Schweiz.

Die Familie *Rest-Rivero* hat in Chur ein Einfamilienhaus realisiert, welches man als *Smarthome* bezeichnen kann. Damit ist gemeint, dass die technischen Funktionen des Hauses kinderleicht zu bedienen sind, sich automatisch an die Bedürfnisse der Bewohner anpassen und in jedem Raum zur Verfügung stehen. Dazu gehören:

- Steuerung: Haushaltgeräte, Beleuchtung, Garagentor, Heizung und Bewässerung
- Sicherheit: Innenraumüberwachung, Fenster- und Türüberwachung, Rauchmelder und Anwesenheitssimulation
- Unterhaltung / Information: Home Cinéma, zentraler Server für Bild- und Audio-Daten, Multiroom-System für Audio-Dienste
- Kommunikation: Telefon, Internet-Zugang, Video-Gegensprechanlage

Grundsätzlich benötigt die Infrastruktur für das Betreiben eines solchen *Smarthomes* mehr Strom. Aus der Sicht des effizienten Umgangs mit den Ressourcen kann dieser Mehrverbrauch nicht befürwortet werden. Wenn Komfort- und Sicherheitsbedürfnisse aber trotzdem mit vermehrter Technik befriedigt werden sollen, dann muss versucht werden, dies möglichst energieeffizient zu tun.

Es sind schon etliche solche Häuser gebaut worden. Das neue Element bei diesem Projekt ist die Vorgabe des Bauherrn, dass die Mehrkosten für das intelligente Wohnen nicht mehr als 4% der gesamten Bausumme oder CHF 30'000.- ausmachen dürfen. Es ging also nicht darum, das technisch machbare auszuloten, sondern mit heute am Markt eingeführten Komponenten ein Maximum an Komfort und Funktionalität zu realisieren.

Verschiedene Komponentenhersteller, Planer sowie ein Systemintegrator unterstützten und begleiteten dieses Projekt. Aus Sicht der Energieeffizienz interessiert die Frage, wie die Energiebilanz eines Objektes aussieht, das unter diesen Randbedingungen geplant wurde. Weiter bestand die Gelegenheit, die Planung und die Realisierung des Hauses zu begleiten und das bisher erarbeitete Wissen einzubringen. Im vorliegenden Bericht wird der Energiebezug des Objektes detailliert dargestellt und die Auswirkungen der Projektbegleitung werden dokumentiert.

Anhand der gewonnen Erkenntnisse konnten die bestehenden Hochrechnungen für den zukünftigen Stromverbrauch überprüft und korrigiert werden. Zusätzlich wurde eine einfache Planungshilfe für die Planer und Systemintegratoren von intelligenten Häusern erstellt, die speziell auf die Aspekte der Energieeffizienz eingeht.

¹ siehe Literaturverzeichnis:

Aebischer & Huser (2000), Huser & Aebischer (2002), Grieder & Huser (2004)

2 Objektbeschreibung

- Freistehendes Einfamilienhaus, 5 ½ Zimmer, 2-geschossig und vollständig unterkellert
- Arealfläche 315 m², Gebäudegrundfläche 85 m²
- Untergeschoss: Wirtschaftsraum, Heizung, Waschküche, Vorratskeller, Musikraum, Garage
- Erdgeschoss: Küche / Essen, Wohnzimmer, Eingang / Garderobe, WC
- Obergeschoss: Büro, Elternschlafzimmer, 2 Kinderzimmer, Douche / Bad
- Energiebezugsfläche 196 m²
- Wärmeerzeugung für Komfortwärme und Brauchwarmwasser mit kombiniertem Wandheizkessel, Gasfeuerung modulierend, Kondensation der Rauchgase
- Wärmeverteilung über Bodenheizung
- Heizwärmebezug gemäss Energienachweis (SIA 380/1, Ausgabe 1989) $Q_h = 277 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
- geschätzter Energiebezug für Heizung und Warmwasser (SIA 380/1, Ausgabe 2001)
 $E_{\text{hww}} = 418 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ ohne kontrollierte Lüftung
 $E_{\text{hww}} = 365 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ mit kontrollierter Lüftung

3 Begleitung von Planung und Realisierung

In mehreren Besprechungen und Workshops mit dem Bauherrn, dem Architekten und dem Systemintegrator konnten Anregungen für den effizienten Einsatz von Energie ins Projekt übergeben werden.

3.1 Workshop 1: Bedürfnisabklärung

Am Workshop vom 27. Februar 2004 nahmen folgende Personen teil:

- Achermann P., p.a.media AG (Herausgeber der Zeitschrift *HomeElectronic*)
- Brügger R., Reichler & De-Massari AG (Lieferant Verkabelung)
- Gredig C., Mettier+Gredig AG (Architekt)
- Huser A., Encontrol GmbH (Energieberatung)
- Maissen T., Bühler + Scherer AG (Systemintegrator)
- Rest-Rivero H. (Bauherr)
- Staub R., BUS-Haus (Konzept Vernetzung)

Hr. Rest, stellte an diesem Workshop seine Bedürfnisse vor (siehe Anhang 1). Zur Familie gehören die halbjährige Tochter Vanessa, die dreijährige Tochter Lorena, die Frau Isa (32 Jahre) und Hans Peter (34 Jahre). Die Familie Rest möchte eine multimediale Versorgung aller Räume. Die Steuerung der Beleuchtung (Lichtwelten) und die Sicherheit soll vernetzt erfolgen. Zusammengefasst sollen folgende Bereiche abgedeckt werden:

- Beleuchtung:
Alle Leuchten zentral schaltbar, Abrufen von vorbestimmten Lichtstimmungen per Tastendruck, Aussenbeleuchtung über Bewegungsmelder gesteuert.
- Beschattung: Jalousien mit elektrischem Antrieb, Steuerung über Wetterstation
- Bodenheizung: Überwachung aus der Ferne, über Telefon oder Internet
- Garagentor: Fernsteuerung
- Bewässerung: eingelegte Rohre im Garten mit intelligenter Steuerung über Feuchtigkeitssensor
- Sicherheit:
Bewegungsmelder aussen und innen, Rauchmelder, Anwesenheitssimulation, Webkameras
- Kommunikation:
universal bestückbare Multimediodosen, externe Verbindungen via Telefon (ISDN + ADSL), Kabelfernsehen und Satelliten-TV, Video-Gegensprechanlage für den Eingang
- Unterhaltung und Information:
Home-Cinema im Wohnzimmer mit Beamer und Leinwand, *LCD-Bildschirme* in Küche, Musik- und Arbeitszimmer, alle übrigen Räume mit Lautsprecher ausgerüstet, zentraler Server für alle Medien (Musik, Foto, Video), Alarmierung bei defektem Tiefkühler, Benachrichtigung beim Ende eines Waschvorganges
- Installation ausgelegt auf geringen Elektrosmog

T. Maissen stellte das Konzept der Vernetzung vor. Die Steuerung der Beleuchtung, der Sicherheits- und der Haushaltsgeräte erfolgt über den EIB². Die Schaltaktoren werden zentral im Elektroverteilkasten platziert. In Jedem Raum wird ein Bewegungssensor installiert. Die Bedienung der Steuerung soll über Web-Applikationen auf dem zentralen Home-Server erfolgen. Für die Informations- und Unterhaltungselektronik wird je ein sternförmiges Ethernet- und ein Koaxialkabel-Netzwerk eingebaut.

Im Bereich Energie wurden von A. Huser die folgenden Themen angesprochen:

- Minergie-Standard: Laut Architekt wurde bei der Überbauung am Dammweg der Minergie-Standard nicht angestrebt. Mit den verwendeten Isolationsstärken kann die geforderte Energiekennzahl nicht erreicht werden.
- Kontrollierte Lüftung: Die Vorzüge einer kontrollierten Wohnungslüftung werden aufgezeigt. Bauherr und Architekt nehmen die Anregung entgegen.
- Stromversorgung dezentraler Geräte: Dezentrale Geräte sollen vorzugsweise über das EIB-Kabel versorgt werden. Dezentrale Steckernetzteile oder eine Versorgung über Batterien sind zu vermeiden. Bei der Versorgung über das EIB-Kabel ist nur eine einzige zentrale Stromversorgung notwendig, die dezentralen Geräte werden direkt mit einer Niedervolt-Gleichspannung versorgt. So steigt die Energieeffizienz und Elektromog wird vermieden.

3.2 Workshop 2: Präzisierung Bedürfnisse

Am Workshop vom 19. März 2004 nahmen folgende Personen teil:

- Achermann P., p.a.media AG (Herausgeber der Zeitschrift *HomeElectronic*)
- Gredig C., Mettler+Gredig AG (Architekt)
- Huser A., Encontrol GmbH (Energieberatung)
- Maissen T., Bühler + Scherer AG (Systemintegrator)
- Rest-Rivero H. (Bauherr)
- Staub R., BUS-Haus (Konzept Vernetzung)

Hr. Rest stellt die gewünschten Steuerungs-Prozesse vor und ordnet die Funktionen den Räumen zu (siehe Anhang 2). Multimediaanforderungen und die Überwachung der Kinder haben in diesem Konzept einen grossen Stellenwert.

T. Maissen erläutert das verfeinerte Planungskonzept: Bedienung und Visualisierung der Steuerung erfolgen über den Web-Server. Über die Art der Bedienung - über Multimedia-Bildschirme, PC, Handy, PDA usw. - herrscht noch Unklarheit. In der Garage und am Hauseingang sind kleine Bildschirme mit den wichtigsten Gerätezuständen vorgesehen.

Pius Achermann stellt das Multimedia-Konzept vor (Anhang 3).

Im Bereich Energie wurden von A. Huser die folgenden Themen angesprochen:

- Kontrollierte Lüftung: Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass für eine gute Energieeffizienz des Hauses eine kontrollierte Lüftung unabdingbar ist.
- Die Storensteuerung soll mit einem Sonnenwächter ergänzt werden. So wird verhindert, dass sich das Gebäude im Sommer zu stark aufheizt (automatisches Senken der Storen am Morgen)

² European Installation Bus, <http://www.eibaswiss.ch/>

bei Sonnenschein und hoher Temperatur). Stark aufgeheizte Räume wecken das Bedürfnis nach einer Kühlung der Räume mit Ventilatoren oder Kälteaggregaten, was wiederum den Elektrizitätsbezug erhöht.

- Die Temperatursensoren innen und aussen sollen mit dem EIB-Bus verbunden werden, damit die Temperaturwerte auch für die Überwachung des Energiebezuges verwendet werden können.
- Die Raumtemperatur sollte bei längerer Abwesenheit abgesenkt werden. Vor der Rückkehr möchte man die Raumtemperatur von fern, z. B. per SMS wieder auf das Normalniveau anheben. Dazu ist eine Ankopplung der Heizungssteuerung an den EIB notwendig.
- Es wird ein Konzept erarbeitet, welches ein einfaches Energie-Controlling zum Ziel hat. Damit lassen sich die eingekauften Energieträger (Elektrizität, Gas, Wasser) beobachten und deren Verlauf analysieren.
- Die zentralen Dienste sollen durch einen einzigen Server abgedeckt werden. Es ist darauf zu achten, dass dieser Server mit einer aktiven Energieverwaltung betrieben wird (z. B. *ACPI*³) und bei Nichtbenutzung in einen Ruhezustand schaltet. Der Server soll ohne *USV*⁴-Anlage betrieben werden.

3.3 Sitzung Energieeffizienz

Am 15. Juli 2004 fand eine Sitzung zu allen hängigen Belangen der Energieeffizienz statt. Teilnehmer waren:

- Grieder T., Encontrol GmbH (Energieberatung)
- Maissen T., Bühler + Scherer AG (Systemintegrator)
- Rest-Rivero H. (Bauherr)

Die folgenden Themen wurden an der Sitzung besprochen oder vorgängig von T. Grieder telefonisch geklärt:

- Beim ersten Workshop stellte sich die Frage, ob das Gebäude möglicherweise den Minergie-Standard erfüllen wird. Die kompakte Gebäudeform begünstigt einen tiefen Heizwärmebezug. Nach Aussage des Architekten wurde aber der Minergie-Standard für die besagte Überbauung nicht angestrebt. Hätte man den Standard mit einem einzelnen Objekt der Überbauung anvisiert, so wären dazu grössere Isolationsstärken notwendig gewesen, was wiederum die vorgeschriebenen Baulinien und Grenzabstände verletzt hätte. Gemäss den Berechnungen von Broder & Villa AG, die im Auftrag des Architekten den Energienachweis berechnet haben, dürfte die Energiekennzahl mit der kontrollierten Lüftung einen Wert von ca. 365 MJ/(m²a) erreichen. Der Grenzwert für das Minergie-Label liegt mit 150 MJ/(m²a) wesentlich tiefer.
- Die kontrollierte Wohnungslüftung wurde in die Planung aufgenommen. Durch die Wärmerückgewinnung im Lüftungsgerät werden die Lüftungsverluste von 91 MJ/(m²a) in etwa halbiert, was eine Einsparung von ca. 13% des Wärmebezuges oder 260 m³ Erdgas mit sich bringt. Andererseits steigt der Elektrizitätsbezug durch das Lüftungsgerät um schätzungsweise 220 kWh pro Jahr.

³ ACPI: Advanced Configuration and Power Interface, <http://www.acpi.info/>

⁴ USV: Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlage

- Ebenfalls in die Planung aufgenommen wurde eine Anbindung der Heizungssteuerung an den EIB und somit an den Web-Server. Dadurch wird die Heizung von fern bedienbar. Zusätzlich sind durch diese Massnahme auch die Temperatursensoren innen und aussen in auf der Steuerung vorhanden und stehen für das Energiecontrolling bereit.
- Der vorgeschlagene Sonnenwächter wird übernommen.
- Messung der Energiebezüge: Gas-, Wasser- und Strombezug können direkt von den Zählern der *Industriellen Betrieb Chur (IBC)* abgenommen werden. *IBC* stellt dazu kostenlos drei Übergaberelais zur Verfügung.
- Für eine detaillierte Auswertung des Strombezuges wären Unterzähler für gewisse Verbraucherkategorien wünschbar, so z. B. für Waschmaschine und Tumbler sowie ein Zähler für Backen / Kochen / Geschirrspüler in der Küche. Diese Funktion ist aber von untergeordneter Wichtigkeit. Hr. Maissen klärt die Möglichkeiten ab.
- Für die Zentralen Dienste sind zwei Rechner vorgesehen:
 - ein Steuerungsserver oder embedded PC für die zentralen Steuerungsfunktionen
 - ein Home Server oder Media Server für Audio-/Video-Anwendungen

Eine Integration der Steuerungsfunktionen in den Home Server wird sowohl vom Planer, wie auch vom Bauherrn als riskant angesehen.

- Aktive Energieverwaltung der Server: Die Möglichkeiten des Home Servers sind zur Zeit nicht bekannt und der Server resp. PC für die Steuerung ist noch nicht definiert. Die in den Workshops gemachten Empfehlungen betreffend Energieverwaltung bleiben grundsätzlich bestehen (aktive Energieverwaltung, bei Nichtbenutzung herunterfahren in Ruhezustand). Der Steuerungs-PC wird allerdings für die Messdatenerfassung benützt und wird rund um die Uhr laufen müssen. Bei der Beschaffung soll auf eine möglichst tiefe Stromaufnahme geachtet werden.
Andererseits soll abgeklärt werden, ob der Home Server z. B. durch eine „good night“-Funktion der Steuerung nachts ausgeschaltet werden kann.
- Eine USV-Anlage ist nicht vorgesehen.
- Übrige Geräte der Audio-/Video-Versorgung: Auch hier wäre ein Ausschalten über eine „good night“ resp. eine „good bye“-Funktion denkbar.
- „Weisse Ware“ (Waschen, Kochen, Kühlschrank): Vom Hausherrn wurden die untenstehenden Geräte ausgewählt. Mit Ausnahme des Tumblers handelt es sich um Geräte der besten Effizienzklassen. Beim Tumbler ist die beste Klasse nur mit einer Wärmepumpen-Ausführung erreichbar, allerdings zu einem deutlich höheren Preis.
 - Waschmaschine: VZUG Adora S Effizienzklasse A ⁵
 - Tumbler: VZUG Adora TL Effizienzklasse C
 - Kühlschrank mit Gefrierfach VZUG De Luxe Effizienzklasse A+
 - Geschirrspüler VZUG Adora S Effizienzklasse A
 - Backofen VZUG Microbraun SLP Effizienzklasse A

⁵ Seit dem 1. Januar 2002 besteht bei den grösseren Haushaltgeräten eine Deklarationspflicht für die Energieeffizienz. Bei Tumbler und Kühlschränken wird nur die Energieeffizienz bewertet, bei Waschmaschinen und Geschirrspülern zudem die Reinigungswirkung und der Wasserverbrauch. A ist jeweils die beste Note, G die schlechteste. Kühlschränke erfüllen heute fast durchwegs die Anforderungen der Klassen A und B, daher wurde die Skala erweitert mit den Klassen A+ und A++. Für weitere Informationen siehe www.energieetikette.ch

- Lampen: Einige Niedervolt-Halogenlampen wurden aus dem Konzept eliminiert. Diese Lampen haben zwar eine bessere Energieeffizienz als Glühlampen, bleiben aber immer noch weit unterhalb der Leuchtstoff-Lampen, resp. Energiesparlampen (z.B. Lampe mit 700 Lumen Lichtstrom: Glühlampe 60 W, Niedervolt-Halogenlampe 35 W, Sparlampe 15 W). Wenn schon Niedervolt-Halogenlampen eingesetzt werden, so sollten Ausführungen mit *Infrared Coating (IRC)* verwendet werden. Bei diesen Modellen ist die Lichtausbeute ca. 30% höher. Im Konzept verbleiben noch mehr als 10 dimmbare Steckdosen resp. Anschlussstellen für Deckenlampen. Die dafür benötigten elektronischen Dimmer sind nur für Widerstandslasten geeignet, d.h. der Einsatz von Energiesparlampen ist definitiv verbaut. Wir empfehlen dem Hausherrn, die Notwendigkeit der dimmbaren Beleuchtung noch einmal zu hinterfragen. Vom energetischen Standpunkt her ist eine gedimmte Beleuchtung nicht optimal. Besser ist es, die Beleuchtungsstärke in einem Raum durch zu- und wegschalten von einzelnen Leuchten zu regulieren. So können auch Sparlampen verwendet werden, die rund 75% weniger Energie benötigen als Glühlampen.

3.4 Konzept Energie-Controlling, Messausrüstung

Für die Messung der Energiebezüge von Gas, Wasser und Strom können direkt die Zähler der *Industriellen Betrieb Chur (IBC)* verwendet werden. *IBC* stellt kostenlos drei Übergaberelais zur Verfügung. Die Impulse werden über EIB-Koppler erfasst und auf dem Steuerungs-Server als Zählerstände aufsummiert. Die so erfassten Zählerstände sind über den Web-Server und das hausinterne Ethernet an jedem PC und Anzeigegerät im Gebäude ablesbar.

Für die Analyse werden die Zählerstände monatlich in ein käufliches Energiebuchhaltungsprogramm übertragen.⁶

Unterzähler für den Waschraum und die Küche wurden während der Planung angeregt, hatten bei der Realisierung jedoch keine genügende Priorität und wurden weggelassen.

⁶ Energiebuchhaltungsprogramm CEBU, <http://www.encontrol.ch/cebu>

4 Analyse des Energiebezugs

4.1 Datenaufnahme im Gebäude

Im Januar 2005, also drei Monate nach Bezug des Hauses, wurde eine komplette Aufnahme der Elektrogeräte durchgeführt (siehe Anhang 4). Die Geräte sind nach ihrer Nutzung gegliedert in die Bereiche:

- Weisse Ware (Haushaltgrossgeräte, wie Kochen / Backen, Kühlen / Gefrieren, Waschen / Trocknen, Geschirrspülen, inkl. Dampfabzug, Kaffeemaschine und Küchengeräte)
- Beleuchtung
- Unterhaltung und Kommunikation
- Klima (Heizung, Lüftung)
- Sicherheit (Schliessanlage, Brandmelder, WEB-Kameras und Bewegungsmelder draussen)
- Pflege und Gesundheit (Nähen, Bügeln, Badezimmer-Ausstattung, Bodenreinigung, Rasenpflege)
- Home Office (nicht für Berufsarbeit)
- Zentrale Steuerung

Der Energiebezug wurde abgeschätzt für die Betriebszustände Normalbetrieb und Standby, wobei der Begriff Standby im Sinne von Bertoldi et al. (2002) verwendet wird: „Standby Energie ist die Energie, die von elektrischen Endgeräten bezogen wird, wenn sie ausgeschaltet sind oder nicht ihre Hauptfunktion ausüben.“⁷

Für jedes Gerät wurden die Nutzungsdaten von den Bewohnern angegeben. Die Leistungsaufnahme wurde aus verschiedenen Quellen zusammengetragen:

- Eigene Messungen vor Ort, speziell für die Standby-Leistungsaufnahme
- Typenschildangaben
- Technische Daten der Geräte aus der Benutzerdokumentation oder aus Herstellerangaben, die im Internet bereitgestellt werden.
- Telefonische Rückfragen bei den Herstellern oder beim Vertrieb.

4.2 Zählerdaten

Erst wenige Wochen vor dem Bezug des Objektes fand ein Wechsel beim Planer der zentralen Steuerung statt. Die Detailplanung der EIB-Komponenten fand unter grosstem Zeitdruck statt. Dabei erhielt der Wunsch nach einer automatischen Zählerauslesung eine tiefe Priorität und wurde auf den Bezugstermin nicht realisiert. Erst mit zweimonatiger Verspätung wurde schliesslich mit einer Handablesung der Zähler begonnen. Somit stehen heute die Zählerdaten zum Bezugstermin, sowie die Monatswerte ab Ende Dezember zur Verfügung (grafische Darstellung siehe Anhang 5).

⁷ Bertoldi P. et al. (2002): „Standby power, as defined in this paper, is the electricity consumed by end-use electrical equipment when it is switched off or not performing its main function.“

4.2.1 Jahresbezug Wasser

Als Basis für die Jahreswerte werden die Monate Januar bis Juni 2005 gewählt. Im letzten Quartal 2004 wurden die Zähler noch nicht monatlich abgelesen.

Der Wasserzähler wurde im Dezember 2004 ausgewechselt, dadurch entstand eine Erfassungslücke für die Monate Dezember 2004 und Januar 2005. Nimmt man für diese Monate einen Bezug von 12 m³ an, was den Werten von November 2004 und Februar 2005 entspricht, so ergibt sich ein Halbjahresbezug von 128 m³ oder ein Jahreswert von 256 m³, entsprechend 175 Liter pro Person und Tag.

4.2.2 Jahresbezug Gas

Der Gasbezug im betrachteten Zeitraum (Januar bis Juni 2005) beläuft sich auf 1'070 m³ oder 10'110 kWh. Der Jahreswert ergibt sich zu 20'210 kWh oder 72'760 MJ, entsprechend einer Energiekennzahl von 371 MJ/m².a (inkl. Warmwasseraufbereitung). Diese Zahl entspricht sehr genau der geschätzten Energiekennzahl, die sich aus dem Energienachweise nach SIA 380 ergibt, mit Berücksichtigung der Komfortlüftung (vgl. Kap. 2).

4.2.3 Jahresbezug Strom

Im Zeitraum Januar bis Juni 2005 wurden 4'117 kWh bezogen, was umgerechnet auf ein Jahr einen Wert von 8'234 kWh ergibt.

4.3 Analyse nach Gerätegruppen

Eine Analyse des Strombezuges nach Gerätegruppen soll Auskunft geben, welche Anteile des totalen Strombezuges für die verschiedenen Bereiche benötigt werden, und welche Bereiche im untersuchten Objekt gegenüber einem unvernetzten Haushalt dazukommen.

Eine direkte Messung pro Gerätegruppe ist nicht möglich. Dazu müsste die Hausinstallation von Grund auf speziell ausgelegt sein. Beim Verlegen der Leitungen müssten z. B. Steckdosen und Licht konsequent getrennt werden, was mit grossen Mehrkosten verbunden wäre. Stattdessen wird der Strombezug anhand der erhobenen Daten gemäss Anhang 4 abgeschätzt. Mit den erfragten Nutzungsdaten (Betriebszeiten und / oder Anzahl Anwendungen) und der Leistungsaufnahme pro Gerät kann der jährliche Strombezug jedes Gerätes für sich berechnet werden. Daraus kann wiederum der Strombezug pro Gerätegruppe bestimmt werden.

Als Kontrolle wird der totale errechnete Strombezug mit dem gemessenen Wert gemäss Zähler verglichen. Die Berechnung ergibt ein Total von 8'750 kWh, liegt also um rund 6% höher als die Zählererfassung. Diese geringe Abweichung bestätigt das Berechnungsmodell und damit auch die berechneten Strombezüge für die einzelnen Gerätegruppen. Wir gehen davon aus, dass sich die Abweichung proportional auf alle Gerätegruppen verteilt.

Fig. 4-1 enthält eine Übersicht des Strombezuges für die verschiedenen Kategorien. Dabei wird zusätzlich zwischen Normalbetrieb und Standby unterschieden. Im Anhang 6 ist eine Grafik aller Einzelgeräte mit einem Jahresbezug über 30 kWh enthalten. Die einzelnen Zahlenwerte sind in den Tabellen des Anhangs 4 enthalten.

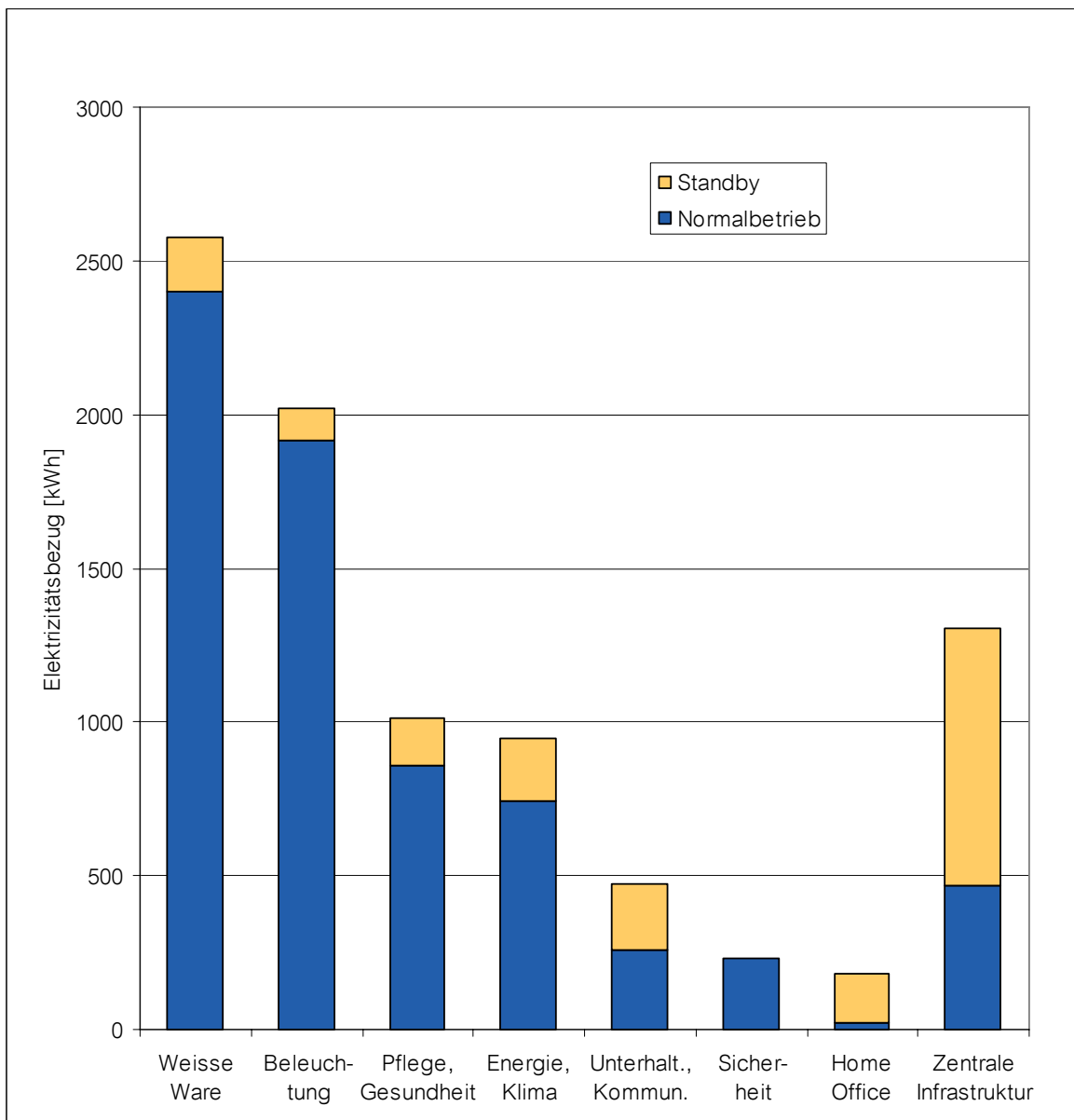


Fig. 4-1 Jahresbezug nach Gerätegruppen

4.3.1 Weisse Ware

Die Weisse Ware hat auch in einem modernen und vernetzten Objekt, wie dem Smarthome, den grössten Strombezug aller Gerätekategorien (2600 kWh). Diese Zahl entspricht recht genau dem Wert, der für das FutureLife-Haus für einen anzustrebenden energieoptimierten Zustand angegeben wurde. Gegenüber einem klassischen Haushalt vor 15 Jahren ist der Wert um knapp 10% tiefer (vgl. Huser & Aebischer 2002).

Mit Ausnahme des Tumblers liegen alle neuen Haushalt-Grossgeräte in der Effizienzklasse A oder darüber. Beim Tumbler wurde auf ein Gerät mit Wärmepumpe verzichtet, die Effizienzklasse ist C. Zusätzlich zum Tiefkühlgerät in der Küche wurde eine ältere Gefriertruhe im Keller beibehalten, die der Effizienzklasse B entspricht.

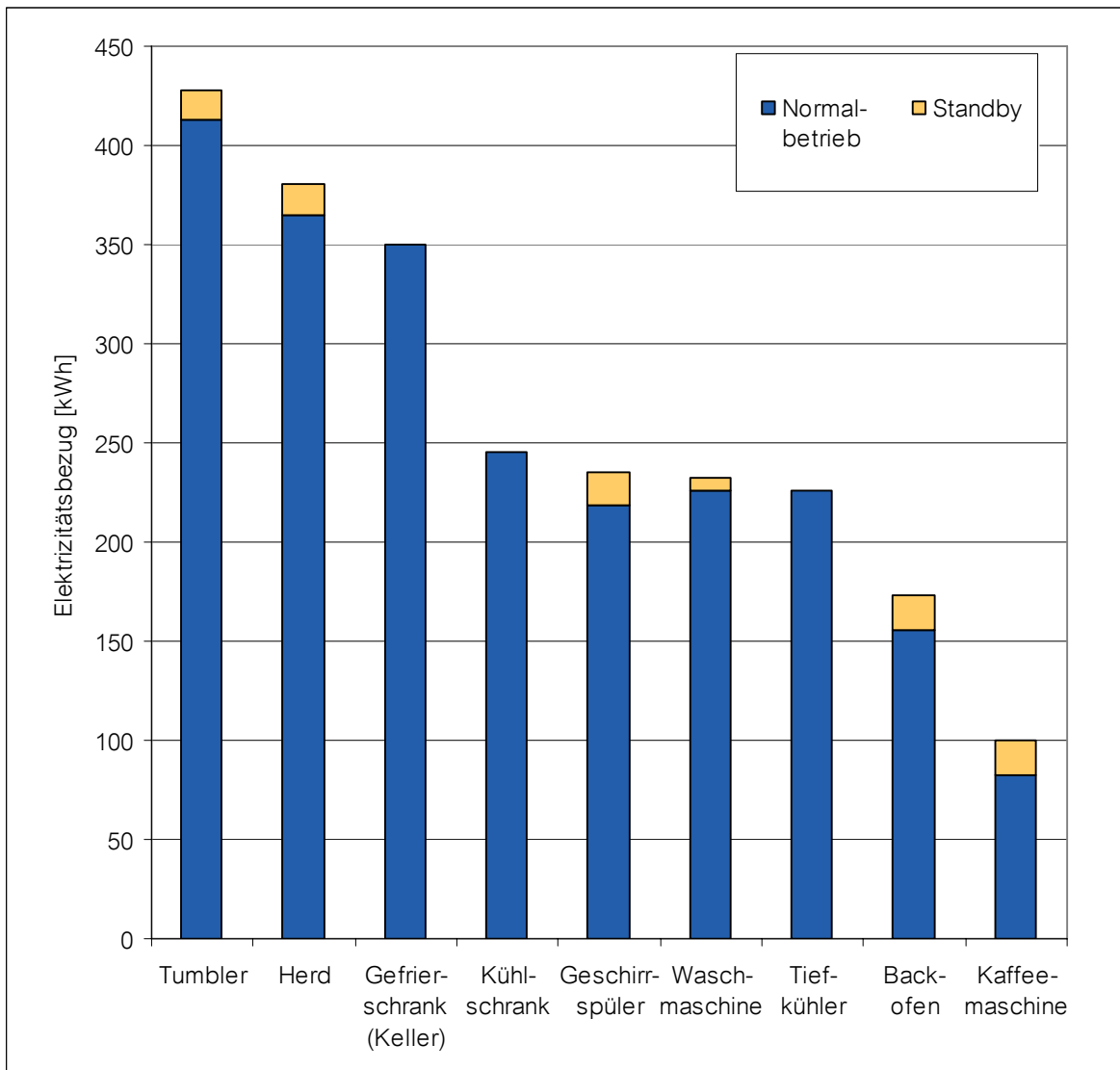


Fig. 4-2 Geräte der Kategorie Weisse Ware

Bei den Kühl- und Tiefkühlgeräten besteht die Hauptfunktion im Kühlhalten des Inhaltes. Sie erfüllen dauernd ihre Hauptfunktion und haben daher keinen Standby-Betrieb. Die übrigen Geräte, wie Waschmaschine, Tumbler, Backofen etc. sind jedoch alle während einem Grossteil der Zeit im eigentlichen Sinne ausgeschaltet. Die elektronischen Komponenten, wie Anzeigen oder Uhren, beziehen jedoch dauernd Strom und verursachen so einen Standby-Energiebedarf. Bei den Grossgeräten ist die Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb mit 0,8 bis 2,0 W durchwegs tief.

Für den Backofen wurde eine Anbindung per WLAN⁸ an den Web-Server realisiert. Der Backofen-Hersteller kann so Benutzungsarten und -zeiten über das Internet abfragen. Realisiert wurde die Verbindung mit zwei, zum Backofen und Server externen, Funk-Modems. Die Geräte verfügen über keine energiesparenden Ruhezustände und laufen täglich 24 Stunden mit konstanter

⁸ Wireless Local Area Network, drahtloses lokales Netzwerk

Leistungsaufnahme. Da die meiste Zeit keine Daten übertragen werden, wurde der ganze Energiebezug dem Standby-Betrieb zugeordnet.

Nicht zu vernachlässigen ist auch die Kaffeemaschine, die ebenfalls in diese Gerätegruppe eingeteilt wurde. Mit geschätzten 100 kWh pro Jahr bezieht sie immerhin halb so viel Strom, wie der Backofen. Die Kaffeemaschine wird nach der Benützung ausgeschaltet und läuft nur ca. 1,5 Stunden pro Tag, was den Standby-Anteil auf knapp 20% begrenzt. Im schweizerischen Durchschnitt liegt dieser Wert bei über 50% (Nipkow & Bush 2003).

Der Standby-Anteil für die ganze Gerätegruppe beträgt knapp 7%. Betrachtet man nur die Grossgeräte, die ursprüngliche „Weisse Ware“, ohne Kaffeemaschine und WLAN-Modems, so sinkt der Wert auf 3%.

4.3.2 Beleuchtung

Im Keller wurden konsequent Bewegungsmelder und Leuchtstofflampen eingesetzt, was eine sehr energieeffiziente Beleuchtung ergibt. Im Wohnbereich sind dagegen viele Halogen- und Glühlampen im Einsatz (34 Niedervolt-Halogenlampen, 8 Glühlampen, 1 Hochvolt-Halogenlampe). Auch bei sehr moderaten Benützungzeiten ergibt sich so ein hoher Strombezug für die gesamte Beleuchtung. Gegenüber einem durchschnittlichen Schweizer Haushalt vor 15 Jahren ist der Strombezug für diese Kategorie auf mehr als das Vierfache angestiegen (siehe auch Kapitel 5).

Die Beleuchtung ist über den *EIB*⁹ gesteuert. Die dazu notwendigen Taster, Bewegungsmelder und Schaltaktoren werden über das EIB-Kabel auf einem tiefen Gleichspannungsniveau von 29 V bei einer Stromaufnahme von 4 bis 10 mA pro Knoten versorgt. Dimmer und Schaltaktoren haben zusätzlich einen Eigenbedarf ab 230 V-Netz. Berechnet man den totalen Energiebezug für diese Steuerelemente, so ergibt sich ein Wert von 200 kWh oder 10% des Strombedarfes für die Beleuchtung (vgl. Fig. 4-3)¹⁰.

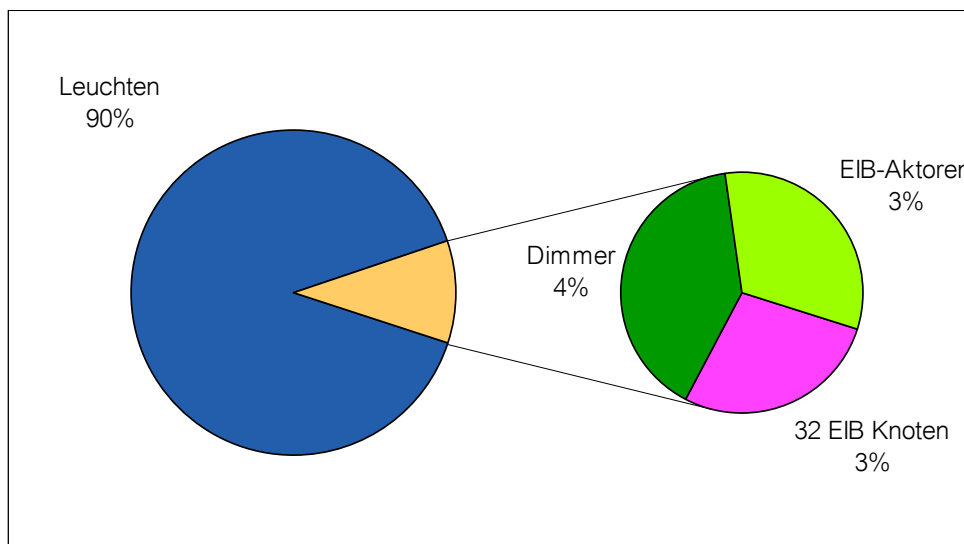


Fig. 4-3 Energiebezug für Beleuchtung

⁹ European Installation Bus

¹⁰ Energiebezug ab 230 V: Berechnung basierend auf Datenblattangaben in VA (Scheinleistung). Nach Aussage des Herstellers kann die Leistungsaufnahme in W dem Datenblattwert in VA gleichgesetzt werden.

4.3.3 Pflege und Gesundheit

Mit über 1000 kWh pro Jahr gewinnt hier eine Kategorie an Bedeutung, die noch vor 15 Jahren völlig unbedeutend war. Drei Geräte machen über 85% des Strombezuges dieser Kategorie aus:

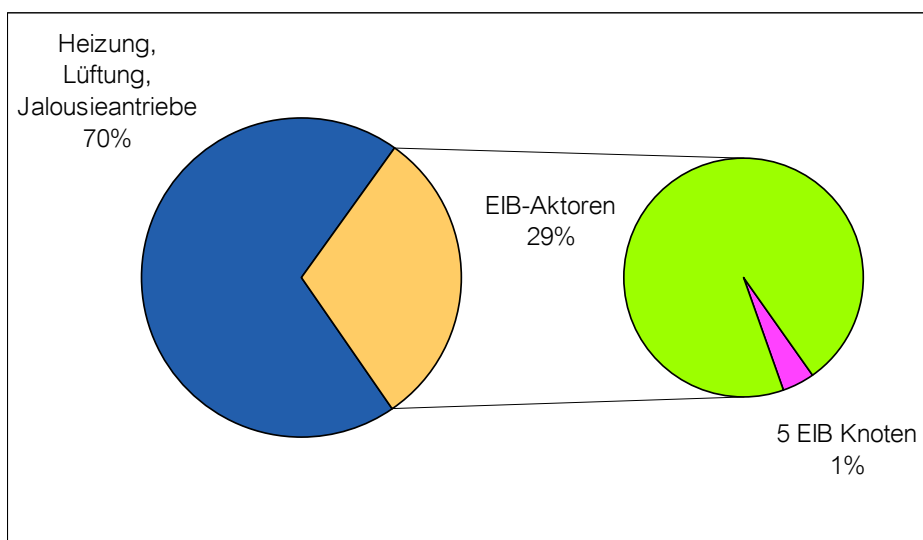
- Zentralstaubsauger: Eine Leistungsaufnahme von 2400 W während ½ Stunde täglich ergibt einen Jahresbezug von beinahe 450 kWh. Das ist der zweithöchste Wert eines Einzelgerätes in diesem Haushalt, vor allen klassischen Haushalt-Grossgeräten.
- Hemd-Bügelmaschine: Vom Hersteller Siemens wurde der Familie Rest eine neuartige automatische Hemd-Bügelmaschine, vergleichbar einer aufblasbaren Büste, zur Verfügung gestellt. Eine Anschlussleistung von 2100 W während 2 Stunden pro Woche ergeben 220 kWh pro Jahr.
- Closomat: Ein integrierter Boiler temperiert das Dusch-Wasser und bezieht dauernd 12,5 W, was einem Tageswert von 0,3 kWh entspricht. Bei durchschnittlicher Benützung steigt der Bezug auf 0,6 kWh pro Tag, oder gut 210 kWh pro Jahr (25 Tage Abwesenheit eingerechnet).

4.3.4 Energie und Klima

Nennenswerte Strombezüger sind das Gas- Wandheizgerät und die Komfortlüftung. Beim Heizgerät ist die Umwälzpumpe direkt im Gehäuse integriert. Eine einzige Pumpe bedient wahlweise die Wärmeverteilung und den Beistellboiler und läuft bedarfsgesteuert.

Die Komfortlüftung lief anfangs Jahr auf der ersten Stufe, die normalerweise dem Ferienbetrieb entspricht. Nach üblicher Auslegung würde die Lüftung auf der zweiten Stufe bei doppelter Leistung betrieben, da es aber bisher zu keiner Geruchsbelästigung kam, kann die Anlage auch weiterhin auf der ersten Stufe arbeiten.

Die Steuerung der Lüftung und der Jalousien läuft über Aktoren am *EIB*. Wie bei der Beleuchtungssteuerung werden auch diese Aktoren vom EIB-Kabel her versorgt und beziehen zusätzlich Strom vom 230 V-Netz. Mit total 28 Kanälen ist die Jalousiesteuerung recht umfangreich und der Anteil des Eigenbedarfes der Aktoren und EIB-Knoten beträgt hier 30% (vgl. Fig. 4-4)¹¹.



¹¹ Energiebezug ab 230 V: Berechnung basierend auf Datenblattangaben in VA (Scheinleistung). Nach Aussage des Herstellers kann die Leistungsaufnahme in W dem Datenblattwert in VA gleichgesetzt werden.

Fig. 4-4 Elektrizitätsbezug für Heizung und Klima

4.3.5 Unterhaltung und Kommunikation

Der Strombezug dieser Kategorie ist mit 480 kWh relativ gering und deutlich tiefer, als im früher untersuchten *FutureLife*-Haus mit 640 kWh. Zwei Gründe sind dafür verantwortlich:

- Die Familie Rest schaltet Audio- und TV-Geräte nach der Benutzung konsequent über den Ein-/Ausschalter aus.
- Einige Geräte, die auch der Unterhaltung und Kommunikation dienen, sind in der Gruppe „Zentrale Infrastruktur“ zusammengefasst, so etwa das ADSL-Modem und der Multimedia-Server, der auch als TV-Empfänger dient. Die Gründe für diese Zuordnung sind weiter unten erwähnt (vgl. Kapitel 4.3.8).

Der grösste Energiebezug in dieser Kategorie entfällt auf den Beamer. Trotz einer Benutzungszeit von lediglich 2 Stunden pro Tag liegt er in der Rangliste der grössten Energiebezüger vor einigen Haushalt-Grossgeräten, wie Kühlschrank, Tiefkühlschrank, Geschirrspüler und Waschmaschine. Grund dafür ist die hohe Leistung im Normalbetrieb (280 W) sowie die relativ hohe Leistungsaufnahme von 7 W im Standby.

Die Einteilung in Standby und Normalbetrieb ist bei einigen Geräten nicht zweifelsfrei möglich. Die folgende Abgrenzung wurde vorgenommen:

- Schnurlose Telefone: Die Leistungsaufnahme der Ladestation ist mit und ohne aufgesetztes Telefon konstant. Die gesamte Energieaufnahme wird dem Standby-Betrieb zugeordnet.
- Telefonbeantworter: Um seine Funktion zu erfüllen, muss der Beantworter dauernd in Betrieb sein. Analog einem PC mit Netzwerkkarte könnte aber auch ein Beantworter die meiste Zeit in einem energiesparenden Ruhezustand verharren und erst bei einem eingehenden Anruf in den Normalzustand aufwachen. Daher wurden mehr als 8000 Jahresstunden als Standby bewertet und nur eine Stunde pro Tag als Normalbetrieb.

Eine sehr tiefe, resp. nicht messbare Standby-Stromaufnahme haben Radio Receiver, Basslautsprecher und das TV-Gerät im Untergeschoss, vergleichsweise hohe Werte DVD-Recorder, Netzwerk-Receiver und wie bereits erwähnt der Beamer.

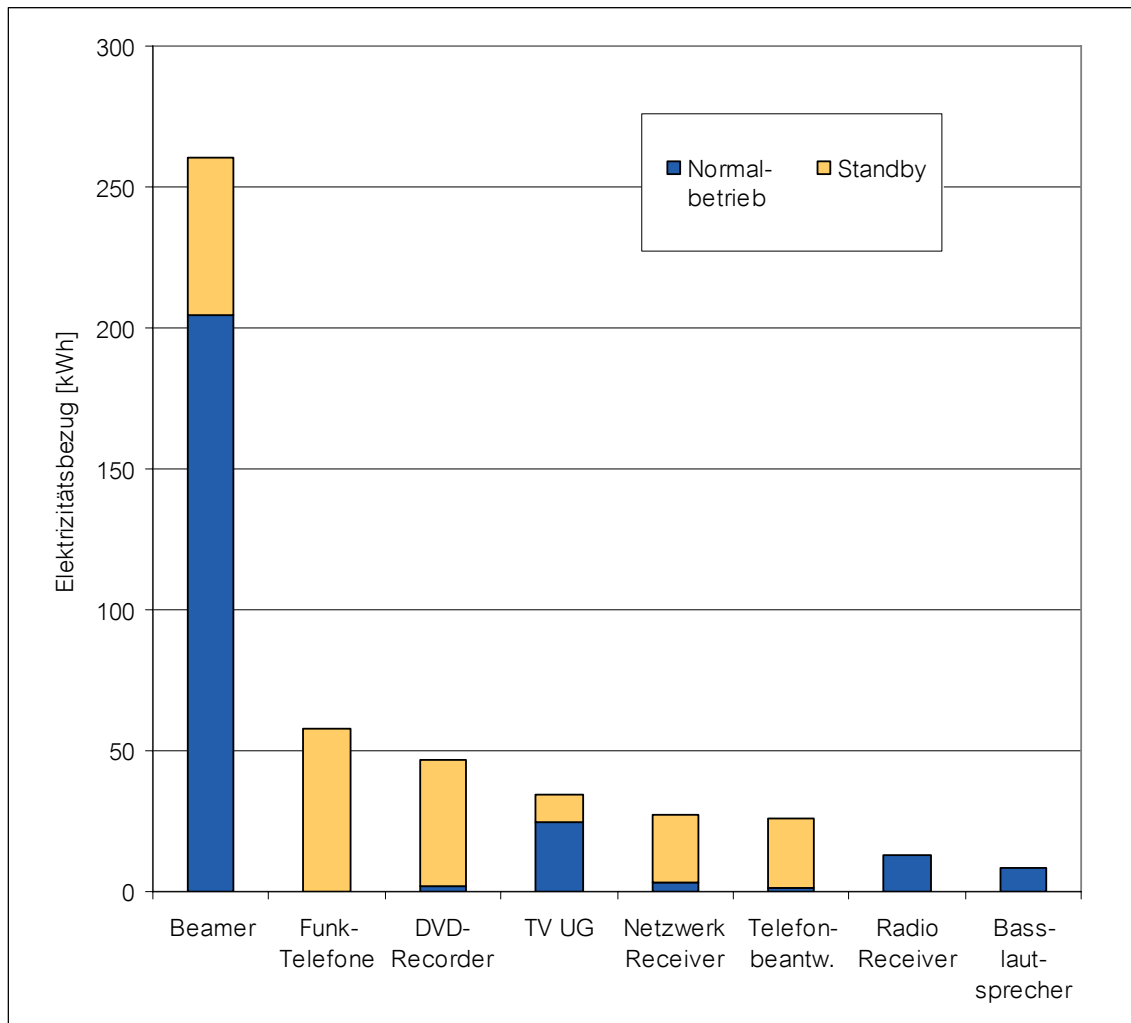


Fig. 4-5 Geräte für Unterhaltung und Kommunikation

4.3.6 Sicherheit

Der Strombezug für diese Kategorie ist vergleichsweise gering (210 kWh). Auch hier wird die zentrale Infrastruktur genutzt, deren Bezug gesondert berechnet wurde (vgl. Kapitel 4.3.8). So ist auch die Funktionalität einer Alarmanlage zu 100% in die *EIB*-Steuerung integriert und bleibt für diese Gerätekategorie ohne Auswirkung.

Den grössten Einzelanteil verursachen mit knapp 160 kWh die drei Web-Kameras zur Überwachung der Eingangstüre und der Verandatüren.

Einige Geräte sind mit Batteriespeisung versehen, so z. B. die Rauchmelder und die elektronischen Türschlösser. Der Strombezug dieser Komponenten ist sehr gering und wird hier vernachlässigt.

4.3.7 Heimbüro

Das Heimbüro wird ausschliesslich für private Zwecke und eher selten genutzt ($\frac{1}{2}$ Stunde pro Tag). Die meisten Geräte sind von Hand ausgeschaltet, aber nicht vom Netz getrennt. Dadurch ergibt sich ein hoher Anteil des Standby-Betriebes von knapp 90%.

Den grössten Energiebezug dürfte das Netzteil des Laptop verursachen, das dauernd eingesteckt bleibt. Die Messung vor Ort ergab eine Leistungsaufnahme von 11,5 W bei ausgeschaltetem Laptop. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Batterie zu diesem Zeitpunkt nicht vollständig geladen war und die Stromaufnahme durch die Batterieladung erhöht wurde.

4.3.8 Zentrale Infrastruktur

In dieser Kategorie sind alle Geräte zusammengefasst, die für die interne Vernetzung des Gebäudes und die Anbindung an die Aussenwelt notwendig sind. Im einzelnen sind dies die folgenden Geräte:

- Web-Server resp. Multimedia-Server: Internet- und Mail-Funktionen, TV-Empfang, Editieren und archivieren von Audio- / Video-Daten
- ADSL¹²-Modem für die Internet-Anbindung des obigen Servers
- Server der EIB-Steuerung: Steuerung von Beleuchtungsszenen und anderen komplexeren Steuerungsabläufen, Visualisierung der Steuerung, Aufsummierung der Zählerimpulse von den Energiezählern (Strom, Gas, Wasser)
- Esszimmer PC für Bedienung und Visualisierung der Steuerungsfunktionen, TV-Empfang
- Ethernet-Switch für die Haus interne Vernetzung der Server und PC
- Zentrale Stromversorgung der EIB-Komponenten

Viele Funktionen des *Smarthomes* sind untrennbar mit der zentralen Infrastruktur gekoppelt. Der Austausch von Audio- / Videodaten für die Unterhaltung läuft über den zentralen Server, Alarmierungssignale für die Gebäudesicherheit laufen über die EIB-Steuerung, für das Heimbüro dient der zentrale Server als Datenablage usw. Es macht wenig Sinn und wäre mit vielen Abgrenzungsproblemen verbunden, den Energiebezug dieser zentralen Infrastruktur auf die übrigen Verbraucher-Kategorien aufzuteilen.

Ein weiterer Aspekt spricht dafür, die zentrale Infrastruktur als eigene Verbraucher-Kategorie zu führen. Für die Bewohner sollten diese Geräte möglichst in den Hintergrund treten, sie sind interessiert an Dienstleistungen und Funktionen, nicht an den Geräten selbst. Die Infrastruktur muss einwandfrei laufen und die gewünschte Funktionalität bieten, die Realisierung bleibt weitestgehend den Planern und Technikern überlassen

Eine Studie der Europäischen Kommission (Homega Research 2004) zieht den Vergleich mit modernen Personenwagen: Verschiedene Funktionen, wie z. B. die zentrale Verriegelung und Öffnung der Türen, eine Armaturenbrett-Anzeige bei fälligem Service, automatische Regelung von Heizung und Klimaanlage für eine konstante Innentemperatur usw. haben bei Modellen mit einem gehobenen Standard schon eine weite Verbreitung gefunden. Trotzdem werden diese Fahrzeuge nicht als „intelligente“ oder „vernetzte“ Fahrzeuge bezeichnet. Die wenigsten Käufer verstehen oder interessieren sich überhaupt für die technische Realisierung dieser Funktionen.

Um hier einen Anstoss in Richtung einer besseren Energieeffizienz zu geben, wurden die wichtigsten Erkenntnisse der vorliegenden Studie in einer Planungshilfe für die Systemplaner zusammengefasst (vgl. Kapitel 9).

¹² Asymmetric Digital Subscriber Line, in der Schweiz verbreitete Anschlusstechnik für Breitband Kommunikation über den Telefonanschluss

Der Strombezug der zentralen Infrastruktur beträgt knapp 1300 kWh pro Jahr. Nach der Weissen Ware und der Beleuchtung ist das der drittgrösste Wert. Der absolut grösste Strombezug eines Einzelgerätes im Haushalt entfällt auf den Web-Server mit über 700 kWh pro Jahr, wovon über 80% im Standby-Betrieb¹³. Auch andere Geräte dieser Kategorie haben hohe Standby-Anteile, was darauf hindeutet, dass ein Energiemanagement nicht vorhanden oder nicht genutzt ist.

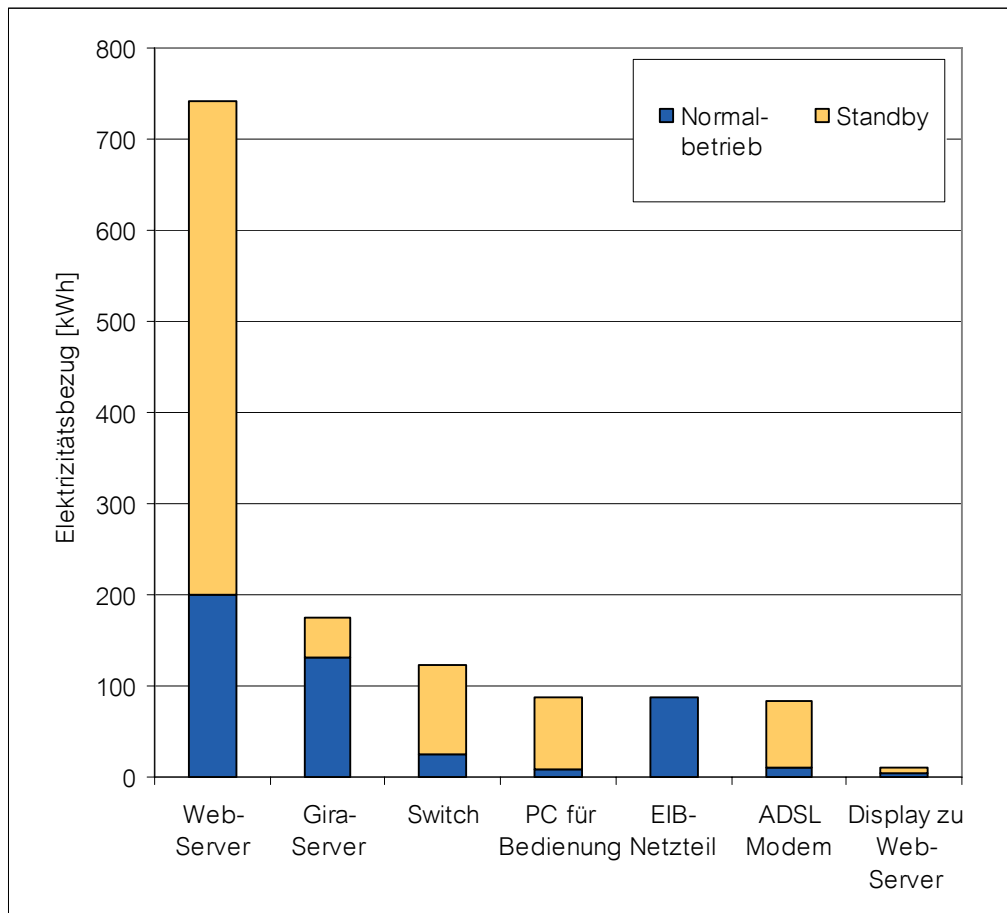


Fig. 4-6 Geräte der Zentralen Infrastruktur

Im Vergleich mit dem *FutureLife*-Haus, wo die zentrale Infrastruktur über 10'000 kWh pro Jahr benötigte, sind hier schon einige wichtige Verbesserungen eingeflossen. So konnte auf eine *USV*¹⁴-Anlage verzichtet werden. Beide Server können nach einem Stromausfall problemlos wieder hochfahren. Die Geräte des *EIB* sind über eine Batterie auf tiefem Gleichspannungsniveau bei sehr geringer Verlustleistung gestützt. Dieses Batteriepufferung ist notwendig, da gewisse Funktionen der Alarmierung über den *EIB* laufen.

Trotzdem bestehen noch verschiedene Möglichkeiten zur Energieoptimierung:

¹³ Der Server geht nicht in einen eigentlichen Ruhe- oder Standby-Zustand über (s. a. Abschnitt 4.4.1). Für die Berechnung des Standby-Energiebezuges wird davon ausgegangen, dass der Server während 19 Stunden pro Tag nicht genutzt wird. Die Energieaufnahme während dieser Zeit wird als Standby-Energie bewertet.

¹⁴ Unterbrechungslose Stromversorgung

- Energiemanagement nutzen: Sowohl der Web-Server, wie auch der PC im Esszimmer verfügen über ein wirkungsvolles Energiemanagement, das allerdings nicht genutzt wird. Der Web-Server kann zwar über die Bedienungsfläche in einen Standby- und einen Ruhezustand versetzt werden, ein Aufwecken z.B. vom PC im Esszimmer aus ist aber nicht mehr möglich. Wenn nur schon beim Web-Server und beim Esszimmer PC die vorhandenen Standby-Funktionen konsequent genutzt würden, so könnte der Strombezug für diese Kategorie beinahe halbiert werden (vgl. Fig. 4-7).
- universeller Server: Planer und Bauherr haben sich für eine Lösung mit je einem spezialisierten Server für den Multimedia-Bereich und die Steuerung entschieden. So konnte auf bewährte und kostengünstige Geräte zurückgegriffen werden. Unter dem Aspekt der Leistungsfähigkeit wäre der Multimedia-Server sicher in der Lage, auch die Funktionen des Steuerungsservers zu übernehmen. Der Strombedarf des Steuerungsservers könnte so vollständig eingespart werden. Allerdings dürfte die Integration der Steuerungsfunktionen in den Multimedia-Server mit grösseren technischen Aufwendungen verbunden sein. Dieses Kosten-Risiko wollten Bauherr und Planer nicht eingehen.
- *Ethernet*-Switch und *ADSL*-Modem sind dauernd in Betrieb und verfügen nicht über ein Energiemanagement. Geräte mit Energiemanagement sind allerdings nicht bekannt. Wenn die Vernetzung der Haushalte weiter fortschreitet, sollten Entwicklungsanstrengungen in dieser Richtung unternommen werden. Die Europäische Kommission erarbeitet zur Zeit eine freiwillige Vereinbarung, einen sogenannten *Code of Conduct*, mit den Herstellern solcher Geräte.¹⁵

¹⁵ Meeting on Energy Consumption of Broadband Communication Equipment and Networks, 23 May 2005, <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int> , → Standby loads

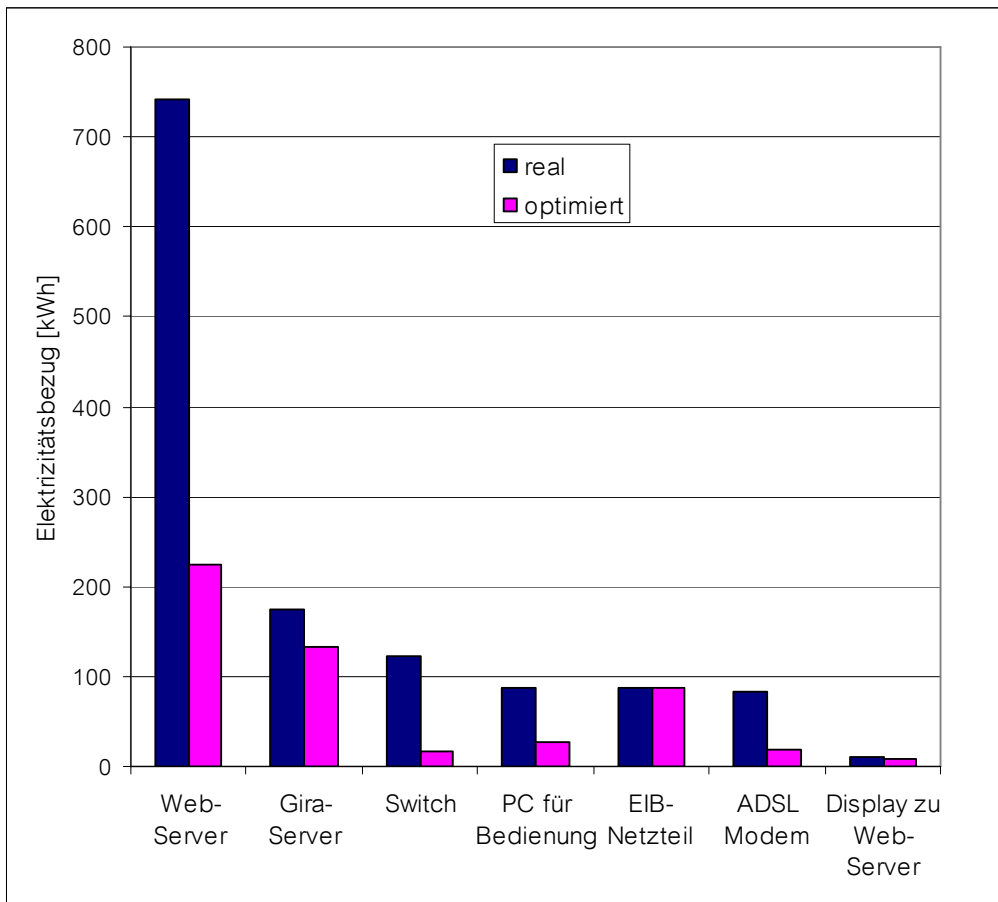


Fig. 4-7 Zentrale Infrastruktur: Energiemanagement bei Server und PC genutzt

4.4 Analyse nach Betriebsart

Verschiedene Studien, die sich mit dem Energiebezug von Geräten der Informations- und Kommunikationstechnologie befassen, unterscheiden vier Betriebsarten (vgl. Cremer et al. 2003):

- Normalbetrieb: das Gerät erfüllt seine Hauptfunktion
- Bereitschaftsbetrieb: das Geräte erfüllt noch mindestens eine Funktion, jedoch nicht seine Hauptfunktion
- Schein-Aus-Betrieb: das Gerät erscheint ausgeschaltet, bezieht aber trotzdem noch Energie
- Aus: das Gerät bezieht keine Energie mehr

Mit dieser Unterscheidung sind sehr detaillierte Angaben zum Energiebezug eines Gerätes möglich und Schwachstellen, z.B. durch eine unnötig hohe Leistungsaufnahme im scheinbar ausgeschalteten Zustand lassen sich feststellen. In der Praxis ist es allerdings schwierig, verlässliche Daten für die Leistungsaufnahme, speziell im Bereitschafts- und im Schein-Aus-Betrieb zu beschaffen. In der vorliegenden Studie mit über 100 Einzelgeräten wurde auf diese detaillierte Unterscheidung verzichtet.

Stattdessen wird nur zwischen Normalbetrieb und Standby unterschieden. Der Begriff Standby wird dabei im Sinne von Bertoldi et al. (2002) verwendet, wonach Standby-Energie diejenige

Energie ist, die von elektrischen Endgeräten bezogen wird, wenn sie ausgeschaltet sind oder nicht ihre Hauptfunktion ausüben¹⁶.

Standby-Betrieb kann auf unterschiedliche Art entstehen, z. B. durch den automatischen Übergang in einen Standby- oder Ruhezustand bei PC oder Laptop oder durch eine manuelle Bedienung am Gerät selbst (z.B. Aus-Schalter am DVD-Recorder). Auch ein normal eingeschaltetes Gerät, das nicht über ein Energiemanagement verfügt, kann sich in Bezug auf seine Funktionalität in einem Standby-Zustand befinden, nämlich dann, wenn es zu gewissen Zeiten nicht benutzt wird und keine Dienstleistung erbringt. Als Beispiel kann das ADSL-Modem erwähnt werden, das dauernd in Betrieb ist, aber während eines Grossteils des Tages keinen Datenaustausch zu bewerkstelligen hat.

Quer über die obigen Verbraucher-Kategorien können mehrere Arten des Standby-Energiebezugs identifiziert werden:

- Haushalt-Grossgeräte mit eingebauten Displays, Zeituhren
- Geräte mit eingebauten Boilern, die warmgehalten werden (Kaffeemaschine, Closomat)
- Geräte der Unterhaltungselektronik mit eingebauten Netzteilen ohne eigentlichen Netzschalter (Beamer, DVD-Recorder etc.)
- Elektro-Kleingeräte mit Steckernetzteilen (schnurlose Telefone, elektrische Zahnbürsten)
- PC und Server mit Energiemanagement
- Geräte der IT-Vernetzung ohne Energiemanagement (Switch, Modem)
- *EIB*-Knoten mit Bezug ab 29 V Gleichspannung
- *EIB*-Aktoren mit Eigenbezug ab 230 V Netz

Im Rahmen dieser Studie interessieren in erster Linie die Geräte, die mit der zentralen Steuerung in direktem Zusammenhang stehen. Der Standby-Energiebezug wird für diese Geräte nachfolgend weiter besprochen.

4.4.1 PC und Server

Sowohl der Web-Server, wie auch der PC für die Bedienung der Steuerung verfügen über ein Energiemanagement, die sogenannte „Energieverwaltung“ des *Windows*-Betriebssystems. Alle Einstellungen der Energieverwaltung sind korrekt vorgenommen und Standby- und Ruhezustände sind vorbereitet. Nach einer bestimmten Zeit der Inaktivität sollten die Geräte in einen Bereitschaftsbetrieb mit wesentlich reduzierter Leistungsaufnahme übergehen. Nach drücken der Tastenkombination „Ctrl“, „Alt“ und „Delete“ können die Zustände manuell ausgelöst werden. Beim Server wurden die folgenden Werte für die Leistungsaufnahme gemessen:

¹⁶ Bertoldi P. et al. (2002): „Standby power, as defined in this paper, is the electricity consumed by end-use electrical equipment when it is switched off or not performing its main function.“

Betriebszustand	Leistungsaufnahme
Typenschildangabe	max. 350 W
Normalbetrieb belastet ¹⁷	90 – 130 W
Normalbetrieb unbelastet	78 W
Standby	4 W
Ruhezustand	1,9 W
Aus	1,9 W

Tab. 4-1 Leistungsaufnahme Web-Server

Ohne manuelle Einwirkung bleibt der Server dauernd im Normalbetrieb, ein Übergang in den Standby oder Ruhezustand erfolgt nicht. Wird der Server lokal in den Standby-Zustand versetzt, so kann er von fern, z. B. vom Esszimmer-PC aus nicht wieder aufgeweckt werden. Das Zusammenspiel von Energiemanagement-Software und Netzwerkkarte ist offensichtlich nicht richtig konfiguriert oder nicht möglich.

Hier zeigt sich wieder die spezielle Situation der zentralen Infrastruktur: Für den Nutzer, d.h. für die Bewohner des Hauses ist es kaum möglich, dieses Problem zu lösen. Dazu sind vertiefte Kenntnisse des Servers notwendig. Die Verantwortung liegt beim Lieferanten der Anlage, ein funktionierendes Energiemanagement muss auch bei Servern im Heimbereich zur Selbstverständlichkeit werden und von Anfang an funktionieren. Eine nachträgliche Fehlersuche ist aufwändig und kann aus der Energieersparnis nicht abgegolten werden.

4.4.2 Geräte der IT-Vernetzung

Im Gebäude sind ein *Ethernet*-Switch und ein *ADSL*-Modem vorhanden. Geräte dieser Art haben eine Leistungsaufnahme von 10 bis 15 W. Diese Zahl erscheint auf den ersten Blick gering und diese Geräte könnten bei einer oberflächlichen Betrachtung leicht vergessen werden. Die Leistungsaufnahme bleibt aber dauernd auf dem gleichen Wert, unabhängig davon, ob ein Datenaustausch stattfindet oder nicht. So ergibt sich trotzdem ein stattlicher Energiebezug von zusammen über 200 kWh, was diese Geräte wieder in die Nähe von Kühlschrank und Geschirrspüler rückt.

Ein wirkungsvolles Energiemanagement könnte sowohl den Switch, wie auch das Modem während einem Grossteil des Tages in einen Standby-Zustand mit reduzierter Leistungsaufnahme versetzen. Beim Eintreffen eines Datenpaketes resp. beim Aufbau einer Internet-Verbindung müssten die Geräte automatisch wieder in den Normalbetrieb übergehen. Bei angenommenen Ruhezeiten von 21 Stunden für das Modem und 19 Stunden für den Switch könnten 75% des Strombezuges dieser zwei Geräte vermieden werden.

4.4.3 EIB-Knoten

Alle Komponenten am EIB werden von einer zentralen Stromversorgung mit einer Gleichspannung von 20 bis 30 V versorgt. Die Stromaufnahme pro Knoten beträgt dauernd 4 bis 10 mA, was einem Jahresbedarf von 1 bis 2,5 kWh pro Knoten entspricht. Durch die hohe Zahl der Knoten (jeder Taster für die Bedienung des Lichtes stellt einen EIB-Knoten dar) ergibt sich

¹⁷ Abspielen einer Video-Datei

trotzdem ein nennenswerter Bezug von 91 kWh pro Jahr, wovon natürlich der weitaus grösste Teil als Standby-Energie zu betrachten ist.

Eine direkte Schaltung z. B. der Beleuchtung benötigt keinerlei Hilfs- oder Standby-Energie. Im Sinne der Energieeffizienz bringt die zentrale Steuerung also in erster Linie einen grösseren Strombezug mit sich. Nur wenn es gelingt, durch intelligente Steuerungssequenzen, z.B. durch eine automatische Ausschaltung beim Verlassen des Hauses, die Betriebsdauer der Beleuchtung zu reduzieren, so kann sie auch eine Einsparung erbringen.

4.4.4 EIB-Aktoren

Den Datenblättern der EIB-Aktoren ist zu entnehmen, dass diese Komponenten, zusätzlich zur Stromaufnahme über das EIB-Kabel, einen Eigenbedarf ab 230 V-Netz haben. Allerdings sind nur Angaben zur Scheinleistung (VA), nicht aber zur eigentlichen Verlustleistung (W) enthalten. Eine telefonische Rückfrage hat ergeben, dass es sich dabei um den Eigenbedarf von Kleinsttransformatoren handelt, die intern die Schaltelemente (Relais, Halbleiter) ansteuern. Gemäss telefonischer Aussage kann für die Verlustleistung direkt der Datenblattwert in VA eingesetzt werden. Für die Berechnung des Energiebezuges im Smarthome wurde dieser Hinweis auch befolgt. Die Aussage erscheint allerdings fragwürdig, denn sie setzt einen Leistungsfaktor von 1.0 voraus, was nur bei reiner Widerstandslast möglich ist.

Bei der Beleuchtung ergibt sich so eine Mehrbezug von 66 kWh pro Jahr oder 3%, bei der Lüftungs- und Jalousiesteuerung von 276 kWh, wovon ein Grossteil als Standby-Energie zu betrachten ist. Da die Jalousiemotoren nur sehr kurze Zeit in Betrieb sind, wirkt sich der zusätzliche Bezug prozentual stark aus, 30% entfallen auf die Aktoren.

Dieser zusätzliche Energiebedarf wurde in den älteren Studien bisher wenig beachtet (Aebischer & Huser 2000, Huser & Aebischer 2002). Es bestehen allerdings die genannten Zweifel an der Genauigkeit der Aussagen. Für eine breitere Abstützung wären vertiefte Messungen notwendig, die auch Produkte verschiedener Hersteller abdecken sollten.

Bei der Beleuchtung kommt die Stromaufnahme der Dimmerbausteine dazu. Dieser Energiebezug hängt nicht direkt mit der zentralen Steuerung zusammen, Dimmer könnten auch direkt bei den Leuchten angeordnet sein. Die zentrale Steuerung mit der Möglichkeit, Lichtszenen mit individuell gedimnten Leuchten abzurufen, verleitet aber zu einem vermehrten Einsatz von Dimmern. Im Churer *Smarthome* sind insgesamt 12 individuell dimmbare Beleuchtungskreise vorhanden. Für den Eigenbedarf der Dimmer kann die Aussage von oben wiederholt werden, die Datenblattangaben sind nicht sehr detailliert. Mit den vom Hersteller erhältlichen Daten ergibt sich ein Mehrbezug infolge der Dimmer von 83 kWh oder 4%.

5 Vergleich mit Durchschnittshaushalt

Im Jahr 1992 wurde eine Erhebung des Strombezuges in 1000 Schweizer Haushalten durchgeführt (Huser & Spalinger 1992). Dabei wurden einerseits die tatsächlichen Bezugswerte statistisch ausgewertet, andererseits wurden mit einer Modellrechnung die Anteile für vier verschiedene Gerätekategorien abgeschätzt. Für ein mit dem Churer Smarthome vergleichbares Objekt, d.h. für ein Einfamilienhaus mit 3 und mehr Personen ohne elektrische Raumheizung und Warmwassererwärmung sind die folgenden Bezugswerte angegeben:

- Modellrechnung (u.a. mit Elektro-Öfeli und Luftbefeuchter) 4900 kWh / Jahr
- Statistische Auswertung (EFH 3+, stark elektrifiziert) 4660 kWh / Jahr

Fig. 5-1 zeigt den Vergleich zwischen der Modellrechnung 1992 und dem Smarthome. Mit 8750 kWh pro Jahr ist der Strombezug im Smarthome beinahe doppelt so gross (180%). Verschiedene Gerätekategorien tragen zu dieser Zunahme bei, allen voran die Beleuchtung. Mehrere Kategorien sind dazugekommen, die 1992 noch nicht einzeln ausgewiesen wurden und unter „übrige Geräte“ zusammengefasst waren.

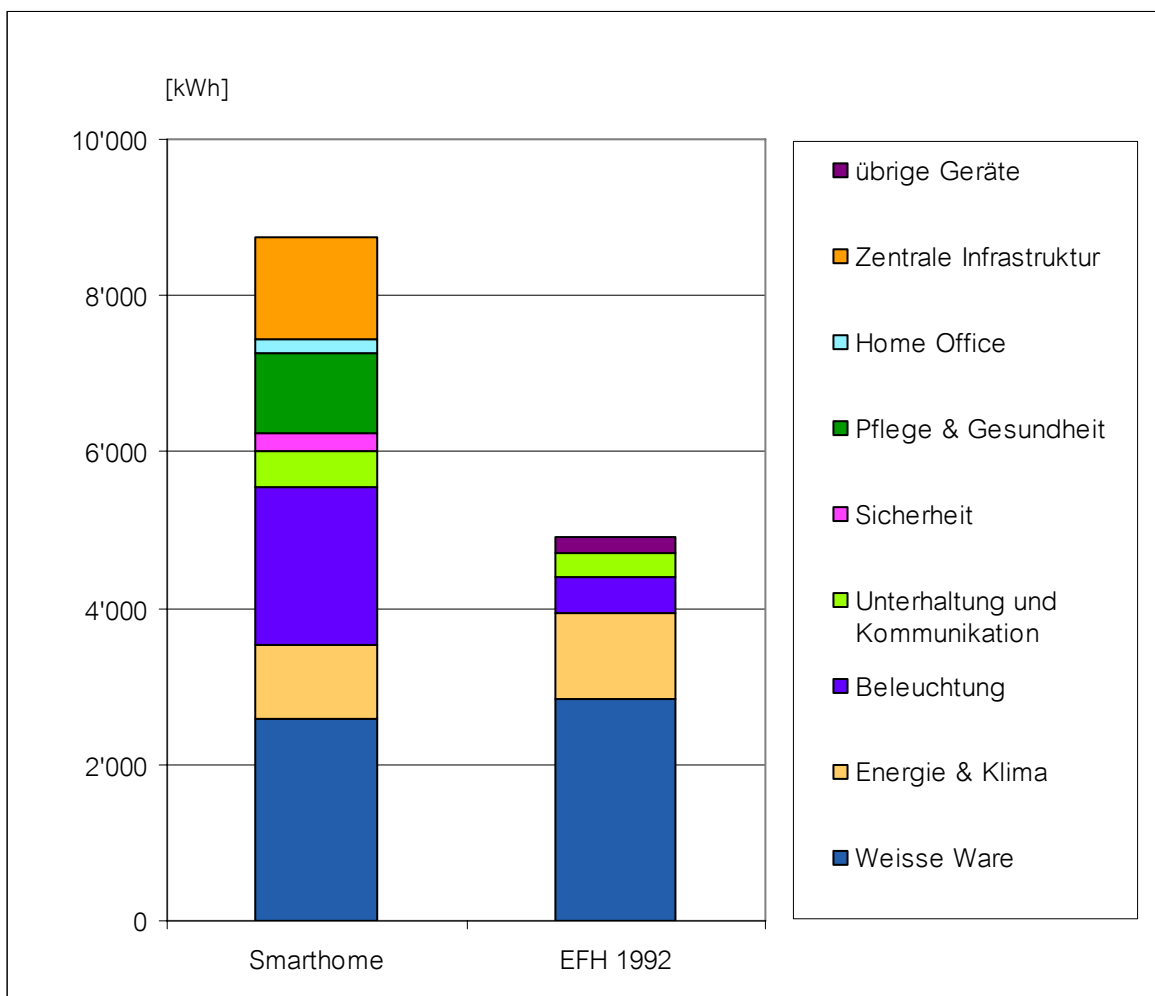


Fig. 5-1 Vergleich Elektrizitätsbezug Smarthome und Einfamilienhaus 1992

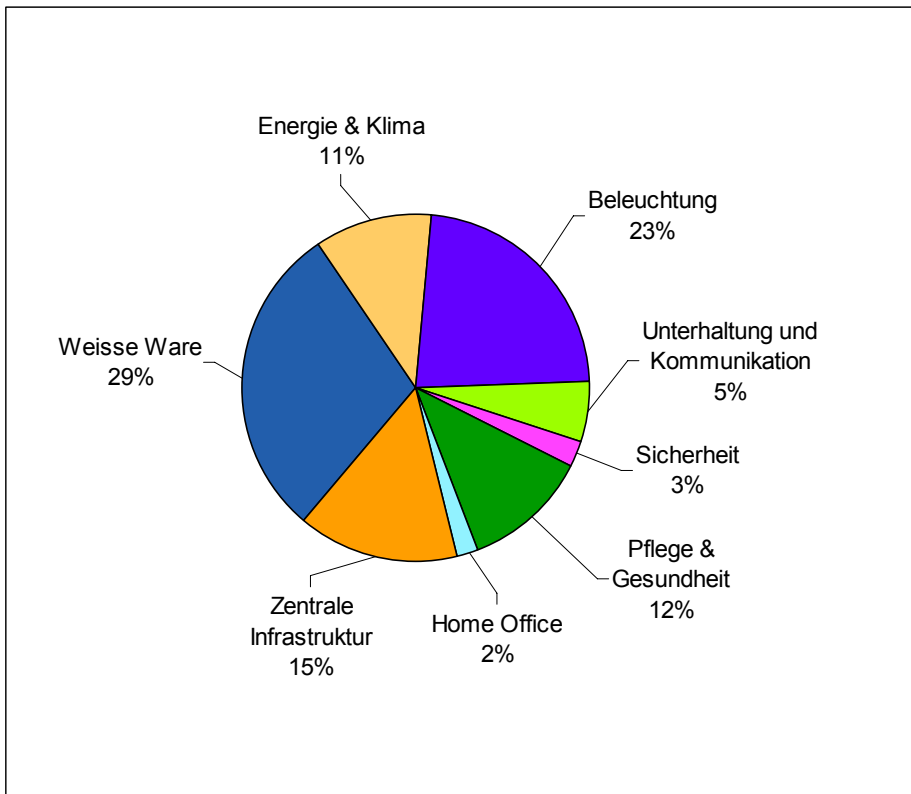


Fig. 5-2 Verteilung des Elektrizitätsbezuges im Smarthome

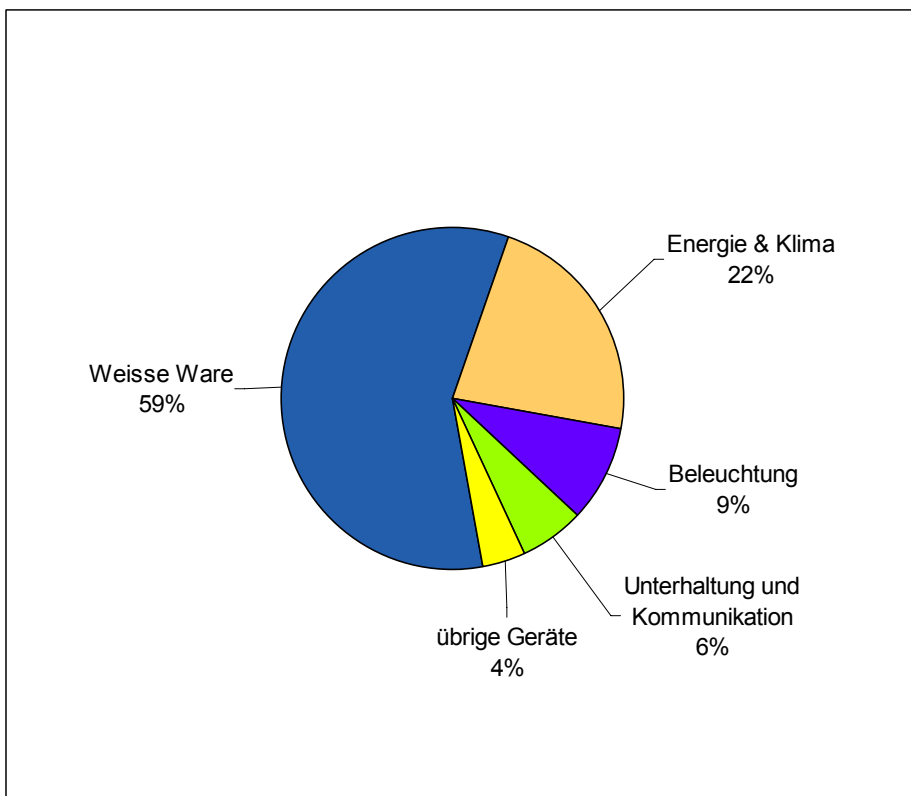


Fig. 5-3 Verteilung des Elektrizitätsbezuges gemäss Huser & Spalinger

- **Weisse Ware:** Trotz der zweiten Kühltruhe im Keller und der ineffizienten Ankopplung des Backofens ist der Strombezug um 10% tiefer als vor 13 Jahren. Hier zeigen sich die grossen Verbesserungen bei der Energieeffizienz der Grossgeräte, die in dieser Zeit erreicht wurden.
- **Energie & Klima:** In der Abschätzung von 1992 sind Elektroöfen und Luftbefeuchter mit total 700 kWh enthalten. Dieser Bezug entfällt beim Smarthome und macht so den Mehrbedarf der Komfortlüftung (220 kWh) und der EIB-Komponenten (290 kWh) wett. Für Brenner und Umwälzpumpen sind in beiden Fällen 400 kWh eingesetzt. Somit resultiert total ein um 14% tieferer Strombezug.
- **Beleuchtung:** Hier ist der Bedarf auf mehr als das Vierfache angestiegen. Dafür ist in erster Linie die viel intensivere Beleuchtung verantwortlich. Im klassischen Haushalt brannten 18 Lampen mit durchschnittlich 70 W an einer Stunde pro Tag. Im Smarthome sind es deren 71 mit im Mittel 52 W und 1,4 Stunden Betriebsdauer. Der Einsatz von Spar- und Leuchtstofflampen hat die mittlere Lampenleistung leicht reduziert, dieser Effekt wird aber mehr als aufgehoben durch die Vielzahl von Niedervolthalogen-Lampen im Wohnbereich. Dazu addiert sich noch der Eigenbedarf der EIB-Komponenten. Eventuelle Einsparungen, die sich durch die Bewegungsmelder oder durch intelligente Steuerungsfunktionen ergeben könnten, verschwinden neben dem Effekt der intensiveren Beleuchtung.
- **Unterhaltung & Kommunikation:** Obwohl gewisse Funktionen dieses Bereiches durch die zentrale Infrastruktur zur Verfügung gestellt werden, ist der Strombezug im Smarthome um 60% höher, als im Vergleichsobjekt. Der Mehrbedarf ist in erster Linie durch den Beamer bedingt, der ca. 100 kWh mehr benötigt, als ein modernes TV-Gerät. Der übrige Mehrbedarf entsteht durch die externen Netzteile der Funktelefone und des Anrufbeantworters und durch das zweite TV-Gerät im Keller. Die Verteilung von Audio-/ Videodaten auf alle Räume wird durch die zentrale Infrastruktur abgedeckt und hat hier keine Auswirkungen auf den Strombezug.

Wesentliche Anteile am Strombezug machen auch die beiden neuen Kategorien „Zentrale Infrastruktur“ und „Pflege & Gesundheit“ aus:

- **Zentrale Infrastruktur:** 1300 kWh jährlich sind notwendig, damit das Smarthome in Chur „läuft“, damit also jederzeit Daten zwischen den verschiedenen PC und Servern ausgetauscht werden können, damit der Zugriff auf Audio- und Video-Daten in jedem Raum möglich ist und damit die verschiedenen Funktionen des Gebäudes, wie Beleuchtung, Lüftung etc. bedient werden können. Mehr als die Hälfte davon entfällt auf den Multimedia- resp. Web-Server mit seinem nicht funktionierendem Energiemanagement. In einem optimierten Zustand mit funktionierendem Energiemanagement bei allen Geräten, könnte dieser Anteil auf 550 kWh reduziert werden, was noch gut 10% des klassischen Haushaltes ausmachen würde.
- **Pflege & Gesundheit:** Weitere 1000 kWh entfallen auf neue Anwendungen aus dem Bereich der Körper- und Textilpflege sowie der Raumreinigung. Der Zentralstaubsauger und die neuartige Hemdbügelmaschine beziehen zusammen 650 kWh. Im klassischen Haushalt war Staubsaugen und Bügeln zusammen mit weiteren Kleingeräten mit 100 kWh eingesetzt. Dazu kommt der Anteil des Closomates mit 200 kWh.

Auch prozentuell sind starke Verschiebungen aufgetreten. Die Weisse Ware hat mit 29% noch immer den grössten Anteil, die Beleuchtung ist mit 23% stark in die Nähe gerückt. Energie & Klima ist anteilmässig von 22% auf 11% zurückgegangen. Diese drei Bereiche machten früher 90% des Bezugs aus, heute sind es noch $\frac{2}{3}$. Ein Drittel des Bedarfes entfällt auf neue Bereiche mit neuen Anwendungen (Unterhaltung & Kommunikation, Zentrale Infrastruktur und Pflege & Gesundheit).

6 Effizienzverbesserung

Mit nur drei Massnahmen könnte der Strombedarf des Smarthome wesentlich reduziert werden:

- funktionierendes Energiemanagement bei allen Geräten der Zentralen Infrastruktur
- Ersatz von Halogenleuchten durch Sparlampen und FL-Leuchten
- Verzicht auf Beleuchtungs-Dimmer

Bei der Beleuchtung könnte rund die Hälfte, bei der Zentralen Infrastruktur zwei Drittel des Bezuges eingespart werden, zusammen 1700 kWh pro Jahr oder 20% des Elektrizitätsbezuges des Objektes.

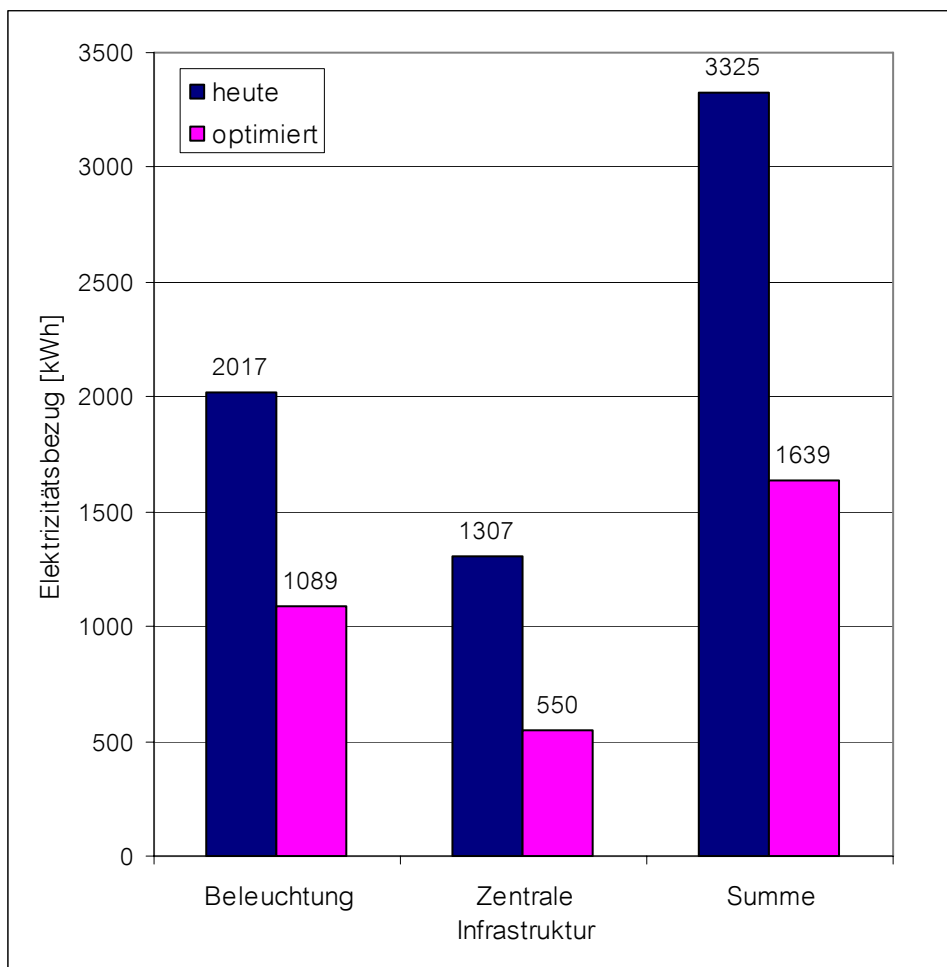


Fig. 6-1 Einsparpotenzial durch effiziente Beleuchtung und konsequentes Energiemanagement bei der Zentralen Infrastruktur

7 Hochrechnung Haushaltstrombezug auf Landesstufe

7.1 Bisherige Studien

Vor fünf Jahren wurden im Rahmen einer Studie, die im Auftrag des Bundesamtes für Energie durchgeführt wurde, die Auswirkungen der Vernetzung im Haushalt auf den Stromverbrauch der Schweiz untersucht (Aebischer & Huser 2000). Die Studie berücksichtigt nur die Bereiche „Weisse Ware“, „Beleuchtung“ und „Unterhaltung & Kommunikation“, wobei implizit die Zentrale Infrastruktur enthalten ist. Als Resultat wird eine maximale Zunahme des Strombedarfes der Haushalte von 1,3% pro Jahr für die kommenden 20 Jahre prognostiziert. Damit würde die Vernetzung den grössten Wachstumsfaktor für den Haushaltstrombedarf der Industrieländer ausmachen. Auf Landesstufe ergibt sich ein Mehrbezug von **5000 GWh** im Jahr 2020¹⁸.

Die Resultate dieser ersten Studie wurden zwei Jahre später anhand der technischen Ausrüstung, wie sie im FutureLife-Haus in Hünenberg angetroffen wurden, überprüft (Huser & Aebischer 2002). Es wurden die gleichen 8 Gerätekategorien unterschieden, wie in der vorliegenden Arbeit. Allerdings war im FutureLife-Haus die zentrale Infrastruktur eher auf die Bedürfnisse von Forschung, Entwicklung und Werbung ausgerichtet und hatte einen sehr hohen Strombezug von über 3500 kWh. Davon wurden nur 25% in die Hochrechnung einbezogen. Als Resultat ergab sich ein Mehrbezug von **7000 GWh** auf Landesstufe basierend auf den damaligen Gerätedaten und ein Wert von **2700 GWh** für einen hypothetischen, energieoptimierten Zustand. Diese Angaben werden im folgenden mit den im Smarthome Chur gewonnen Erkenntnissen überprüft.

7.2 Mathematisches Modell

Basis für die Hochrechnung ist der Strombezug aller Geräte, die speziell für die Vernetzung des Gebäudes angeschafft wurden, oder die in direktem Zusammenhang mit der Vernetzung stehen. Dazu gehören die Komponenten der EIB-Steuerung, der Steuerungsserver aber auch der Multimedia-Server. Analog dem Vorgehen beim FutureLife-Haus wird auch der Beamer dazugerechnet. Eine vollständig Liste der betrachteten Geräte ist im Anhang 7 enthalten.

Die Hochrechnung selbst erfolgt mit einem einfachen statistischen Modell, wie bereits in den beiden vorhergehenden Studien. Das Modell basiert auf einem Satz von Parametern gemäss der untenstehenden Tabelle:

	Weisse Ware	Beleuchtung	Unterhaltung & Kommunikation	Energie & Klima	Sicherheit	Pflege & Gesundheit	Heimbüro	Zentrale Infrastruktur
Startjahr	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Diffusion im Startjahr	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sättigungsgrad	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Diffusionszeit, Jahre	40	40	20	40	20	20	20	20

Tab. 7-1 Parameter der Diffusionskurven

¹⁸ Aebischer & Huser 2000: Berechnungsvariante 2 mit angenommenem Geräteinventar im Jahr 2020

Dazu muss für jeden Gerätebereich der Endwert für den zusätzlichen Strombedarf pro Haushalt angegeben werden. Aebischer und Huser basierten ihre Hochrechnung auf eher theoretische Überlegungen zur Ausrüstung eines zukünftigen vernetzten Gebäudes. Zwei Jahre später wurde direkt das Geräteinventar des FutureLife-Hauses zugrunde gelegt. Dabei wurden zwei getrennte Rechnung angestellt, eine für den heutigen Zustand und eine zweite für einen theoretischen, energieoptimierten Zustand aller Geräte. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick der verwendeten Werte für den zusätzlichen Strombedarf pro vernetzten Haushalt und pro Gerätekategorie:

	Weisse Ware	Beleuchtung	Unterhaltung & Kommunikation	Energie & Klima	Sicherheit	Pflege & Gesundheit	Heimbüro	Zentrale Infrastruktur
Aebischer & Huser 2000 (Variante VHH resp. Var 2 2020)	301 kWh	153 kWh	1174 kWh	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	470 kWh
FutureLife heute	374 kWh	156 kWh	425 kWh	1188 kWh	755 kWh	0 kWh	368 kWh	891 kWh
FutureLife optimiert (Variante sofort)	251 kWh	9 kWh	325 kWh	129 kWh	106 kWh	0 kWh	100 kWh	306 kWh
Smarthome heute	88 kWh	204 kWh	288 kWh	288 kWh	206 kWh	0 kWh	0 kWh	1307 kWh
Smarthome optimiert	21 kWh	81 kWh	225 kWh	100 kWh	86 kWh	0 kWh	0 kWh	516 kWh

Tab. 7-2 zusätzlicher Strombezug im vernetzten Haushalt pro Gerätekategorie

7.3 Abweichungen

Die obige Tabelle zeigt z.T. sehr unterschiedliche Zahlen für die verschiedenen Kategorien und auch der totale zusätzliche Strombezug pro Haushalt ist sehr unterschiedlich:

- Future Life heute 4157 kWh
- Smarthome heute 2381 kWh

Im theoretischen, energieoptimierten Zustand liegen die Werte deutlich näher beieinander

- Aebischer und Huser 1628 kWh
- FutureLife optimiert 1224 kWh
- Smarthome optimiert 1030 kWh

Die folgenden Aspekte führen zu den Abweichungen:

- **Weisse Ware:** Beim FutureLife-Haus war ein zweiter Kühlschrank vorhanden, der sowohl von innen, wie auch von aussen zugänglich ist. Angelieferte Ware, die z. B. per Internet bestellt wurde, kann vom Lieferanten direkt in diesem Kühlschrank deponiert werden. Der Strombezug dieses Gerätes wurde als Mehrbezug infolge der Vernetzung betrachtet. Beim Smarthome ist ein solches Gerät nicht vorhanden und auch sonst ist diese Anwendung bisher nicht gross am Markt verbreitet.

Weiter wird bei beiden vorhergehenden Studien davon ausgegangen, dass alle Haushaltgrossgeräte mit der zentralen Steuerung vernetzt sind. Beim Smarthome ist nur der Backofen über eine provisorische WLAN-Verbindung angeschlossen, Geräte mit einer serienmässigen Schnittstelle waren zur Zeit der Evaluation nicht verfügbar.

Für die erneute Hochrechnung wird davon ausgegangen, dass in Zukunft die Haushaltsgrossgeräte vernetzt sein werden, dass aber der zusätzliche Strombedarf für alle Geräte nicht höher liegt, als heute beim Smarthome für die eine provisorische WLAN-Verbindung.

- **Beleuchtung:** Hier stimmen die Werte für den heutigen Zustand recht gut überein. Im zukünftigen optimierten Zustand ist der Wert beim FutureLife-Haus extrem tief. Diese Zahl mag als Zukunftsvision für eine wirklich optimale Steuerung gelten, mit heutiger EIB-Technologie ist sie nicht erreichbar. Für die Überprüfung der Hochrechnung wurden sehr tiefe, aber mit heutiger Technologie erreichbare Standby-Werte hinterlegt.
- **Unterhaltung & Kommunikation:** Im Vergleich mit den älteren Studien ist der Mehrbezug dieser Kategorie beim Smarthome eher gering. Mit ein Grund dafür ist der Verzicht der Familie Rest auf ein ausgedehntes Audio-System für alle Zimmer. Für die Hochrechnung wird davon ausgegangen, dass sich solche Systeme durchsetzen werden und der Mehrbezug wird um den entsprechenden Wert erhöht.
Bei Aebischer und Huser (2000) sind im Bereich Unterhaltung & Kommunikation 4 Multimediageräte (PC, TV, Spielkonsole) eingesetzt. Die Werte für die Nutzungszeiten und die Leistungsaufnahme im Normalbetrieb und Standby stimmen recht genau mit den gemessenen Werten des Multimedia-Servers im Smarthome überein, der Jahresbedarf entspricht dem energieoptimierten Zustand mit funktionierendem Energiemanagement. Diese Werte können als realistisch übernommen werden. Zwar können technische Fortschritte die Leistungsaufnahme bei gleicher Funktionalität in Zukunft vermindern, andererseits ist absehbar, dass dieser Effekt durch die Steigerung der Leistungsfähigkeit, resp. der Geschwindigkeit wieder kompensiert wird. Entsprechend der Philosophie der vorliegenden Studie, wird für die neue Hochrechnung eines der Multimediageräte der Zentralen Infrastruktur zugeordnet.
- **Energie & Klima:** Im energieoptimierten Zustand ergeben sich sehr moderate Werte für den Zusatzbedarf und in der Studie von Aebischer und Huser (2000) ist dieser Bereich gar nicht berücksichtigt. Der sehr hohe Wert bei „FutureLife heute“ entsteht durch eine separate Lüftungssteuerung zusätzlich zum EIB, die auf einer industriellen Technologie mit entsprechend hohem Grundaufwand beruht. Die Situation im Smarthome mit einer Anbindung aller Komponenten von Heizung und Jalousiesteuerung an den EIB scheint realistisch und auch der Mehrbezug wird so übernommen.
- **Sicherheit:** Auch dieser Bereich ist in der älteren Studie nicht berücksichtigt. Der hohe Wert beim FutureLife-Haus ergibt sich aus der aufwändigen Alarm- und Türöffnungsanlage. Beim Smarthome ist die Alarmierung in die EIB-Steuerung integriert und die dezentralen Komponenten sind weitgehend mit Batterien versorgt oder haben eine sehr tiefe Leistungsaufnahme. Für die Hochrechnung werden die Werte des Smarthome unverändert übernommen.
- **Heimbüro:** Mit der gewählten Zusammenfassung gewisser Geräte zur Gruppe „Zentrale Infrastruktur“ ergibt sich beim Heimbüro kein zusätzlicher Strombezug infolge der Vernetzung. Der Datenaustausch zwischen den verschiedenen PC und Servern im Gebäude wird durch die Zentrale Infrastruktur gewährleistet.
- **Zentrale Infrastruktur:** Beim FutureLife-Haus war die zentrale Infrastruktur auf die Bedürfnisse von Forschung, Entwicklung und Werbung ausgerichtet und hatte einen tatsächlichen Strombezug von über 3'500 kWh pro Jahr. Für die Hochrechnung standen somit keine realistischen Zahlen zur Verfügung, der zu erwartende Bedarf eines normalen vernetzten Haushaltes wurde mit 25% dieses Wertes veranschlagt. Mit dem Smarthome liegt nun ein, mit

heutigen technischen Mitteln und mit einem geringen Budget, realisiertes Objekt vor. Die Ausstattung mit zwei spezialisierten Servern, einer externen Anbindung via ADSL-Internet und Kabel-TV entspricht eher einem einfachen Standard. Der ermittelte Strombedarf dieser Komponenten ist realistisch und wird so für die Hochrechnung verwendet.

Bei der älteren Studie besteht die zentrale Infrastruktur aus einem sehr leistungsfähigen Gateway für die externe Anbindung (Audio, TV, Internet, neue Dienste) und je einem Controller für Beleuchtung und Unterhaltung & Kommunikation. Um auch diese Hochrechnung überprüfen zu können, wurden alternativ die folgenden Annahmen gemacht:

Der Controller für die Beleuchtung entspricht der EIB-Steuerung im Smarthome, der Gateway und der Controller für Unterhaltung & Kommunikation sind in eines der Multimedia-Geräte integriert, welches somit der zentralen Steuerung zuzuordnen ist.

7.4 Hochrechnungen

Mit den Anpassungen und Ergänzungen des vorhergehenden Abschnittes ergeben sich die nachfolgenden Werte für den Zusatzstrombedarf der Vernetzung pro Haushalt:

	Weisse Ware	Beleuchtung	Unterhaltung & Kommunikation	Energie & Klima	Sicherheit	Pflege & Gesundheit	Heimbüro	Zentrale Infrastruktur
Aebischer & Huser 2000 (optimiert) ¹⁹	21 kWh	53 kWh	881 kWh	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	361 kWh
Smarthome heute	88 kWh	204 kWh	507 kWh	288 kWh	206 kWh	0 kWh	0 kWh	1307 kWh
Smarthome optimiert	21 kWh	81 kWh	385 kWh	100 kWh	86 kWh	0 kWh	0 kWh	516 kWh

Tab. 7-3 modifizierte Werte von Tab. 7-2

Mit diesen Werten kann nun wiederum der zusätzliche Strombezug auf Landesstufe berechnet werden. Dabei gelten nach wie vor die Kurvenparameter von Tab. 7-1. Die drei Szenarien nach Tab. 7-3 wurden neu berechnet und verglichen mit den Hochrechnungen aus den Jahren 2000 und 2002 (vgl. Fig. 7-3 bis Fig. 7-4).

Die folgenden Aussagen ergeben sich aus dem Vergleich der Kurven:

- Die Obergrenze des zusätzlichen Strombezuges zu- / infolge der Vernetzung, wie sie sich aus der Auswertung des FutureLife Objektes im Jahr 2002 ergab, kann leicht korrigiert werden. Mit heutigen Gerätedaten ergibt sich neu ein Wert von knapp 6'300 GWh gegenüber 7'000 GWh aus der ursprünglichen Studie.
- Die Untergrenze, berechnet mit hypothetischen optimierten Gerätedaten erhöht sich von 2'700 GWh auf 3'000 GWh.
- Die Hochrechnung gemäss Aebischer und Huser 2000, die lediglich drei Anwendungsbereiche berücksichtigt, verringert sich von 5'000 GWh auf 3'400 GWh.

¹⁹ Werte aus Tabelle 8-2 modifiziert mit Erkenntnissen aus der vorliegenden Studie (Kapitel 8.3)

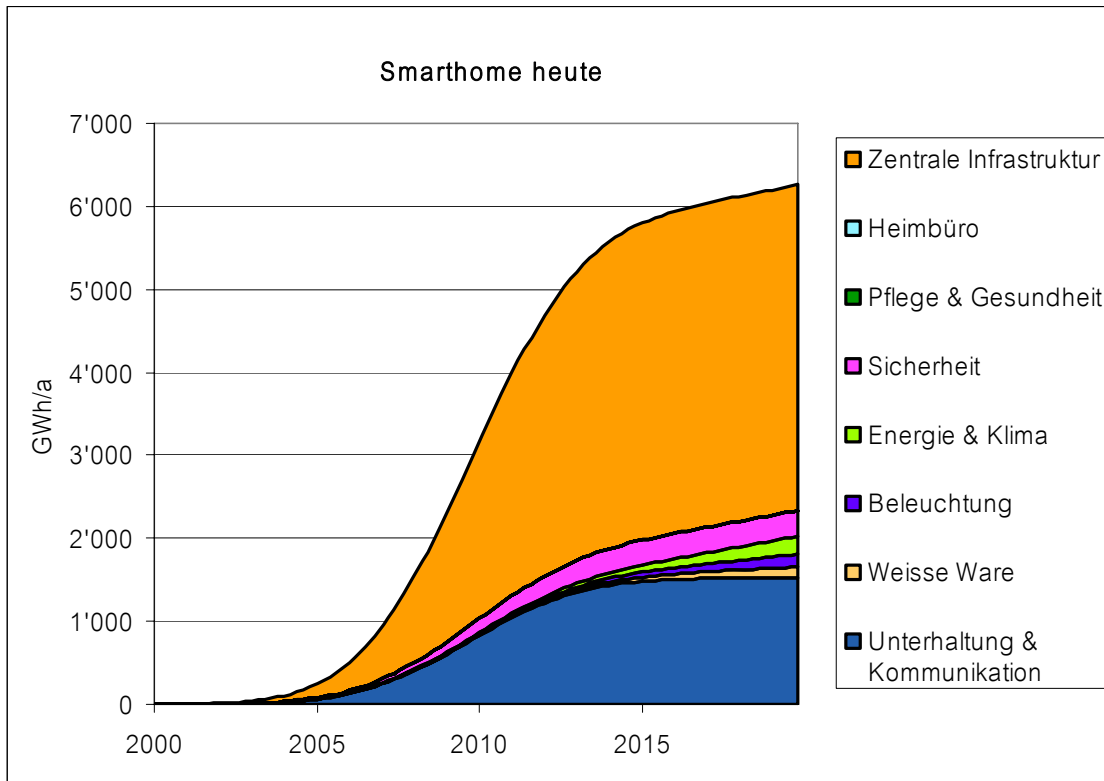


Fig. 7-1 Hochrechnung mit Daten aus Smarthome, Zustand heute

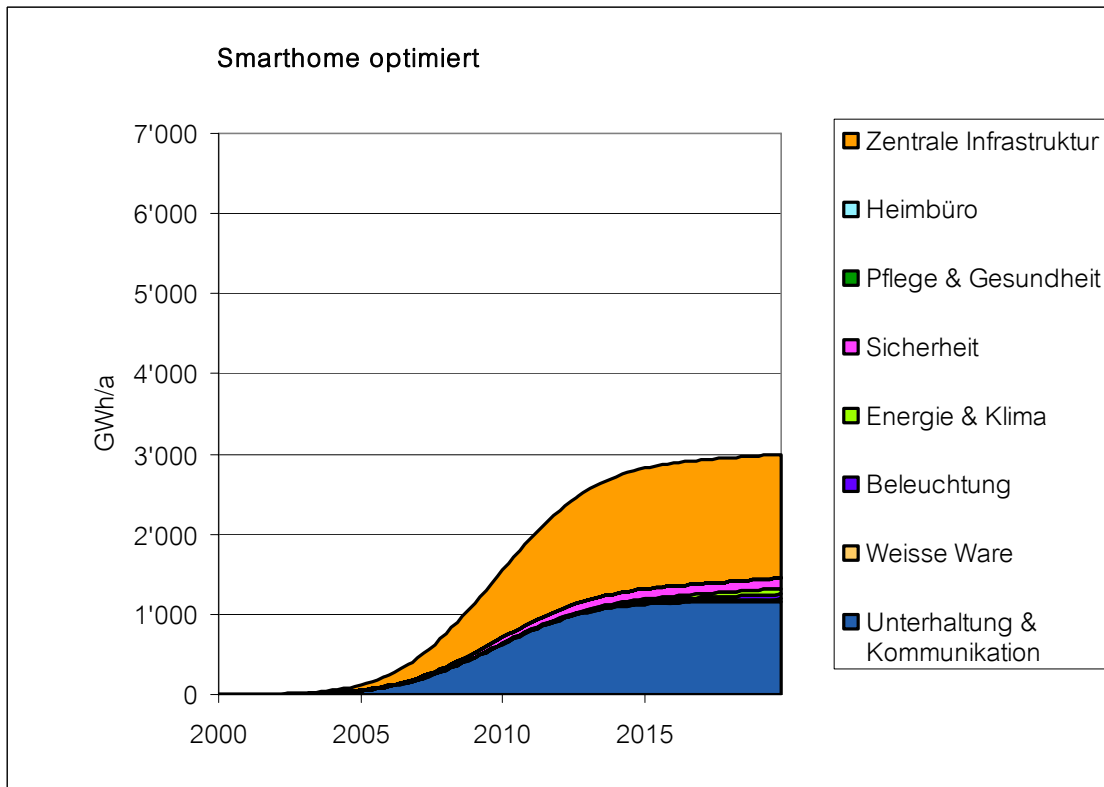


Fig. 7-2 Hochrechnung mit Daten aus Smarthome, Zustand optimiert

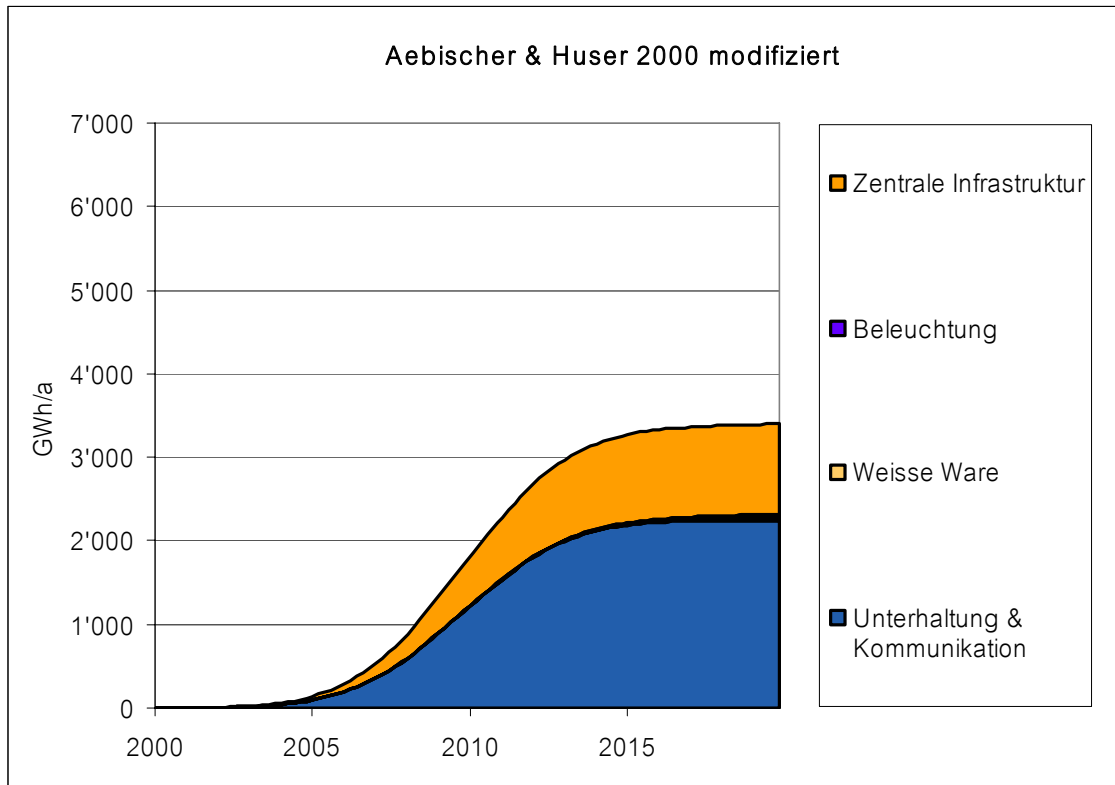


Fig. 7-3 Hochrechnung gemäss Aebischer und Huser 2000 mit modifizierten Werten

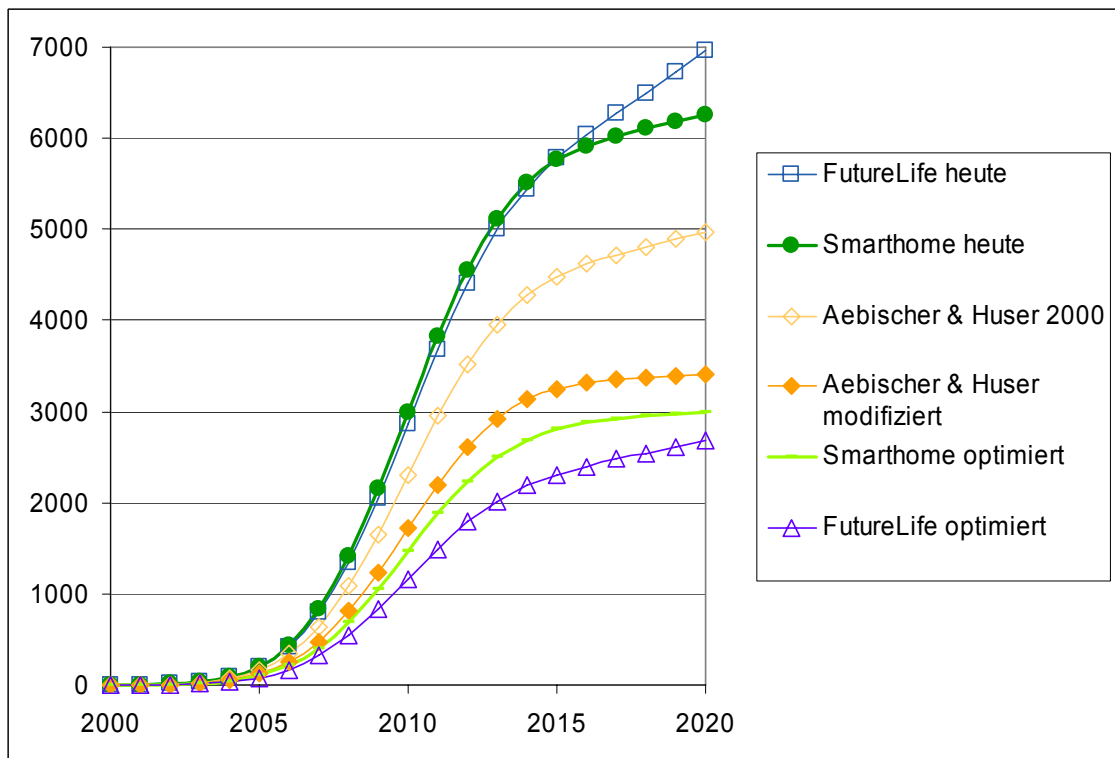


Fig. 7-4 Zusammenfassung der Hochrechnungen

8 Elektromog

Die Firma Arnold Engineering und Beratung in Opfikon / Glattbrugg hat das Projekt Smarthome während Planung und Bau begleitet und umfangreiche Erfahrungen im Bereich Elektromog gesammelt. Die Firma Arnold bringt die Erfahrungen bei neuen Projekten ein.

9 Planungshilfe

Mit den Erfahrungen, die im Bereich Energieeffizienz gesammelt wurden, wurde eine mehrseitige Planungshilfe für Architekten, Planer und Systemintegratoren geschaffen. Die Planungshilfe ist im Anhang beigefügt und kann auch vom Internet bezogen werden:

<http://www.electricity-research.ch/>

Literaturverzeichnis

- Aebischer B. & Huser A. (2000): *Vernetzung im Haushalt – Auswirkungen auf den Stromverbrauch*, CEPE-Centre for Energy Policy and Economics ETH Zürich und Encontrol GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, 2000, <http://www.electricity-reserach.ch>
- Bertoldi P. et al. (2002): *Standby Power Use: How Big is the Problem? What Policies and Technical Solutions Can Address It?*, Proceeding of the 2002 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Pacific Grove CA, 2002
- Cremer C. et al. (2003): *Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 – Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen*, CEPE Swiss Federal Institutes of Technology und Fraunhofer ISI im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Karlsruhe / Zürich , Januar 2003
- Grieder T. & Huser A. (2004): *Grundlagen zur Energieeffizienz von Set-Top-Boxen*, Encontrol GmbH im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, 2004, <http://www.electricity-reserach.ch>
- Homega Research (2004): *The worldwide markets for the Connected home: Status and Trends*, TEAHA Market Background Document, Homega Research for TEAHA, September 2004, <http://www.teaha.org/>
- Huser A. & Aebischer B. (2002): *Energieanalyse im FuturLife-Haus*, Encontrol GmbH und CEPE-Centre for Energy Policy and Economics ETH Zürich im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, 2002, <http://www.electricity-reserach.ch>
- Huser A. & Spalinger R. (1992): *Stromverbrauchserhebung in Haushalten*, Programm RAVEL, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1992
- Nipkow J. & Bush E. (2003): *Standby-Verbrauch von Haushaltgeräten*, S.A.F.E. Schweizerische Agentur für Energieeffizienz im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, 2003, <http://www.electricity-reserach.ch>

Anhangsverzeichnis

Anhang 1	Bedürfnisstruktur	(Rest / Maissen)
Anhang 2	Familienprozesse	(Rest / Maissen)
Anhang 3	Multimedia-Konzept	(Achermann)
Anhang 4	Geräteliste	(Encontrol)
Anhang 5	Zählerauslesung	(Encontrol)
Anhang 6	alle Geräte mit Jahresbezug über 30 kWh	(Encontrol)
Anhang 7	Geräte zu / infolge Vernetzung	(Encontrol)
Anhang 8	Planungshilfe	(Staub)

Anhang 1: Bedürfnisstruktur

(5 Seiten)

Bedürfnisstruktur

(Stand: 20.01.04)

Legende:

Va 1-3: Ausstattungsvarianten;

Bedürfnis: W=wünschenswert, N=notwendig, L=Luxus;

Bauplanung: muss in der Bauplanung unbedingt vorgesehen werden (inkl. Verrohrung), Realisierung allenfalls später;

Realisierung: sofort (während der Bauphase); nachher (kann ohne baulichen Mehraufwand später realisiert werden)

„Gewerk“	Va 1	Va 2	Va 3	Bedürfnis	Bauplanung	Realisierung
Licht ①	Alle Leuchten und Lampen schalten Zentralaus für Leuchten und Lampen Panikschalter Aussenbeleuchtung mit Bewegungsmelder	Zusätzlich: Lampen in der Küche und im Wohnzimmer dimmbar Szenensteuerung in Essensbereich, Wohnzimmer	Zusätzlich: Anwesenheitsimulation	Va 1: N Va 2: W Va 3: L	Va 1: Ja Va 2: Ja Va 3: Ja	Va 1: sofort Va 2 : sofort Va 3 : evtl. nachher
Storen ①	3 el. Sonnenstoren ; el. Rolladen an allen Fenstern ; Alle Storen einzeln und raumweise oder zentral steuerbar; Wind- und Regenwächter für Sonnenstoren	Sonnenfühler für Steuerung	Anwesenheitsimulation	Va 1: N Va 2: W Va 3: L	Va 1: Ja Va 2: Ja Va 3: Ja	Va1: sofort Va 2: sofort Va 3: evtl.nachher
Sicherheit ③		Überwachung Innenraum; Akustischer und optischer Alarmgeber; Video-kamera (inkl. Ton) Kinderzimmer;Brandmelder in allen Räumen	Zusätzlich: Überwachung sämtlicher Fenster und Türen durch Magnetkontakte; Fingerprint für Türöffnung Haupttüre mit el. Antrieb und Code	Va 2: W Va 3: L	Va 2: ja Va 3: ja	Va 2: evtl nachher Va 3: evtl. nachher

Bodernheizung ④						
Steuerung	Steuerung über Aussenfühler	Fernsteuerung	Einzelraumregelung	Va 1: N Va 2: W Va 3: L	Va 1: Ja Va 2: Ja Va 3: Ja	Va 1: sofort Va 2: evtl nachher Va 3: evtl. nachher
Bewässerung ⑤						
		Aut. Bewässerungs-system		Va 2 : W	Va 2 : ja	Va 2 : evtl. nachher
Garagetor ⑥						
	EI. Antrieb mit Fern-steuerung	Überwachung ; aut. Lichtein-/ausschaltung		Va 1 : N Va 2 : W	Va 1: ja Va 2 :ja	Va1 : sofort Va 2 : evtl. nachher
Belüftung ⑦						
	<i>Noch offen</i>					
Unterhaltung ⑧						
Home Cinema Bild	Wohnzimmer : Beamer (versenkbar in der Decke); ausfahrbare Leinwand	Küche, Musik- und Wirtschaftszimmer Büro: LCD-Display		Va 1: N Va 2: W	Va 1: ja Va 2: ja	Va 1: sofort Va 2: evtl nachher
Home Cinema Ton	Wohnzimmer : 5+1 (verkabelt) Standorte LS		Wohn- und Musikzimmer : 6 plus 1 System	Va 1: N Va 3: L	Va 1: ja Va 3: ja	Va 1: sofort Va 3: nachher
Audio-Video Empfang	Sat-Empfang	Kabel			Va 1 : ja Va 2 : ja	Va 1 : sofort Va 2 : evtl nachher (DAB, DVB-T)
Multiroom-System	LS in Esszimmer/Küche, Büro, Bäder, Wirtschaftsraum, Musikzimmer; Ton ab zentralem Server	Lokale Bedienungsmöglichk eiten	Zwei verschiedene Quellen (Radio/Harddisk)		Va 1: ja Va 2: ja VA 3: ja	Va 1: sofort Va 2: evtl nachher Va 3: nachher

Internet ①						
Technologie	ADSL / ISDN			Va 1: N	Va 1: ja	Va 1: sofort
Anschlüsse	In allen Räumen mindestens 1 MMD, Platzierung gem. Feinplanung (Bodenkanal, resp. -dosen prüfen)	Wireless-LAN		Va 1: N Va 2: W	Va 1: ja Va 2: ja (Antennenstandort)	Va 1: sofort Va 2: evtl nachher

HomeComputing ⑩	Work Shop II					
PC						
Drucker/Fax						

(intelligente) HE-Geräte in ⑩ ①	WorkShop II (Vernetzung über Powerline)	Zentral-/Fernbedienung	Energiemanagement			
Küche	Backofen, Geschirrspüler, Kühlschrank, Dampfabzug (Steuerung)	TV	Skybox			
Bad			Multimedia-Spiegel			
Wohnzimmer						
Schlafzimmer						
Kinderzimmer						
Arbeitszimmer						
Keller						
Zentralstaubsauger ① ②					ja	

Video-Sprechanlage ① ③						
----------------------------------	--	--	--	--	--	--

☎Telefon						
Bedienung ① ⑥	Übergeordnete Zentralbedienung (fix und mobil) für alle Komponenten (Heizung, Belüftung, Beleuchtung, Beschattung, Bewässerung, Alarmanlage, Unterhaltungskomponenten)					
Netzwerk ① ⑥						
Technologie	Wireless	verdrahtet				
	Bussystem	Sternverkabelung				
Homeserver						
Display						
Multimedia-Steckdosen						
Starkstromsteckdosen						

	Was ist bei der Planung nun konkret vorzukehren?	Potenzielle Lieferanten
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
1 1		
1 2		
1 3		
1 4		
1 5		
1 6		

Anhang 2: Familienprozesse

(1 Seite)

Prozesse	OUT	EG				OG			UG		Funktionen											Steuerungswünsche		
		Outdoor	Wohnzimmer	Esszimmer	Küche	Bad EG	Büro	Schlafzimmer	Bad OG	Musikzimmer	Wirtsch./raum	Lüftung *	Heizung	Licht **	Schatten ***	Wasser	Sicherheit	Ton	Bild/Fotos	TV/Video	Web		Mail	Telefon
27 Family-Standardprozesse in 8 Standard-Kategorien © th.maissen@buhler-scherler.com																							* mindestens Anzeige der Luftqualität ** Mix zwischen Schalter/Bewegungsmelder *** gekoppelt an Wetterstation Zusatzwunsch: «EIB»-Uhren in allen Räumen	
Körperpflege																								
Duschen					X			X			X	X	X		X									
Zähneputzen/Kosmetik					X			X			X	X	X		X		X						Nachrichtenhören bei Zähneputzenstart	
Wickeln							X				X	X	X										X	
Fitness										X	X	X				X	X		X				X	
Verpflegung																								
Zmorga essen	X		X									X	X				X		X	X			Nachrichtenhören/-sehen, Web-/Mailzugriff	
Zmittag essen	X		X									X	X	X								X	X	Mailzugriff
Znacht essen	X		X									X	X	X								X	X	Mailzugriff
Znüni/Zvieri essen												X	X	X	X								X	
Zubereiten/Abwaschen/Abtrocknen				X							X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	RezepteDB, KochTV, Notes/Infos, Kidsüberw.
Haushalt																								
Planen/Disponieren	X		X									X	X	X									X	
Einkaufen/Lagern				X						X		X	X										X	
Reinigen/Staubsaugen		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X								X	
Waschen/Trocknen	X									X	X	X	X	X	X	X		X					X	Kidsüberwachung
Bügeln/Zusammenlegen	X									X		X	X	X	X	X		X					X	Kidsüberwachung
Mähen/Giessen	X												X	X	X	X		X					X	Kidsüberwachung
Office/Archivierung						X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Kidsüberwachung; Energiekontrolldaten
Haustierpflege																								
Füttern/Saubermachen										X		X			X	X								Katzenklappe, Futterautomat
Aus-/Weiterbildung																								
Ausbildung/Weiterbildung	X		X			X	X					X	X	X					X	X	X	X		
Freizeit																								
Handarbeit	X									X		X	X	X		X	X			X			X	Kidsüberwachung
Basteln	X		X							X		X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	
Musikmachen									X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	Kidsüberwachung
Spielen	X	X	X				X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Feiern/Gesellschaft/Party	X	X	X							X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Kidsüberwachung
Entspannung																								
Schlafen							X				X	X	X			X							X	Hausschliess-, Lichterlösch-, Geräteabschaltfunktion, Alarminschaltung
Baden								X				X	X	X	X	X							X	Kidsüberwachung
Sünneln	X												X	X		X							X	Kidsüberwachung
Absenz																								
Absenz												X				X					X	X	X	Fernüberwachung, Alarmwegdefinition

Anhang 3: Multimedia-Konzept

(2 Seiten)

Multimedia-Konzept

1. Der Weg dazu

AV-Bedürfnisse abklären → Grobbeurteilung der technische Möglichkeiten → Sofortmassnahmen für Verrohrung/Verkabelung → Detailabklärung „Ton“ → Detailabklärung „Bild + Ton“ → Offertausschreibung → Entscheid was realisieren / was vorsehen.

2. AV-Bedürfnisse

Was will wo ab welcher (zentralen) Quelle, unabhängig von einander, gehört, resp. gesehen werden?

	Ton (allein)			Bild und Ton (kombiniert)				
	Radio	CD/DVD/MP3	PC/Internet	TV	DVD	Fotos	Video	PC/Internet
Wohnzimmer	*	*	*	*	*	*	*	*
Esszimmer	*	*	*	*				*
Küche	*	*	*	*	*			*
Bad EG	*	*	*					
Büro	*	*	*	*	*	*	*	*
Schlafzimmer	*	*	*	*	*	*	*	*
Bad OG	*	*	*					
Kinderzimmer	*	*	*	*	*	*	*	*
Musikzimmer	*	*	*	*	*	*	*	*
Keller	*	*	*	*	*	*	*	*

Keine fest eingebauten Lautsprecher. Flexible Sockelleiste im Wohnzimmer. Keine Einbau-Panels.

3. Systemanforderungen seitens Kunde

3.1 Teilbereich „Ton“

- In jedem Raum kann individuell auf eine zentrale Tonquelle (Server) zugegriffen werden.
- Separate Lautstärkeregelung/Kanalwahl ab Panel/Universalfernbedienung oder Schalter.

3.2 Teilbereich „Bild und Ton“

- HomeCinema: Deckenbeamer mit 5.1-Anlage; Filme ab Kabel-TV und/oder Sat; DVD; eigene Videofilme
- Bei allen anderen Displays: TV ab Kabel und/oder Sat, DVD; Zugang zu Internet/Homenet (Bild in Bild)
- Universalfernbedienungen

4. (Vorläufige) Erkenntnisse

4.1 Grundsätzliches (nach den Besprechungen mit R.Staub, Kilchenmann's und R.Kissling)

- Die im Plan eingezeichnete Sternverkabelung ist i.O.
- Wir visieren nun sofort Sony an, da diese Firma den zur Zeit einzigen (budgetkonformen) AV-Server auf dem Markt hat. Daraus ergibt sich dann auch, ob überhaupt ein separates Multiroom-System für den Bereich „Ton“ in Betracht gezogen werden soll.
- Vorgegeben wird jedoch als Standard die Ethernet-Verkabelung.

4.2 Verrohrungsplan

- Rohrdurchmesser für die Steigleitung möglichst gross wählen (100er Durchmesser)
- Beim Ethernet Kabel mit der grössten Übertragungskapazität wählen.
- Wenn die Anordnung der Möbel (und damit die Standorte der MM-Dosen) noch nicht überall klar ist, allenfalls in den entsprechenden Räumen ebenfalls Sockelleisten vorsehen.

4.3 Heimkino

- Empfehlung: Beamer nicht an die Decke hängen (Kilchenmann: „unschön“) .
- Nebst Beamer braucht es auch ein TV-Gerät; Standort/Steckdose?
- Sind die Sockelleisten „gross“ genug, um auch die Lautsprecherkabel darin versorgen zu können?

4.4 Endgeräte

- Anforderungsprofil bezüglich Energieverbrauch mit K.Huser absprechen.

Anhang 4: Geräteliste

(8 Seiten)

	Marke	Typ	Bus	Standby		Normalbetrieb		Strombezug pro Jahr			Quellen / Bemerkungen Abkürzungen: Ps: Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb Pn: Leistungsaufnahme im Normalbetrieb En: Energiebedarf pro Nutzung
				Ps [W]	Dauer [h]	Pn En [W] [kWh]	Dauer Anzahl	Standby [kWh]	Normal- betrieb [kWh]	Total [kWh]	
Weisse Ware								177	2400	2577	
Waschmaschine	V-Zug	Adora S	--	0.8	8500	0.94	20 /m	7	226	232	Ps: eigene Messung En: Warendeclaration V-Zug 4-5 Waschgänge 40°C pro Woche, oft Kurzprogramm 1 Kochwäsche pro Monat
Wäschetrockner	V-Zug	Adora TLK	--	1.7	8600	3.44	10 /m	15	413	427	Ps: eigene Messung En: Warendeclaration V-Zug Winter: pro Wäsche ein Tumblergang Sommer Stewi draussen, später auch im Winter 50% aufhängen
Geschirrspüler	V-Zug	Adora S	--	2.0	8500	1.05	4 /w	17	218	235	Ps: Tel. Angabe V-Zug En: Warendeclaration V-Zug 1 x in 2 Tagen
Glaskeramikherd	V-Zug	GK43 TIVF	--	2.0	8000	500	2 h/d	16	365	381	Ps: Tel. Angabe V-Zug En: Warendeclaration V-Zug 2 warme Mahlzeiten pro Tag geschätzter Verbrauch 75% x 500 kWh/a
Backofen mit Mikrowelle	V-Zug Microbraun	SLP		2.0	8600	1200	2.5 h/w	17	156	173	Ps: Tel. Angabe V-Zug En: Warendeclaration V-Zug Backofen 2 - 3 h/w Mikrowelle sehr selten benutzt
WLAN für Backofen Sender und Empfänger	Fujitsu Siemens	Connect 2Air WLAN AP 600 RP USB	WLAN	10	8760	0	0 0	88	0	88	keine Angaben verfügbar, Leistungsaufnahme geschätzt
Kühlschrank	V-Zug	Deluxe							245	245	Jahresbedarf nach Energieetikette
Tiefkühlschrank	Bauknecht	GKEA 295 Optima	--						226	226	Jahresbedarf nach Energieetikette
Gefrierschrank im Keller	Sibir	GSE 246	--						350	350	Herstellerangabe: Effizienzklasse B 0.46 kWh / 100 l / 24 h, Inhalt 208 l
Kaffeemaschine	Turmix	Nespresso C 300 plus	--	50	365	0.23	1 /d	18	82	100	Ps: Tel. Auskunft Turmix En: 20 Wh / Tasse (Nipkow 2003) 10 Tassen pro Tag, während 1,5 h pro Tag eingeschaltet davon 0.5 h Normalbetrieb (Aufheizen, Kaffee beziehen) 1.0 h Bereitschaft)
Dampfabzug	V-Zug	DW-S	--			120	2 h/d		88	88	Pn: geschätzt, Warendeclaration V-Zug: Lüfter max. 160 W, Beleuchtung 40 W normalerweise auf Stufe 2 von 3 benutzt
Küchenmaschine	Kenwood	Chef Classic	--			300	0.25 h/d	0	27	27	Pn: geschätzt, Anschlussleistung 750 W
Schneidmaschine			--			70	0.15 h/d		4	4	Pn: geschätzt, Anschlussleistung ca. 170 W

Raum	Marke / Ty Typ		Bus	Standby		Normalbetrieb			Strombezug pro Jahr			Bemerkungen Abkürzungen: Ps: Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb Pn: Leistungsaufnahme im Normalbetrieb
				P _s [W]	Dauer [h]	P _N [W]	Dauer		Standby [kWh]	Normal- betrieb [kWh]	Total [kWh]	
Beleuchtung									104	1914	2017	
UG												
Garage	6 FI elektronisch	36 W	EIB			240	0.5	h/d		44	44	Bewegungsmelder
Musikraum	3 Halogenleuchten	500 W	EIB			250	2.0	h/w		26	26	2 meistens ausgeschaltet, eine auf 50% gedimmt
	1 FL konventionel	18 W	EIB			20	2.0	h/w		2	2	
Keller	4 FL elektronisch	36 W	EIB			160	1.0	h/d		58	58	Bewegungsmelder
Waschküche	1 Sparlampe	18 W	EIB			18	0.5	h/d		3	3	Bewegungsmelder
Wirtschaftsraum	8 FL elektronisch	36 W	EIB			320	2.0	h/d		234	234	
Technikraum	1 Sparlampe	18 W	EIB			18	0.0	h/d				Bewegungsmelder
Treppenhaus	1 Sparlampe 18 W, 2 NV Halogen	35 W	EIB			88	1.0	h/d		32	32	Bewegungsmelder
EG												
Wohnen	1 Halogenleuchte	300 W	EIB			300	2.0	h/d		219	219	im Winter, gedimmt
WC	1 NV Halogen	35 W	EIB			35	1.0	h/d		13	13	
Kochen/Essen	6 NV Halogen	35 W	EIB			210	1.0	h/d		77	77	
	6 NV Halogen	35 W	EIB			210	2.0	h/d		153	153	
	3 Glühlampen	60 W	EIB			180	2.0	h/d		131	131	
Eingang	5 NV Halogen	35 W	EIB			165	2.0	h/d		120	120	Dauer fragen
Aussenlicht	5 Glühlampen	60 W	EIB			300	2.0	h/d		219	219	1 x mit Bewegungsmelder, Dauer fragen
OG												
Kinderzimmer 1	5 NV Halogen	35 W	EIB			175	1.0	h/d		64	64	nur für zu Bett gehen
Kinderzimmer 2	5 NV Halogen	35 W	EIB			175	1.0	h/d		64	64	nur für zu Bett gehen
Elternschlafzimmer	2 Nachttischlampen 60 W später zwei Deckenfluter		EIB			120	1.0	h/d		44	44	Dauer fragen
Büro	1 Halogenlampe	500 W	EIB			500	1.0	h/d		183	183	Dauer fragen
Bad	2 NV Halogen	35 W	EIB			70	2.0	h/d		51	51	Dauer fragen
Treppenhaus	2 NV Halogen	35 W	EIB			70	2.0	h/d		51	51	Dauer fragen, Bewegungsmelder?
Korridor	2 NV Halogen	35 W	EIB			70	1.0	h/d		26	26	Dauer fragen
Beleuchtungssteuerung			EIB						104	100	204	
6 Kanal Universaldimmer für EG	Theben	DMG 2 / DME 2 / DME 2	EIB	3.3	7000	15	1760	0	23	26	49	Herstellerangaben: Ps: 0.5 W pro Kanal + 10 mA Busstrom für DMG 2 Pn: 2.5 W pro Kanal bei 500 W Last
6 Kanal Universaldimmer für OG	Theben	DMG 2 / DME 2 / DME 3	EIB	3.29	8000	15	760	0	26	11	38	siehe oben
12 Kanal Schaltaktoren für EG/OG	Theben	RMG 4 S / RME 4 S / RME 4 S	EIB	7.79	7000	7.79	1760	0	55	14	68	Herstellerangabe: Pn = Ps = 2.5 W pro Gerät + 10 mA Busstrom für RMG 4
24 Taster	Merten		EIB	4.87	0	4.87	8760	0	0	43	43	durchschnittliche Stromaufnahme 7 mA 24 x 7 mA x 29 V
5 Bewegungsmelder	Merten	Argus 180 UP-Einsatz	EIB	0.65	0	0.65	8760	0	0	6	6	durchschnittliche Stromaufnahme 4.5 mA 5 x 4.5 mA x 29 V

	Marke	Typ	Bus	Standby		Normalbetrieb		Strombezug pro Jahr			Bemerkungen Abkürzungen: Ps: Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb Pn: Leistungsaufnahme im Normalbetrieb
				P _S [W]	Dauer [h]	P _N [W] [kWh]	Dauer Anzahl	Standby [kWh]	Normal- betrieb [kWh]	Total [kWh]	
Pflege & Gesundheit								154	857	1011	
Zentralstaubsauger	ProfiVac	430	--	1	8600	2400	0.5 h/d	9	438	447	Ps, Pn: eigene Messung
3 Waschtischmischer			--	1.5	8760			13		13	Ps: Herstellerangabe, heute noch Batteriebetrieb, später über Netzteil versorgt
Hemd-Bügelmaschine	Siemens	TJ1001CH	--			2100	2 h/w		218	218	Pn: Herstellerangabe 2100 W Typenschild: 2150 W
Bügelstation	Jura	Jagua S60	--			1000	1 h/w		52	52	Pn: Typenschild 2000 W Annahme: im Mittel halbe Heizleistung
2 Nähmaschinen			--			40	2 h/w		4	4	Pn: Annahme
2 Zahnputzmaschinen			--	2.6	8760			23		23	Ps: eigene Messung
Closomat			--	12.5	8760	0.3	340 /a	110	102	212	Herstellerangabe: Bedarf in 24 h ohne Benützung 0.3 kWh mit 6 Benützungen 0.6 kWh (intergrierter Boiler für Temperierung des Duchwassers) Berechnung: 365 Tage x 0.3 kWh Bereitschaft 340 Tage x (0.6 - 0.3) kWh Benützung
Fön			--			1000	0.08 h/d		30	30	Pn: Annahme
Bodenreinigungs-Roboter			--			0.234	52 /a		12	12	Herstellerangabe: 0.234 kWh pro Ladung, reicht für einmal Hausputz, dh. 1 x pro Woche
Rasenmäh-Roboter			--	6	5880	0.15	70 /a	35	11	46	Herstellerangabe: Ladung: 0.15 kWh, reicht für 6 h mähen, pro Woche ca. 2 Ladungen, Eigenbedarf Ladegerät 6 W (März bis Oktober)
USV für Rasenmäh-Roboter			--	10	8760			88		88	Ps: Herstellerangabe
Gartenbewässerungs-System	Gardenia	Profi	--							0	Anlage noch nicht projektiert

	Marke	Typ	Bus	Standby		Normalbetrieb		Strombezug pro Jahr			Bemerkungen Abkürzungen: Ps: Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb Pn: Leistungsaufnahme im Normalbetrieb	
				P _s [W]	Dauer [h]	P _N [W]	Dauer [h]	Standby [kWh]	Normal- betrieb [kWh]	Total [kWh]		
Energie & Klima								203	745	948		
Wandheizgerät	Buderus	Logamax plus GB 122	EIB	5	3000	105	3750	15	394	409	Ps: Annahme Pn: Herstellerangabe Umwälzpumpe im Heizgerät integriert Vollbetriebsstunden mit BWW-Erwärmung 3500 - 4000 h/a (Herstellerangabe)	
Komfortlüftung	J.E. StorkAir	G90-300BL				25	8760		219	219	Stufen: 25-50-90-(100%) Bedeutung: Ferien-Normal-?-Party Pn: Herstellerangabe 25-50-110-130 W heute dauernd auf Stufe 1, später auf Stufe 2	
15 Storenantriebe						1500	18		27	27	1 x pro Tag absenken, 1 x hochfahren 3 Minuten pro Tag Pn = 100 W	
3 Markisenantriebe						1050	5		5	5	im Sommer 1 x pro Tag absenken, 1 x hochfahren 3 Minuten pro Tag Pn = 350 W	
Boiler 180 l	Buderus	GBS120									ab Gasheizung	
Jalousiesteuerung								188	100	288		
Wetterstation	Theben		0 EIB	0	0	0	8760	0	0	2	2	Herstellerangabe: Eigenbedarf 7 mA vom Bus (nur Windstärke und Helligkeit) zusätzl. 9.5 W ab 230 V wenn Regensensor vorhanden
8 Kanal Jalousie-/Schaltaktoren für EG	Theben	JMG 4 / RME 8	EIB	8.3	7000	8.3	1760	0	58	15	73	Herstellerangaben: Ps = Pn = 4 W pro Gerät + 10 mA Busstrom für JMG 4
8 Kanal Jalousie-/Schaltaktoren für OG	Theben	JMG 4 / RME 8	EIB	8.3	8700	8.3	60	0	72	0	73	siehe oben
12 Kanal Jalousie-/Schaltaktoren für OG/UG	Theben	JMG 4 / RME 8	EIB	8.3	7000	8.3	1760	0	58	15	73	siehe oben
12 Kanal Schaltaktoren Lüftung, Netzfreeschaltung	Theben	RMG 4 S / RME 4 S / RME 4 S	EIB	7.79	0	7.79	8760	0	0	68	68	Herstellerangabe: Pn = Ps = 2.5 W pro Gerät + 10 mA Busstrom für RMG 4

SmartHome Chur

Liste der Elektrizitätsverbraucher

Raum / Gerät	Marke	Typ	Bus	Standby		Normalbetrieb		Strombezug pro Jahr			Bemerkungen
				P _S [W]	Dauer [h]	P _N [W]	Dauer	Standby [kWh]	Normal- betrieb [kWh]	Total [kWh]	
Unterhaltung & Kommunikation								217	259	476	
Mischpult & Verstärker UG			--			15	2 h/w		2	2	Pn: eigene Messung wird von Hand ausgeschaltet (0 W)
Fernsehgerät UG	Panasonic	TX-47PT1F	--	1.1	8660	240	2 h/w	10	25	34	Pn: Betriebsanleitung Ps: eigene Messung
Netzwerk Receiver	Sony	Vajo	Ethern.	3.0	8000	7	2 h/d	24	4	28	Pn, Ps: eigene Messung
Beamer	Sony	VPL CX85	0	7.0	8000	280	2 h/d	56	204	260	Pn: Betriebsanleitung Ps: eigene Messung
DVD-Recorder	Sony	RDR GX3		5.1	8700	43	1 h/w	44	2	47	Ps: eigene Messung Pn: Betriebsanleitung: 43 W gemessen ohne Disk: 26 W
Radio Receiver	Sony	STR-KSL60		0.0	8400	35	1 h/d	0	13	13	Pn: eigene Messung wird von Hand ausgeschaltet (0 W)
Basslautsprecher	Sony	SA-WMSP70		0.0	8000	15	2 h/d	0	8	8	Pn: Betriebsanleitung max. 100 W gemessen ohne Musikempfang: 9 W wird über Radio Receiver von Hand ausgeschaltet (0 W)
3 schnurlose Telefone	Audioline			6.6	8760			58	0	58	Leistungsaufnahme Ladestation Pn = Ps: eigene Messung
Telefonbeantworter				3.0	8400	3	1 h/d	25	1	26	Pn = Ps: Messung an vergleichbarem Gerät
Play Station				0.7	500			0	0	0	Pn : eigene Messung war nur über Weihnachtszeit eingesteckt

	Marke	Typ	Bus	Standby		Normalbetrieb			Strombezug pro Jahr			Bemerkungen Abkürzungen: Ps: Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb Pn: Leistungsaufnahme im Normalbetrieb
				P _s	Dauer	P _N	Dauer		Standby	Normal- betrieb	Total	
				[W]	[h]	[W]			[kWh]	[kWh]	[kWh]	
Sicherheit									0	230	230	
Sensoren												
3 WEB-Kameras	Panasonic	KX-HCM230	EIB	18	0	18	8760	0	0	158	158	Pn: Datenblattwert 6 W
5 Rauchmelder	Merten	Glasrauchmelder Connect	EIB	0	0	0	0	0	0	0	0	Batteriespeisung
2 Präsenzmelder	Merten	Instabus-Argus-Präsenz	EIB	0.26	0	0.26	8760	0	0	2	2	Pn: Datenblattwert 29 V; 4.5 mA
Steuerungsbausteine												
4 Kanal Schaltaktoren Alarmierung	Theben	RMG 4 S	EIB	2.79	0	2.79	8760	0	0	24	24	Herstellerangabe: Pn = Ps = 2.5 W pro Gerät + 10 mA Busstrom für RMG 4
8 Binäreingänge Fenster- und Türkontakte	Merten	REG-K/8x10	EIB	0.0	0	0	8760	0	0	3	3	Herstellerangabe: max. 10 mA am EIB
8 Binäreingänge Rauchmelder, Energiezähler	Merten	REG-K/8x10	EIB	0.0	0	0	8761	0	0	3	3	siehe oben
Alarmierungsbaustein	ABB	SCM S1.1	EIB	0	0	1.92	8760	0.00	0	17	17	Herstellerangabe: 8 mA bei 29 V
Schliesssystem												
4 Türen + 1 Briefkasten Gargentor	Häfele Dialock	Türterminal										Batteriebetrieb
	Häfele Dialock	Wandterminal				2.4	8760		0	21	21	Pn: Datenblatt 12 V; 200 mA
weitere												
Babyfunk (Sender und Empfänger)						2.0	3 h/d			2	2	Pn: Messung vergleichbares Gerät

	Marke	Typ	Bus	Standby		Normalbetrieb		Strombezug pro Jahr			Bemerkungen Abkürzungen: Ps: Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb Pn: Leistungsaufnahme im Normalbetrieb
				P _S [W]	Dauer [h]	P _N [W]	Dauer	Standby [kWh]	Normal- betrieb [kWh]	Total [kWh]	
Home Office								160	20	180	
PC			Ethern.	0	8600	60	0.5 h/d	0	11	11	über Netzschalter ausgeschaltet
Bildschirm	Flachbildschirm 15"			2	8600	30	0.5 h/d	17	5	23	über Schalter ausgeschaltet 2 W Aus, 5 W schwarzer Bildschirm
Drucker				0	8760			0	0	0	über Netzschalter ausgeschaltet Bedarf im Betrieb unwesentlich
Scanner				2	8600			17	0	17	über PC ausgeschaltet Bedarf im Betrieb unwesentlich
Laptop				11.5	8600	20	0.5 h/d	99	4	103	Ladegerät immer eingesteckt
Organizer				3	8760			26		26	Ladegerät immer eingesteckt

SmartHome Chur

Liste der Elektrizitätsverbraucher

	Marke	Typ	Bus	Standby		Normalbetrieb			Strombezug pro Jahr			Bemerkungen Abkürzungen: Ps: Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb Pn: Leistungsaufnahme im Normalbetrieb
				P _S [W]	Dauer [h]	P _N [W]	Dauer [h]	Standby [kWh]	Normal- betrieb [kWh]	Total [kWh]		
Zentrale Infrastruktur									841	466	1307	
EIB Steuerung												
Steuerungsserver	Gira	Home Server 2	EIB	20	2190	20	18 h/d		44	131	175	Typenschild: 12 V, 4,5 A Herstellerangabe: 20 W Annahme: 6 h Standby pro Nacht möglich
Spannungsversorgung mit Batteriepufferung	Merten	320 REG-K	0	0.0	0	10	8760 0		0	88	88	Annahme: 10 W Eigenbedarf und lastabhängige Verluste
PC für Bedienung der Haussteuerung	Sony	Vaio	Ethern.	10	8030	10	2 h/d		80	7	88	Messung IBM ThinkPad, unbelastet
Multimedia-Vernetzung												
Web-Server, Multimedia-Server	Sony	Infinion PCV-RZ540	Ethern.	78	6935	110	5 h/d		541	201	742	eigene Messung: Aus: 1.9 W Standby 4 W (von Hand ausgelöst) Ruhezustand 1.9 W (von Hand ausgelöst) automatische Übergänge nicht möglich, wecken von Netzwerk-Client nicht möglich Normalbetrieb: unbelastet 78 W belastet 90 - 130 W Typenschild: max. 350 W
Display zu Web-Server	Sony	SDM-HS73	0	0.7	8660	32	2 h/w		6	3	9	eigene Messung: Aus: 0.7 W Normalbetrieb: schwarzer Bildschirm 32 W Video schauen 32 W Bildschirm wird von Hand ausgeschaltet
Switch	Zyxel	ES 1016	Ethern.	14	6935	14	5 h/d		97	26	123	Pn: gem. Datenblatt max. 14 W Ps: Messung an Centre Com Switch 12 fach: ohne Datenaustausch 13.5 W, 2 Ports belastet 13.5 W
externe Anbindung												
ADSL Modem	Zyxel	Prestige DSL	Ethern.	9.5	7665	9.5	3 h/d		73	10	83	Pn, Ps: Messung an Cisco 1700 ADSL Router: ohne Datenaustausch 9.5 W, mit
Kabelmodem	Cablecom	CV8035	0	0.0	0	0	0 0 0		0	0	0	ausser Betrieb

Anhang 5: Zählerauslesung

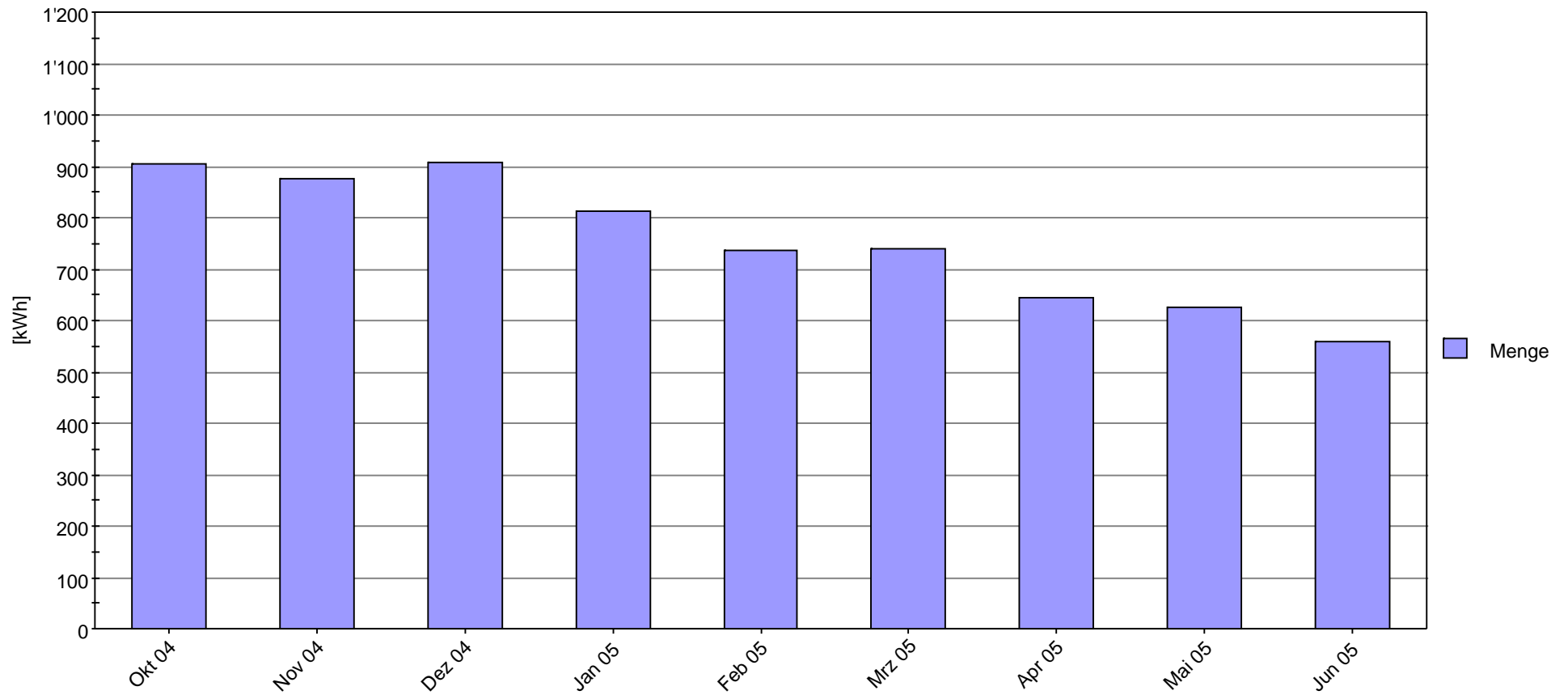
(6 Seiten)

Mengen: Stromzähler

Periode: 01.10.2004 - 30.06.2005

Stoff / Messgrösse: Elektrizität

Negative Werte werden im Diagramm nicht angezeigt.



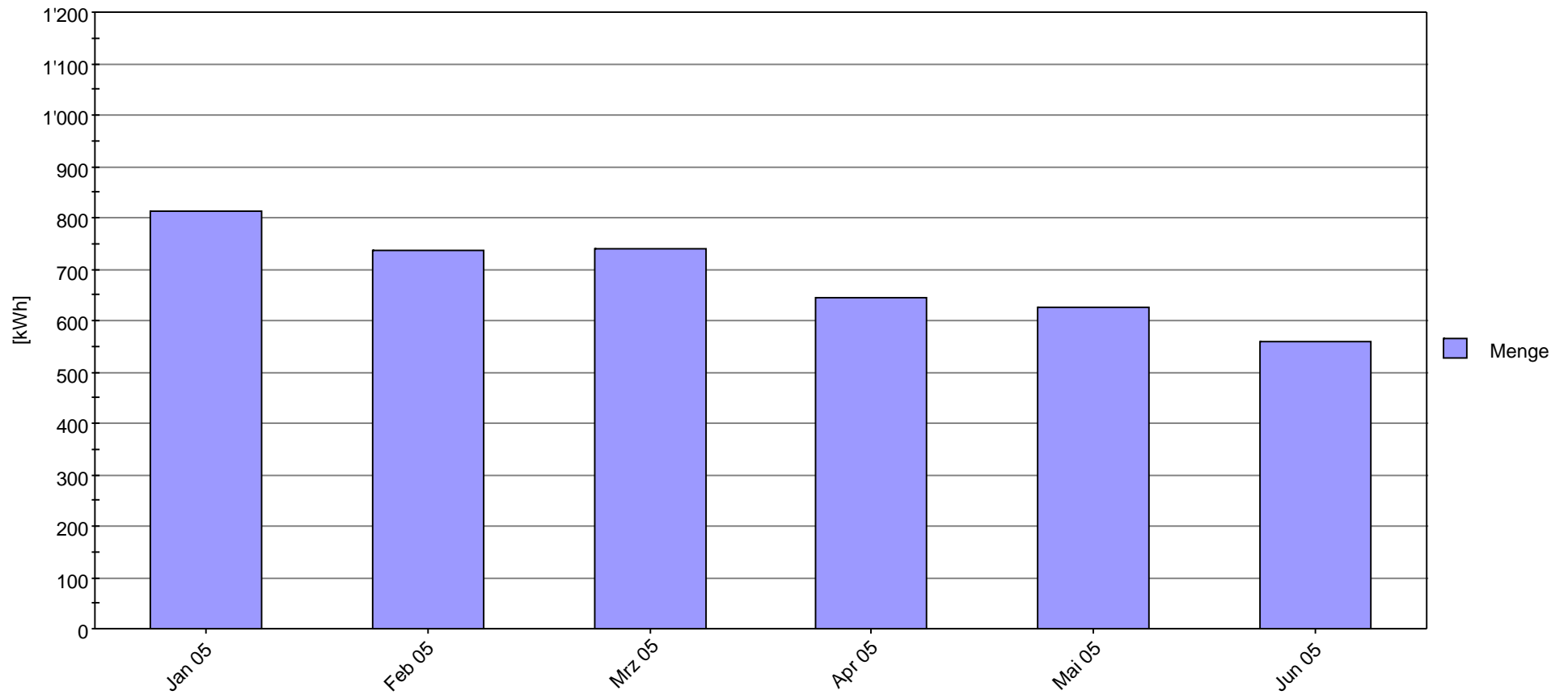
Menge 6'806 kWh

Mengen: Stromzähler

Periode: 01.01.2005 - 30.06.2005

Stoff / Messgrösse: Elektrizität

Negative Werte werden im Diagramm nicht angezeigt.



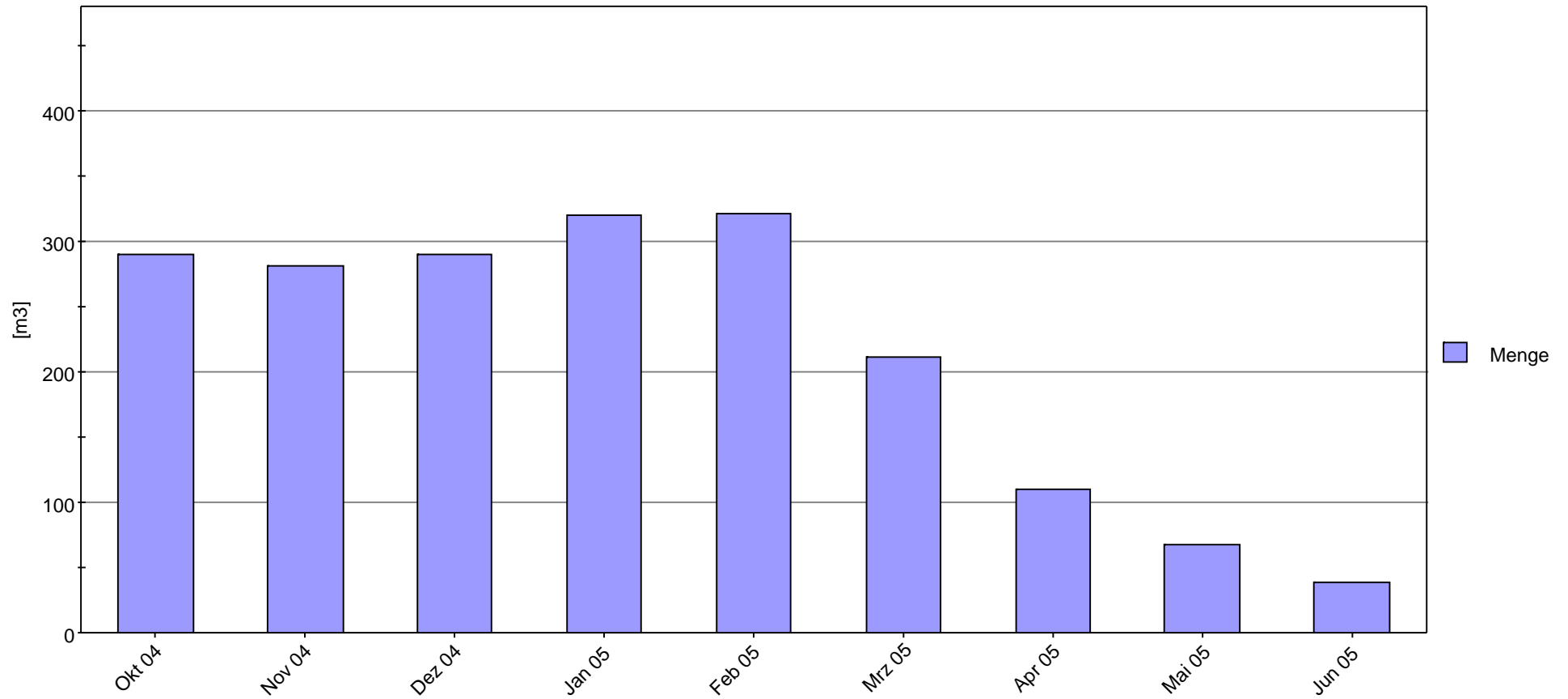
Menge 4'117 kWh

Mengen: Gaszähler

Periode: 01.10.2004 - 30.06.2005

Stoff / Messgrösse: Erdgas

Negative Werte werden im Diagramm nicht angezeigt.



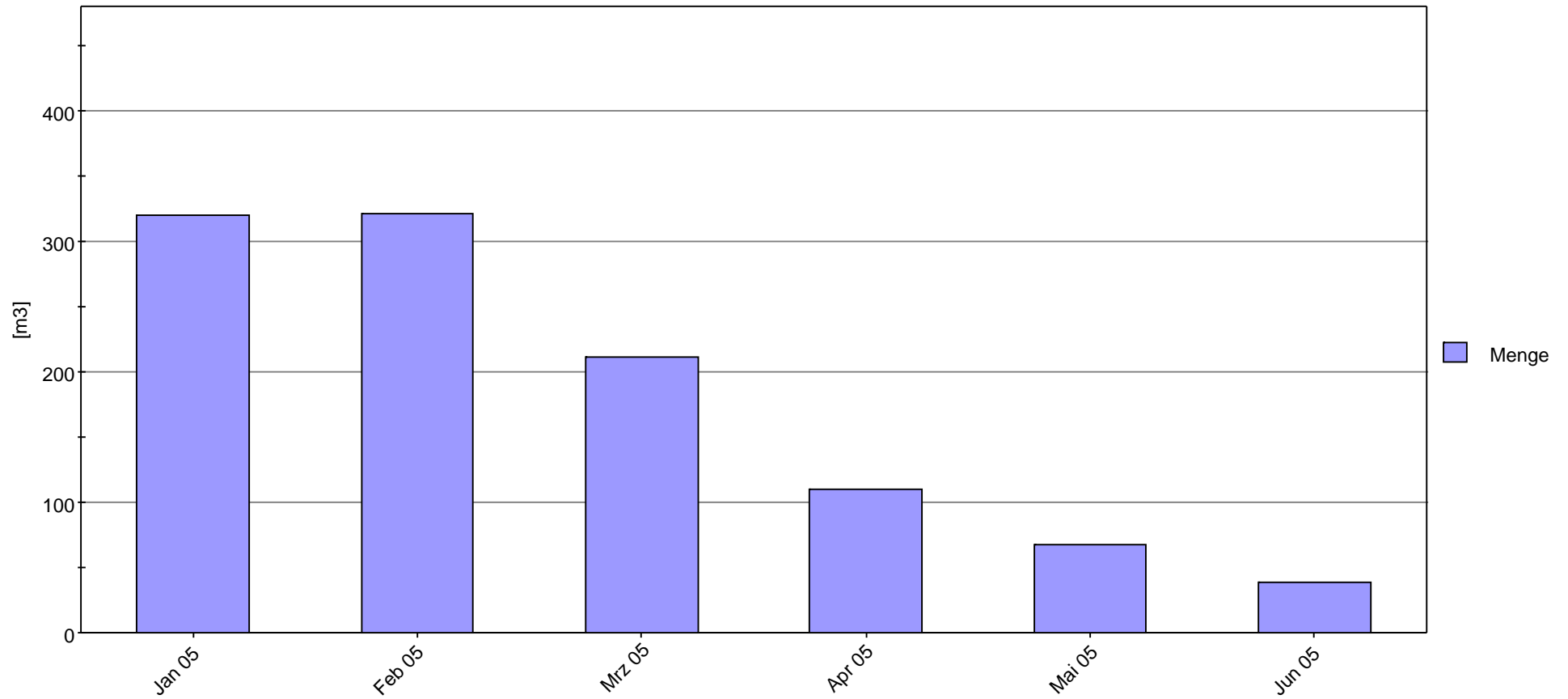
Menge 1'932 m3

Mengen: Gaszähler

Periode: 01.01.2005 - 30.06.2005

Stoff / Messgrösse: Erdgas

Negative Werte werden im Diagramm nicht angezeigt.



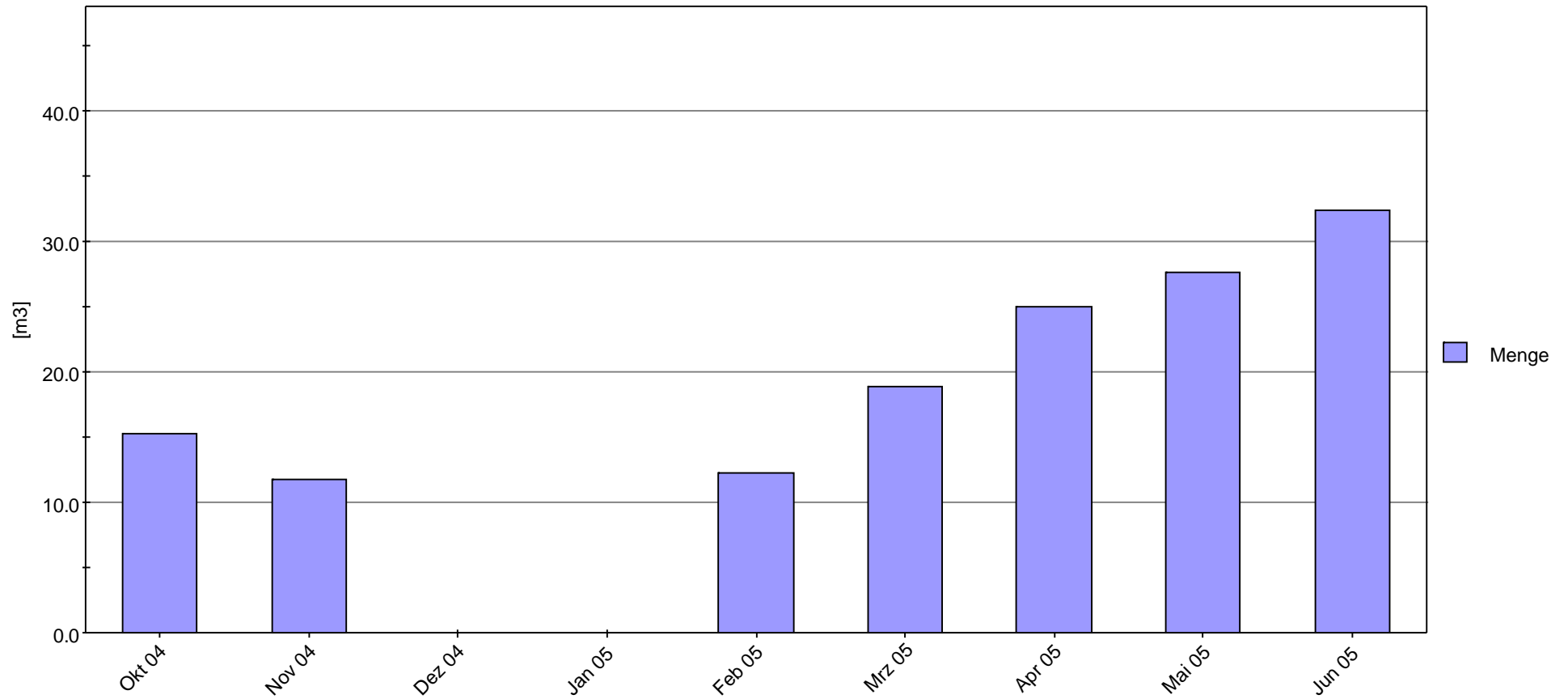
Menge 1'070 m3

Mengen: Wasser

Periode: 01.10.2004 - 30.06.2005

Stoff / Messgrösse: Wasser

Negative Werte werden im Diagramm nicht angezeigt.



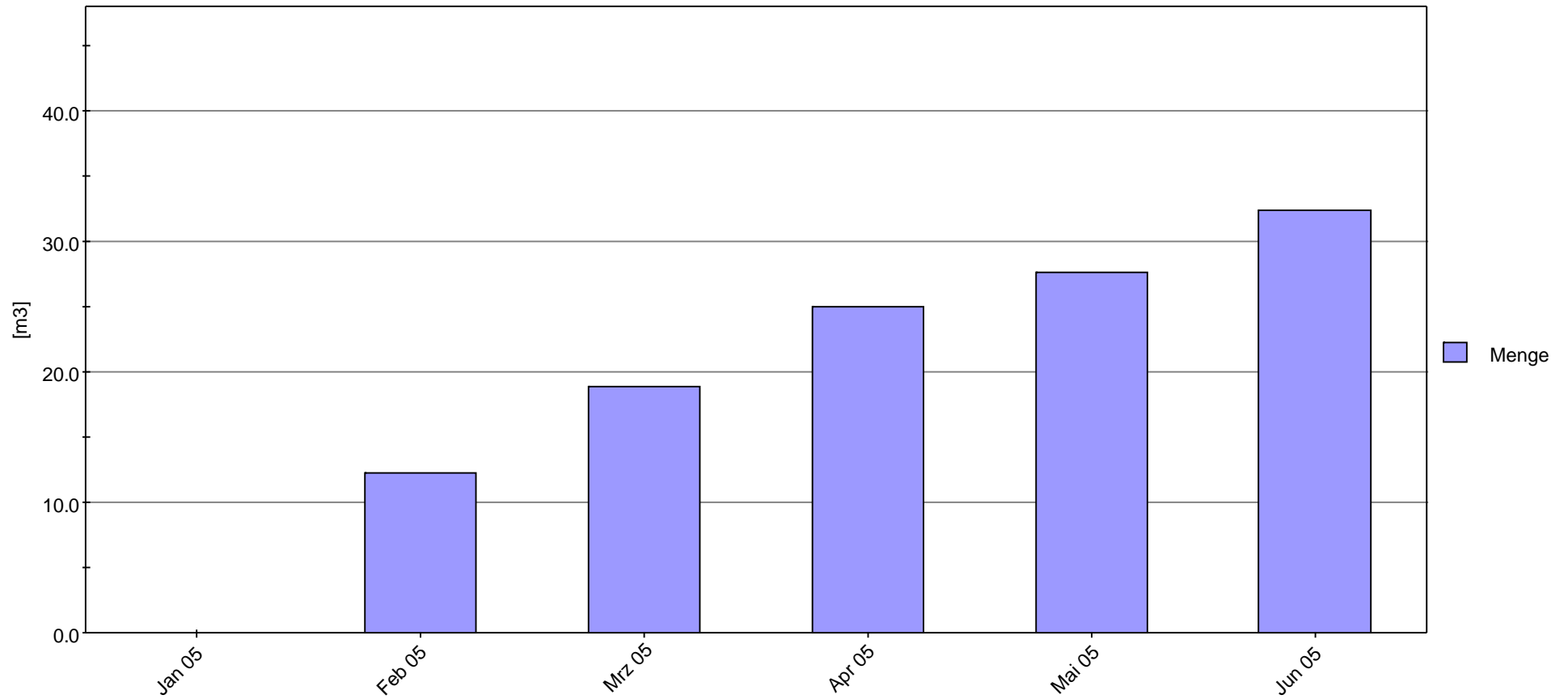
Menge 143 m3

Mengen: Wasser

Periode: 01.01.2005 - 30.06.2005

Stoff / Messgrösse: Wasser

Negative Werte werden im Diagramm nicht angezeigt.

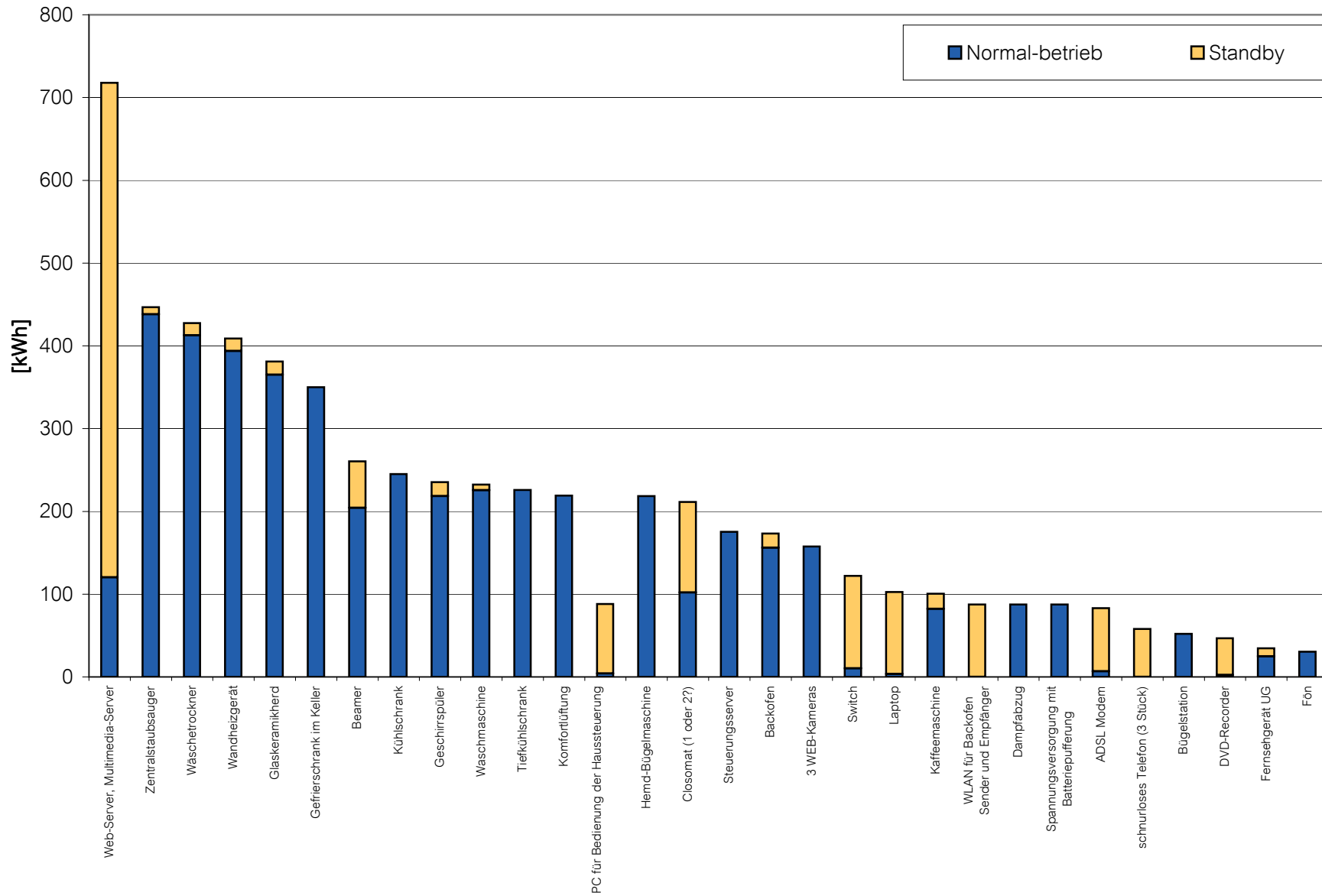


Menge 116 m3

Anhang 6: Geräte mit Jahresbezug über 30 kWh

(1 Seite)

Strombezug pro Jahr nach Gerät



Anhang 7: Geräte zu / infolge Vernetzung

(2 Seiten)

	Marke	Typ	Bus	Standby		Normalbetrieb		Strombezug pro Jahr		
				Leist- aufn. [W]	Dauer [h]	Bedarf [W]	Dauer [h]	Standby [kWh]	Normal- betrieb [kWh]	Total [kWh]
Geräte zu / infolge Vernetzung								1301	1080	2381
Weisse Ware								88	0	88
WLAN für Backofen Sender und Empfänger	Fujitsu Siemens	Connect 2Air WLAN AP 600 RP USB	WLAN Ethern.	10	8760			88	0	88
Zentrale Infrastruktur								641	466	1307
Steuerungsserver	Gira	Home Server 2	EIB	20	2190	20	18 h/d	44	131	175
Web-Server, Multimedia-Server	Sony	Infinion PCV-RZ540	Ethern.	78	6935	110	5 h/d	541	201	742
Display zu Web-Server	Sony	SDM-HS73		0.7	8660	32	2 h/w	6	3	9
ADSL Modem	Zyxel	Prestige DSL	Ethern.	9.5	7665	9.5	3 h/d	73	10	83
Kabelmodem	Cablecom	CV8035						0		
PC für Bedienung der Haussteuerung	Sony	Vaio	Ethern.	10	8030	10	2 h/d	80	7	88
Switch	Zyxel	ES 1016	Ethern.	14	6935	14	5 h/d	97	26	123
Spannungsversorgung mit Batteriepufferung	Merten	320 REG-K				10	8760	0	88	88
Beleuchtung								104	100	204
6 Kanal Universaldimmer für EG	Theben	DMG 2 / DME 2 / DME 2	EIB	3.29	7000	15	1760	23	26	49
6 Kanal Universaldimmer für OG	Theben	DMG 2 / DME 2 / DME 3	EIB	3.29	8000	15	760	26	11	38
12 Kanal Schaltaktoren für EG/OG	Theben	RMG 4 S / RME 4 S / RME 4 S	EIB	7.79	7000	7.79	1760	55	14	68
5 Bewegungsmelder	Merten	Argus 180 UP-Einsatz	EIB	0.65	0	0.65	8760	0	6	6
24 Taster	Merten		EIB	4.87	0	4.87	8760	0	43	43
Energie & Klima								188	100	288
8 Kanal Jalousie-/Schaltaktoren für EG	Theben	JMG 4 / RME 8	EIB	8.3	7000	8.3	1760	58	15	73
8 Kanal Jalousie-/Schaltaktoren für OG	Theben	JMG 4 / RME 8	EIB	8.3	8700	8.3	60	72	0	73
12 Kanal Jalousie-/Schaltaktoren für OG/UG	Theben	JMG 4 / RME 8	EIB	8.3	7000	8.3	1760	58	15	73
12 Kanal Schaltaktoren Lüftung, Netzfreeschaltung	Theben	RMG 4 S / RME 4 S / RME 4 S	EIB	7.79	0	7.79	8760	0	68	68
Wetterstation	Theben		EIB	0	0	0.20	8760	0	2	2
Sicherheit								0	206	206
4 Kanal Schaltaktoren Alarmierung	Theben	RMG 4 S	EIB	2.79		2.79	8760	0	24	24
8 Binäreingänge Fenster- und Türkontakte	Merten	REG-K/8x10	EIB			0.29	8760	0	3	3
8 Binäreingänge Rauchmelder, Energiezähler	Merten	REG-K/8x10	EIB			0.29	8761	0	3	3
Alarmierungsbaustein	ABB	SCM S1.1	EIB			1.92	8760	0	17	17
3 WEB-Kameras	Panasonic	KX-HCM230	EIB	18	0	18	8760	0	158	158
2 Präsenzmelder	Merten	Instabus-Argus-Präsenz	EIB	0.26	0	0.26	8760	0	2	2
5 Rauchmelder	Merten	Glasrauchmelder Connect	EIB							
Unterhaltung & Kommunikation								80	208	288
Netzwerk Receiver	Sony	Vaio	Ethern.	3.0	8000	7	2 h/d	24	4	28
Beamer	Sony	VPL CX85		7.0	8000	280	2 h/d	56	204	260

	Standby		Normalbetrieb		Strombezug pro Jahr			Bemerkungen Abkürzungen: PS: Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb PN: Leistungsaufnahme im Normalbetrieb
	Leist.- aufn. [W]	Dauer [h]	Bedarf [W]	Dauer [h]	Standby [kWh]	Normal- betrieb [kWh]	Total [kWh]	
Geräte zur / infolge Vernetzung optimiert					123	907	1030	
Weisse Ware					17	4	21	
WLAN für Backofen	2.0	8322	10.0	438	17	4	21	
Sender und Empfänger								
Zentrale Infrastruktur					67	450	516	
Steuerungsserver	1.0	2190	20.0	6570	2	131	134	nachts für 6 h im Standby
Web-Server, Multimedia-Server	3.4	6935	110.0	1825	24	201	224	13 h Standby bei 4 W 6 h Ruhezustand bei 2 W ergibt 3.4 W während 19 h
Display zu Web-Server	0.7	8660	32.0	100	6	3	9	2 h pro Woche Normalbetrieb
ADSL Modem	1.0	7665	9.5	1095	8	10	18	3 h pro Tag Normalbetrieb
Kabelmodem								ausser Betrieb
PC für Bedienung der Haussteuerung	2.5	8030	10.0	730	20	7	27	16 h Standby bei 3 W 6 h Ruhezustand bei 1 W ergibt 2.5 W während 22 h
Switch	1.0	6935	5.0	1825	7	9	16	5 h pro Tag Normalbetrieb
Spannungsversorgung mit Batteriepufferung			10.0	8760	0	88	88	Dauerbetrieb wegen Alarmanlage
Beleuchtung					0	81	81	
6 Kanal Universaldimmer für EG		7000	15.0	1760	0	26	26	
6 Kanal Universaldimmer für OG		8000	15.0	760	0	11	11	
12 Kanal Schaltaktoren für EG/OG		7000	7.8	1760	0	14	14	Annahme: PS = 0, PN = 2.5 W pro Gerät + 10 mA Busstrom für RMG 4
5 Bewegungsmelder	0.6	0	0.6	8760	0	5	5	durchschnittliche Stromaufnahme 4 mA 5 x 4 mA x 29 V
24 Taster	2.8	0	2.8	8760	0	25	25	durchschnittliche Stromaufnahme 4 mA 24 x 4 mA x 29 V
Energie & Klima					0	100	100	
8 Kanal Jalousie-/Schaltaktoren für EG		7000	8.3	1760	0	15	15	Annahme: PS = 0, PN = 4 W pro Gerät + 10 mA Busstrom für JMG 4
8 Kanal Jalousie-/Schaltaktoren für OG		8700	8.3	60	0	0	0	siehe oben
12 Kanal Jalousie-/Schaltaktoren für OG/UG		7000	8.3	1760	0	15	15	siehe oben
12 Kanal Schaltaktoren Lüftung, Netzfreeschaltung		0	7.8	8760	0	68	68	Annahme: PS = 0, PN = 2.5 W pro Gerät + 10 mA Busstrom für RMG 4
Wetterstation	0.2	0	0.2	8760	0	2	2	
Sicherheit					24	62	86	
4 Kanal Schaltaktoren Alarmierung			2.8	8760	0	24	24	Annahme: PS = 0, PN = 2.5 W pro Gerät + 10 mA Busstrom für RMG 4
8 Binäreingänge Fenster- und Türkontakte			0.3	8760	0	3	3	
8 Binäreingänge Rauchmelder, Energiezähler			0.3	8761	0	3	3	
Alarmierungsbaustein			1.9	8760	0	17	17	
3 WEB-Kameras	3.0	8000	18.0	760	24	14	38	
2 Präsenzmelder	0.3	0	0.3	8760	0	2	2	PN: Datenblattwert 29 V; 4.5 mA
5 Rauchmelder								Batteriespeisung
Unterhaltung & Kommunikation					16	209	225	
Netzwerk Receiver	1.0	8030	6.5	730	8	5	13	2 h Normalbetrieb pro Tag
Beamer	1.0	8030	280.0	730	8	204	212	2 h Normalbetrieb pro Tag

Energieeffizienz im Intelligenten Wohnen

Empfehlungen für Planung und Ausführung

Intelligentes Wohnen

Intelligentes Wohnen heisst, dass die technischen Einrichtungen der Wohnräume eine hohe Funktionalität und Flexibilität bieten, einfach zu bedienen sind, sich automatisch an die Bedürfnisse der Bewohner anpassen und in jedem Raum zur Verfügung stehen. Dazu gehört die Haussteuerung für die Bereiche Beleuchtung, Beschattung, Heizung, Lüftung und Sicherheit sowie die Vernetzung von Haushaltgeräten und Geräten für die Unterhaltung, Information und Kommunikation. Möglich wird Intelligentes Wohnen durch die digitale Vernetzung von Sensoren, Aktoren, Controllern und Gateways. PCs in allen Ausführungen (stationär und mobil) kommen dabei zum Einsatz als zentrale Steuer- und Speichergeräte und als Bedienstation. Kommuniziert wird mittels Bustechnik, also der digitalen Übertragung von Daten zwischen den Geräten mit normierten oder firmenspezifischen Protokollen, über verschiedene physikalische Medien wie verdrillte Zweidraht-Kupferleitung, Funk, Überlagerung auf dem 230V-Netz oder Lichtwellenleiter.

Geräte zur Befehlskommunikation im Intelligenten Wohnen mit Bustechnik:

- *Sensoren*: befehlsgebende Geräte wie Taster, Fühler usw.
- *Aktoren*: befehlsausführende Geräte wie Schalt-/Dimmgerätee, Ventilantriebe usw.
- *Controller*: Geräte, welche aus Bustelegrammen durch logische und rechnerische Funktionen neue Befehle erzeugen
- *Gateways*: Schnittstellen zu anderen Systemen oder zu externen Ankopplungen, heute meistens über Internet

Problematik Standby-Verbrauch

Im Unterschied zur konventionellen Elektroinstallation wird Energie und Steuerung getrennt. Die Steuerungsfunktionen werden durch logische Verknüpfungen und durch Parametrierung der Geräte festgelegt. Dafür besitzen alle vernetzbaren Komponenten programmierbare Mikroprozessoren, welche normalerweise ununterbrochen im Betrieb sind. Damit entsteht durch das Intelligente Wohnen die Problematik eines hohen Standby-Verbrauchs. Das Bundesamt für Energie gab bereits im Jahr 2000 eine Studie in Auftrag, die die Folgen der Verbreitung des Intelligenten Wohnens auf den Energieverbrauch in der Schweiz untersuchte. Die Resultate wurden durch Messungen an zwei Pilotprojekten verifiziert: Futurelife Hünenberg (www.futurelife.ch) und Smarthome Chur (www.cleverwohnen.ch).

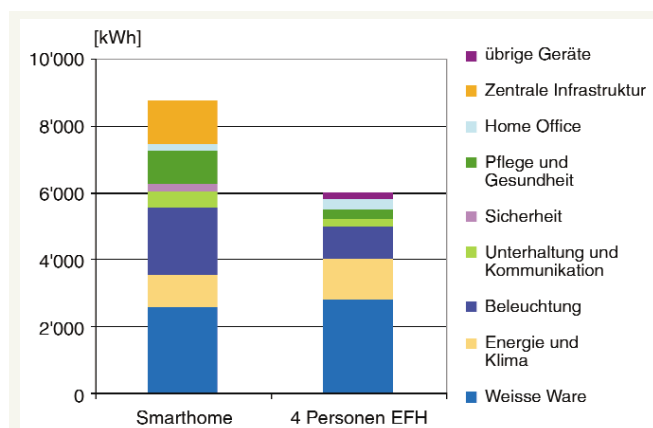
Fazit der Studien und Messungen: Falls die Vernetzung im Haushalt in den nächsten 20 Jahren eine weite Verbreitung findet und wenn die Energieeffizienz der Geräte auf dem heutigen Stand stehen bliebe, so würde die Vernetzung eine jährliche Zunahme des Haushaltstrombezuges von durchschnittlich 1,3% oder 30% total herbeiführen.

Mit wenigen griffigen Massnahmen kann dieser Mehrbezug massgeblich reduziert werden. In der Industrie laufen derzeit Entwicklungen, welche die Energieeffizienz der kommenden Generation von Geräten (Sensoren, Aktoren, PC, Server) stark verbessern werden. Zudem bietet das Intelligente Wohnen dank der vernetzten Sensorik-Aktorik hohes Potenzial für Einsparungen, welches unbedingt in Zukunft genutzt werden soll!

Dieses Merkblatt beschränkt sich auf wesentliche Aspekte bezüglich Einsatz von elektronischen Geräten, Speisung und Beleuchtung – gestützt auf die Prioritäten gemäss den bisherigen Untersuchungen. Mit diesen wenigen Massnahmen kann die prognostizierte Zunahme des Strombezuges bereits um 30% reduziert werden.

Elektrizitätsverbrauch (Haushaltstrom) und Sparpotenzial

Mit 8 750 Kilowattstunden pro Jahr ist der Strombezug im Smarthome Chur um 50% höher als in einem Durchschnittshaushalt vergleichbarer Grösse. Verschiedene Gerätekategorien, speziell die Beleuchtung und der Bereich Pflege und Gesundheit, tragen zu dieser Zunahme bei. Bei anderen Anwendungen ist der Strombezug tiefer, so bei den Haushaltgeräten («Weisse Ware») und im Bereich Energie und Klima.



Vergleich Strombezug Smarthome und Einfamilienhaus 1992 Encontrol

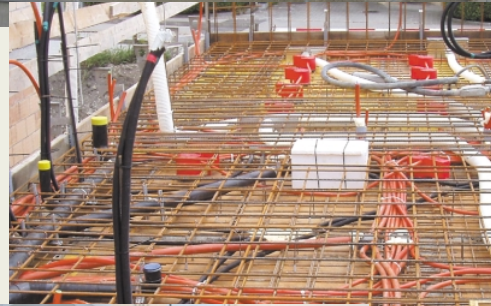
Pilotprojekt Smarhome Chur

Das Smarhome Chur entstand aus privater Initiative. Im Vordergrund standen die Alltagstauglichkeit und ein begrenztes Budget für die Realisierung. Die Haustechnik wurde hier also mit heute am Markt eingeführten Komponenten realisiert. Konkrete Ergebnisse daraus werden zur Verdeutlichung in diesem Merkblatt erwähnt, ohne diese als allgemeingültig darstellen zu wollen.

Die Vernetzung im Smarhome Chur basiert – wie generell in vielen modernen Objekten – grundsätzlich auf zwei Kommunikations- und Steuersystemen:

- *Ethernet (TCP/IP)*: Sternverkabelung, mit zentralem Patchverteiler im UG, für die Übertragung der Daten für Bild, Video, Audio und zentrale Bedienung
- *KNX/EIB (Twisted Pair)*: Für Steuerung und Regelung von Beleuchtung, Beschattung, Heizung, Lüftung, Aussenhaut-Überwachung usw.

Für die Vernetzung der Unterhaltungselektronik steht ein Server zur Verfügung, auf den über Ethernet und Media Receiver der Beamer im Wohnzimmer und ein PC in der Küche zugreifen. Für die übergeordneten Steuerfunktionen der KNX/EIB-Daten, deren Visualisierung sowie den Übergang auf Ethernet und Internet steht ein zweiter Server (Linux) zur Verfügung. Die zentrale Bedienung aller Gewerke erfolgt über Browser, womit den Benutzern mit einem Bedienelement der Zugang zu allen Funktionen ermöglicht wird. Die Zusammenlegung aller Funktionen in einem Server würde in Bezug auf den Energieverbrauch Vorteile bringen. Allerdings kommen die Geräte und Systeme aus zwei völlig



verschiedenen Branchen und werden vorläufig auch getrennt angeboten. Zudem sind viele Experten der Ansicht, dass eine Trennung der Systeme auch zur Erhöhung der Sicherheit und der klaren Verantwortlichkeiten Sinn macht.

verschiedenen Branchen und werden vorläufig auch getrennt angeboten. Zudem sind viele Experten der Ansicht, dass eine Trennung der Systeme auch zur Erhöhung der Sicherheit und der klaren Verantwortlichkeiten Sinn macht.

Als neue Anwendungskategorie kommt die zentrale Infrastruktur mit den elektronischen Geräten für die Vernetzung dazu.

Der zusätzliche Strombezug der Geräte, die der Vernetzung dienen oder direkt damit in Zusammenhang stehen, beläuft sich auf rund 2 400 kWh pro Jahr. Hier besteht ein hohes Einsparpotential: So würde ein funktionierendes Energiemanagement bei den Geräten der zentralen Infrastruktur den Strombezug dieser Anwendungsgruppe von über 1 300 kWh auf 550 kWh reduzieren. Zusammen mit einer energieeffizienten Beleuchtung durch Sparlampen und Leuchtstoffröhren anstelle von Niedervolt-Halogenlampen und Verzicht auf dimmbare Beleuchtung könnte der Strombezug des Gebäudes um 1 700 kWh oder 20% reduziert werden.

Verbesserungspotenziale im Intelligenten Wohnen

Der zusätzliche Elektrizitätsverbrauch, der sich aus dem Intelligenten Wohnen ergibt, kann mit wenigen Massnahmen stark eingeschränkt werden:

- Ganze Gebäudesteuerung inkl. Gefahrenmeldeanlagen über ein einziges Bussystem mit zentraler Speisung der Linien (z.B. KNX/EIB)
- Einsatz von Sensoren, Aktoren und Controllern für die Gebäudesteuerung mit tiefem Strombedarf (24-Stunden-

Betrieb). Vermehrter Einsatz von «Embedded-Servern» ohne Lüfter und andere bewegte Teile

- Einsatz eines Servers für die Audio-/Video-Vernetzung mit aktiver Energieverwaltung, die den Server bei Nichtbenutzung in einen Ruhezustand mit reduzierter Leistungsaufnahme überführt
- Einfache externe Anbindung z.B. mit ADSL-Modem und Kabelnetz-Anschluss
- Wo möglich Verzicht auf WLAN wegen den Standby-Verlusten
- Verzicht auf eine unterbrochene Stromversorgung (USV)
- Einsatz von energieeffizienten Leuchtmitteln

Eine «good night» resp. eine «good bye»-Funktion verhindert bei den Audio-Video-Geräten den unnötigen Standby-Bezug. Darauf soll speziell auch bei Beamern geachtet werden, welche einen hohen Standby-Bezug haben.

Server-/Client-Betrieb mit Energiemanagement

Die Untersuchung im Smarhome Chur zeigt, dass beim Server für die Audio-Video-Vernetzung kein wirksames Energiemanagement aktiviert wurde. Damit wird der AV-Server zum grössten Stromverbraucher (720 kWh/Jahr, Stromkosten ca.

CHF 500 in 5 Jahren!), obwohl er zeitlich nur einige Stunden pro Tag wirklich benutzt wird. Das Einsparpotential durch ein effizientes Energiemanagement beträgt 600 kWh/Jahr oder 80%!

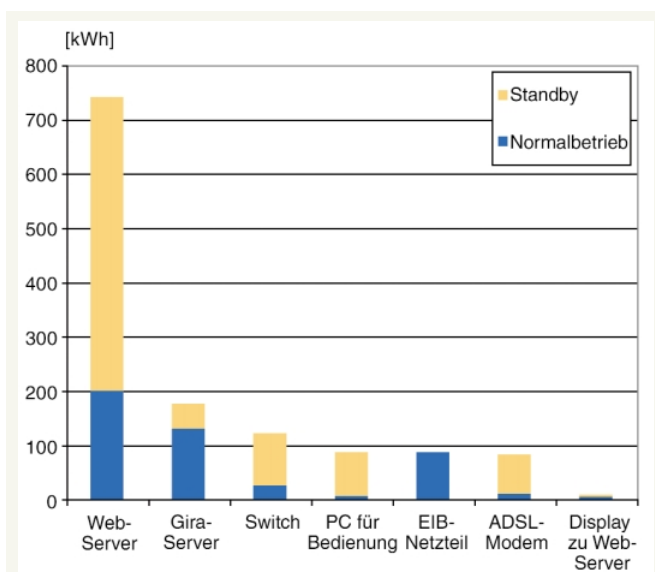
Sowohl Server wie auch PCs als Clients für die Bedienung der Steuerung müssen über ein funktionierendes Energiemanagement verfügen. Alle Einstellungen müssen korrekt vorgenommen und die Standby- und Ruhezustände vorbereitet sein. Nach einer bestimmten Zeit der Inaktivität sollen die Geräte in einen Bereitschaftsbetrieb mit wesentlich reduzierter Leistungsaufnahme übergehen.

Für die Benutzer des Intelligenten Wohnens ist es kaum möglich, dieses Problem selbst zu lösen. Dazu sind vertiefte Kenntnisse des Servers und des Betriebssystems notwendig. Die Verantwortung liegt beim Lieferanten der Anlage. Diesbezügliche Anstrengungen der Industrie sind im Gange. Verlangen Sie als Planer oder Anlagenerrichter bei der Ausschreibung für künftige Projekte ein funktionierendes Energiemanagement und einen tiefen Standby-Verbrauch.

Server, PC und Bus-Steuerung sollen so aufgesetzt sein, dass alle Komponenten nach einem Stromausfall automatisch und fehlerfrei wieder hochfahren. Damit kann auf eine USV-Anlage verzichtet werden.

Bustechnik für Haussteuerung und Sicherheit

Die zentrale Anordnung der Schaltaktoren in einem Elektroverteilkasten bietet einige Vorteile: Durch die Konzentration von Schaltkanälen auf möglichst wenige Aktoren werden weniger Busankoppler und Systemgeräte benötigt, was wiederum den Standby-Verbrauch vermindert. Zudem sind die Schaltleitungen im ausgeschalteten Zustand stromlos, was sich günstig auf die elektromagnetischen Emissionen im Wohnbereich auswirkt. Auch Schaltgeräusche im Wohnbereich sind so sicher kein Thema.



Stromverbrauch von Geräten der zentralen Infrastruktur im Smarthome Chur: Viel Effizienzpotenzial mit Energiemanagement! Encontrol

Dezentrale Geräte sollten – wie beim EIB/KNX – über die Busleitung versorgt werden, da so keine dezentralen Stecker-netzteile oder Batterien benötigt werden. Damit wird einerseits der Standby-Verbrauch reduziert und andererseits der Wirkungsgrad der Stromversorgung erhöht.

Mit einer Integration aller Gewerke inkl. der Gefahrenmeldeanlage kann der Aufwand an Verkabelung und an elektronischen Geräten optimiert werden. Bei Bedarf kann die Speisung des Bussystems mit einer Batterie auf tiefem Spannungsniveau gestützt werden, z. B. wenn dieses auch Sicherheitsfunktionen erfüllt. Damit kann auf den Einsatz einer USV-Anlage verzichtet werden.

Eine neue Generation energieeffizienter Aktoren und Sensoren ist in Entwicklung und wird demnächst am Markt erhältlich sein.

Haushaltgeräte und Standby

Geräte wie Waschmaschine, Tumbler, Backofen etc. sind alle während einem Grossteil der Zeit im eigentlichen Sinne ausgeschaltet. Die elektronischen Komponenten wie Anzeigen oder Uhren verursachen einen Standby-Energiebedarf, der aber bei guten Geräten durchwegs tief ist. Zusätzlich kommen nun vernetzbare Geräte auf den Markt, welche sich z.B. über Touch-Panels bedienen lassen. Für die Energieeffizienz ist es wichtig, dass die Ankopplung dieser Haushaltgeräte über die gleiche Vernetzung erfolgt, wie für das übrige Intelligente Wohnen und keine zusätzlichen Modems notwendig sind.

Beleuchtung

Vom energetischen Standpunkt her ist eine gedimmte Beleuchtung nicht optimal. Besser ist es, die Beleuchtungsstärke in einem Raum durch Zu- und Wegschalten von einzelnen Leuchten zu steuern. So können auch Sparlampen verwendet werden, die rund 75% weniger Energie benötigen als Glühlampen und zudem eine wesentlich höhere Lebensdauer haben. Niedervolt-Halogenlampen haben zwar eine leicht bessere Energieeffizienz als Glühlampen, bleiben aber immer noch weit unterhalb der Werte von Leuchtstoff- und Energiespar-Lampen. Wenn schon Niedervolt-Halogenlampen eingesetzt werden, so sollten Ausführungen mit Infrared Coating (IRC) verwendet werden. Bei diesen Modellen ist die Beleuchtungsstärke etwa 30% höher. Bald werden nun auch dimmbare Sparlampen verfügbar sein.

Der Vergleich der Leistungsaufnahme einer Lampe mit 700 Lumen Lichtstrom zeigt frappante Unterschiede:

- Glühlampe: 60 W
- Niedervolt-Halogenlampe: 35 W
- «Sparlampe» (Fluoreszenzlampe): 15 W

Auch Bewegungs- und Präsenzmelder tragen, kombiniert mit Helligkeitssensoren, beträchtlich zur Einsparung von Energie bei. Mit der Steuerung über ein Bussystem können zudem Funktionen realisiert werden, welche zur Energieeffizienz beitragen, wie: Zentral-Aus-Taster, beispielsweise beim Eingang,

oder Zentral-Aus kombiniert mit dem Türschloss. Eine weitere Möglichkeit sind Szenentaster, die die gewünschte Beleuchtungsstärke und die Beleuchtungsstimmung mit einem Tastendruck einstellen.

Messung Energiebezüge

Auch das automatische Energiecontrolling gehört zum Intelligenten Wohnen. Der Energiezähler des Energielieferanten kann mit einem Impulsgeber ausgerüstet werden, was minimale Mehrkosten verursacht. Die Messimpulse werden direkt im Steuerungsserver ausgewertet und z.B. in der Visualisierung der Steuerung dargestellt.

Optimierungspotenzial dank Vernetzung

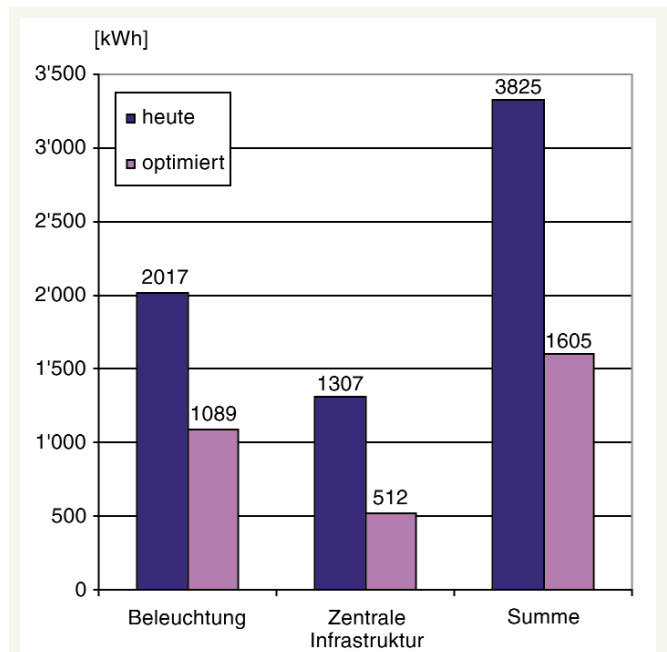
Dank vernetzter Steuerung und Regelung können Beleuchtung, Beschattung, Heizung, Lüftung, Wassererwärmung usw. in die Automatisierung mit einbezogen werden wie z.B.:

- Heizung und Wassererwärmung abgesenkt bei Abwesenheit, rechtzeitig wiedereinschaltbar über Internet oder Handy
- Heizung reduzieren, wenn Fenster offen
- Beschattung automatisch gesteuert, so dass eine Überhitzung der Räume vermieden wird und eine Kühlung unnötig ist

Durch die Kreativität von Planern und ausführenden Unternehmen steckt im Intelligenten Wohnen ein hohes Potenzial an Energieeffizienz. Eine neue Generation von adaptiven Reglern unterstützt den Planer bei der Implementation solcher Funktionen.



Zentrale Anordnung der Schaltaktoren im Elektroverteilkasten, wie hier im Smarthome Chur, bietet einige Vorteile
BUS-House



Einsparpotenzial durch effiziente Beleuchtung und konsequentes Energiemanagement bei der zentralen Infrastruktur am Beispiel Smarthome Chur Encontrol

Abkürzungen und Links:

- ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line, Technik für Breitband Kommunikation über den Telefonanschluss
- KNX/EIB: Konnex/European Installation Bus
www.konnex-swiss.ch
- IRC: Infrared Coating, effiziente Niedervolt-Halogenlampen
- USV: Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlage
- WLAN: Wireless Local Area Network; drahtloses, lokales Netzwerk

Hinweise und Infos:

Weitere Informationen über das Programm «Elektrizität» des BFE stehen auf folgender Website zur Verfügung:
www.electricity-research.ch

Verwandte Studien aus dem Forschungsprogramm «Elektrizität» des BFE:

Aebischer B. & Huser A. (2000): *Vernetzung im Haushalt – Auswirkungen auf den Stromverbrauch*, CEPE und Encontrol GmbH, Bern, 2000

Schumann T. & Guillemin A. (2004): *Adhoco: Home Automation System*, Adhoco AG, Bern, 2004

Impressum:

Bundesamt für Energie, November 2005
Download: www.electricity-research.ch

Ausgearbeitet von BUS-House, Richard Staub / Marica Giannetta