



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und  
Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Energie BFE**

**Schlussbericht** 29. September 2010

---

## **MEGA**

Mehr Energieeffizienz durch gezielte Anwender-  
informationen

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Kofinanzierung:**

BKW FMB Energie AG, CH-3000 Bern  
EWZ Stromsparfonds, CH-8050 Zürich  
Swisscom, CH-3050 Bern  
Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt, Energiefachstelle, CH-4051 Basel

**Auftragnehmer:**

Hochschule Luzern Technik & Architektur, CEESAR - iHomeLab  
Technikumstrasse 21  
CH-6048 Horw  
[www.ihomelab.ch](http://www.ihomelab.ch)

**Autoren:**

Michael Fercu, Hochschule Luzern T & A, CEESAR - iHomeLab  
Rolf Kistler, Hochschule Luzern T & A, CEESAR - iHomeLab  
Dipl. Ing. Armin Egli, Hochschule Luzern T & A, ISIS  
Dr. Justus Gallati, Hochschule Luzern – Wirtschaft

**BFE-Bereichsleiter:** Dr. Michael Moser

**BFE-Programmleiter:** Roland Brüniger

**BFE-Vertrags- und Projektnummer:** 153458 / 102668

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Inhaltsverzeichnis .....                        | 3  |
| Zusammenfassung .....                           | 5  |
| Resumé .....                                    | 5  |
| Riepilogo .....                                 | 6  |
| Abstract .....                                  | 6  |
| Ausgangslage .....                              | 7  |
| Problemstellung .....                           | 7  |
| Ziel der Arbeit .....                           | 8  |
| Methode .....                                   | 8  |
| Recherche .....                                 | 10 |
| Trends und Grundlagen .....                     | 10 |
| Energieeffizienz .....                          | 10 |
| Smart Metering .....                            | 11 |
| Intelligentes Wohnen und Smart Homes .....      | 15 |
| Energie und Motivation .....                    | 17 |
| Direkte und indirekte Energie .....             | 18 |
| Energie im Alltag .....                         | 18 |
| Motivationswerkzeuge .....                      | 19 |
| Feedback .....                                  | 21 |
| Energiesparpotential .....                      | 24 |
| Sicherheit und Privatsphäre .....               | 29 |
| Projekte und Studien .....                      | 31 |
| Einführung .....                                | 31 |
| Energieeffizienzprojekte .....                  | 32 |
| Fazit .....                                     | 32 |
| Ergebnisse .....                                | 35 |
| Anforderungen .....                             | 35 |
| Stakeholders .....                              | 36 |
| Benutzer .....                                  | 39 |
| Demografie: Zusammenfassung .....               | 40 |
| Anforderungen an ein ideales System .....       | 43 |
| Anschaffung, Installation und Betrieb .....     | 43 |
| Benutzerinterface .....                         | 44 |
| Motivation .....                                | 45 |
| Technische Anforderungen .....                  | 46 |
| Energiespeicherung .....                        | 46 |
| Datenkommunikation .....                        | 50 |
| Datenspeicherung und Verarbeitung .....         | 53 |
| Präsentation .....                              | 58 |
| Systemfeatures .....                            | 62 |
| Systemkonzept .....                             | 67 |
| Einführung .....                                | 67 |
| Definitive Systemfeatures .....                 | 67 |
| Systemkomponenten .....                         | 67 |
| Systemarchitekturen .....                       | 68 |
| Systemvorschläge .....                          | 73 |
| Prototyp im iHomeLab .....                      | 73 |
| Smart Metering Ansatz .....                     | 76 |
| Ansatz Dedizierte Einzelverbrauchsmessung ..... | 78 |
| Smart Home Ansatz .....                         | 80 |
| Visualisierung & Interaction Konzept .....      | 82 |
| Einleitung .....                                | 82 |
| Konzeptansatz Visualisierung Energie .....      | 82 |

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| Visualisierung Benutzerführung Startseite .....           | 83  |
| Visualisierung Benutzerführung Infocenter Energie .....   | 83  |
| Konzeptansatz Motivation .....                            | 84  |
| Demonstration Prototyp .....                              | 85  |
| Prototyp Architektur .....                                | 85  |
| Hardwarebeschreibung .....                                | 85  |
| Sensoren und Aktoren .....                                | 85  |
| Prozesseinheit und Display .....                          | 86  |
| Software Design .....                                     | 87  |
| Technologie .....                                         | 87  |
| Software Architektur .....                                | 88  |
| Prototyp im iHomeLab .....                                | 93  |
| Schlussfolgerungen .....                                  | 98  |
| Danksagungen .....                                        | 100 |
| Symbolverzeichnis .....                                   | 100 |
| Referenzen .....                                          | 100 |
| Anhang A .....                                            | 105 |
| Projekte und Studien: Energieeffizienzprojekte .....      | 105 |
| Projekte und Studien: Smart Metering Installationen ..... | 112 |
| Smart Metering und Feedback Projekte in der Schweiz ..... | 112 |
| Smart Metering Projekte in Europa .....                   | 113 |
| Smart Metering Projekte Weltweit .....                    | 115 |
| Anhang B .....                                            | 117 |
| Existierende Technologien, Produkte & Systeme .....       | 117 |
| Energiemessung .....                                      | 117 |
| Datenkommunikation .....                                  | 122 |
| Datenspeicherung und Verarbeitung .....                   | 131 |
| Präsentation .....                                        | 135 |
| Smart Energy Produkte und Systeme .....                   | 139 |
| Anhang C .....                                            | 162 |
| Produktrecherche Energie-Feedbacksysteme .....            | 162 |
| Smart Meter .....                                         | 162 |
| Prepayment Meter .....                                    | 162 |
| Plug-In Meter .....                                       | 163 |
| LCD In-home Displays .....                                | 164 |
| Handsets & Multifunction Devices .....                    | 176 |
| Web Solutions & Software Dashboards .....                 | 177 |
| Per Consumer Submetering Systems .....                    | 182 |
| Smart Thermostats .....                                   | 185 |
| Ambient System Summary .....                              | 187 |
| Anhang D .....                                            | 190 |
| Basismotive des Reissmodells .....                        | 190 |
| Demografie .....                                          | 190 |

# Zusammenfassung

Personen sind eher motiviert Energie zu sparen, wenn ihnen Informationen über ihren persönlichen Energieverbrauch zur Verfügung gestellt werden. Mit einer ansprechenden Visualisierung der aktuellen, präzisen und nach Verbrauchern aufgeschlüsselten Energieverbrauchszahlen sowie begleitenden Massnahmen wird dem Bewohner eines Privathaushalts bewusst, wie effizient bzw. ineffizient sein Konsumverhalten ist und wie er reagieren muss. Er kann selbst bewerten, wie effektiv eine Massnahme ist und wo es aus finanziellen oder ökologischen Gründen Sinn macht, Energie zu sparen ohne dabei auf Komfort verzichten zu müssen. Dieses Projekt wurde ins Leben gerufen, um den Aufbau von technisch und wirtschaftlich realisierbaren Möglichkeiten aufzuzeigen, die das Bewusstsein für Energie und diesbezüglichen Sparmöglichkeiten fördern. Ein Prototyp in Form eines interaktiven Displays im Haus liefert in Echtzeit ein Feedback über den momentanen Energiehaushalt und bietet diverse Zusatzdienste an. Um diesem Ziel näher zu kommen, wurden Nachforschungen zu den idealen Eigenschaften eines solchen Systems angestellt und daraus eine Reihe von Anforderungen und schliesslich vier mögliche Systemarchitekturen abgeleitet und bewertet. Diese basieren auf Resultaten von Recherchen über existierende Energieeffizienz- und Energiesparprodukte, aus Erfahrungen von Feldversuchen und aus wissenschaftlichen Studien. Drei der vier vorgeschlagenen Architekturen benötigen Technologien, die voraussichtlich innerhalb des nächsten Jahrzehnts zur Verfügung stehen werden. Der vierte Vorschlag ist ein Demonstrator der die Umsetzung im iHomeLab aufzeigt. Dieser Prototyp ist ein offenes, modulares, robustes und Plattform unabhängiges Software Framework, das Daten und Abläufe erfasst und sie interaktiv und visuell auf handelsüblicher Hardware darstellt, wie sie in den meisten Haushalten vorhanden ist. Die Ergebnisse dieses Projekts zeigen, dass Energie-Feedback-Systeme durchaus sinnvoll sind, wenn man sich an gewisse Leitlinien für das Systemdesign und insbesondere auch die Gestaltung und die verwendeten „Motivationswerkzeuge“ hält. Allerdings sind eine Weiterentwicklung der Infrastruktur sowie die Ausarbeitung des Design- und Motivationskonzepts notwendig, um ein solches System wirklich einfach, günstig und somit massentauglich werden zu lassen.

## Resumé

Les gens sont plus motivés à conservé l'énergie et les ressources naturelles quand on leur offre des informations motivantes et personnalisées sur son utilisation. En présentant l'information sur la consommation énergétique à l'aide des compteurs énergétiques de la maison et avec les actions recommandées le client résidentiel devient conscient de la façon efficace dont l'énergie est consommée chez soi et peut décider lui-même comment la conserver. Ces informations peuvent offrir une mesure précise sur le degré d'efficacité de l'action de conserver même pour les habitants qui ne connaissent pas encore ou qui ne sont pas encore motivés financièrement où écologiquement. Ce projet a été conçu pour construire les connaissances en ce qui concerne les moyens techniques et économiques faisables et pour ouvrir une conscience de l'énergie (surtout celle de l'électricité) pour des raisons de conservation. Ceci applique un prototype singulier d'un très efficace system de feedback de l'énergie, c'est-à-dire, en étant interactif, en temps réel, avec un affichage à domicile. Pour atteindre cet objectif, quatre variantes de systèmes architecturales, un paquet de demandes et de caractéristiques idéales pour le système sont synthétisés. Elles sont fondées sur les résultats de la recherche qui évalue l'efficacité des méthodes de la conservation de l'énergie et les études sur ce type de technologie. Trois des quatre systèmes proposés représentent des technologies énergétiques qu'on attend dans les prochaines dix années. Le quatrième système proposé est un prototype démonstratif crée afin d'être implémenté dans les iHomeLab. Ce prototype est un logiciel framework ouvert, modulaire, robuste qui ramasse et ordonné des dates en les présentant d'une manière interactive et visuelle sur les outils disponibles dans la plupart des ménages. Les résultats de ce projet indiquent que la production d'un tel système de mesurer l'énergie est pratique et indiquent aussi la façon dont on peut construire ce type de système. Quand même, on voit la nécessité du développement des infrastructures et l'élaboration de la conception pour le déploiement de masse.

## Riepilogo

Gli individui sono più motivati a risparmiare sul loro personale consumo di energia e di risorse naturali quando essi sono debitamente provvisti di informazioni sul corrispettivo uso. Presentando informazioni sul consumo di energia da contatori della residenza assieme a azioni di risparmio energetico raccomandate, il cliente residenziale si rende conto di quanto efficace o meno sia l'energia consumata nella sua casa e quindi può decidere in che modo agire. Queste informazioni possono fornire una misura accurata sull'efficacia di possibili azioni di risparmio energetico anche a persone che non conoscono ancora o non sono ancora motivati da questioni finanziarie o ambientali. Questo progetto è stato concepito per scoprire le vie tecnicamente ed economicamente fattibili per fornire consapevolezza energetica (in particolare di energia elettrica) allo scopo del risparmio. In particolare è stato implementato un prototipo esemplare di un sistema interattivo, real-time, basato su un semplice in-home display che fornisce un feedback energetico altamente efficace. Per raggiungere questo obiettivo, sono state sintetizzate quattro varianti di sistemi di architettura, un pacchetto di applicazioni e le caratteristiche ideali del sistema. Questi si basano sui risultati di ricerche che valutano l'efficacia di metodi di risparmio energetico esistenti e studi su questo tipo di tecnologia. Tre dei quattro schemi proposti rappresentano tecnologie energetiche di cui è prevista la disponibilità nei prossimi dieci anni. Il quarto sistema proposto è un prototipo dimostrativo creato progettato in iHomeLab. Questo prototipo è una piattaforma software aperta, modulare, robusta e cross-platform che raccoglie i dati, li processa e li presenta in maniera visiva e interattiva su hardware disponibile nella maggior parte delle famiglie. I risultati di questo progetto indicano che la produzione di un tale sistema per misurare l'energia è promettente e identificano anche linee guida per la progettazione. Ad ogni modo c'è la necessità di sviluppare ulteriormente le infrastrutture il progetto per una distribuzione di massa di successo.

## Abstract

Individuals are empowered to conserve energy and natural resources when provided with motivational and personalized information on its use. By presenting information about the energy consumption from the home's energy meters along with recommended actions, the residential customer becomes aware of how in/efficiently energy is consumed within their home and can decide on how to act to conserve. This information can provide an accurate metric of how effective a conservation action is even to inhabitants that are not yet knowledgeable about or self-motivated by the monetary and ecologic rewards of conserving. This project was designed to build knowledge on technically and economically feasible ways to create an awareness of energy (esp. electricity) for the sake of conservation. Specifically, it implements an exemplar prototype of a highly effective energy feedback system that is an interactive, real-time, in-home display. Toward this goal, four system architecture configuration proposals, a set of system requirements, and ideal system features are synthesized; they are based on the results of the recherche that evaluates effectiveness of existing energy-efficiency and -conservation methods and studies related technologies. Three of the four systems proposed represent energy technologies expected to be available within the next decade. The fourth system proposal is a demonstration prototype designed for implementation in the iHomeLab. This prototype is an open, modular, robust, cross-platform software framework that collects data, processes, and presents it interactively and visually on hardware available in most households. The results of this project both indicate that the creation of such energy feedback systems appear beneficial and also provide guidelines for their design. However, further development of infrastructure and elaboration of design is foreseen as necessary for this system to be suitable for mass deployment.

# Ausgangslage

Der Energiebedarf der globalisierten Welt steigt stetig und mit ihm der Wettbewerb um die kostbaren Ressourcen. Diese werden immer knapper und teurer. In den nächsten Jahren bahnen sich bei der Produktion, Vermarktung, Verteilung und Verbrauch von Energie umwälzende Veränderungen an, die zum Teil schon heute begonnen haben. Dabei sind 3 grosse Trends zu beobachten:

- Das Zusammenwachsen der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und Energiethemen
- Liberalisierung (des Elektrizitätsmarktes)
- Klimaschutzmassnahmen und Energieeffizienzziele (Schweiz, EU, weltweit)

IKT und Energie wachsen immer näher zusammen. Neue technologische Lösungen entstehen. Sie werden umschrieben mit Begriffen wie Smart Energy, Smart Metering, Smart Grid, Smart Homes, E-Mobility, E-Energy, Microgeneration usw. Mit Computertechnologie im Hintergrund sollen diese neuen Technologien die Energieeffizienz als Ganzes erhöhen und helfen, durch vereinfachte Prozesse und übergreifendem Energiemanagement, die Kosten zu senken.

In Europa treiben die EU und staatliche Institutionen mit neuen Richtlinien und Bestimmungen die Öffnung des Marktes voran und fördern innovative Lösungen und neue Geschäftsmodelle im Energiesektor. Ausserdem sind Bestrebungen im Gange, bei der Energiebeschaffung zu diversifizieren und sich möglichst breit und wenn möglich durch eigene Produktion abzusichern. Man hat sich das ehrgeizige Ziel gesetzt bis zum Jahr 2020 um die 20% des jährlichen Primärenergieverbrauchs einzusparen.

Auch in der Schweiz verändert sich der Strommarkt und öffnet sich gegenüber den Konsumenten. Diese haben immer mehr die Wahl, woher sie ihre Energie beziehen und wie viel sie dafür bezahlen wollen. Der Elektrizitätspreis erhöht sich für Haushalte 2009 vielerorts um bis zu 10%<sup>1</sup>. In den nächsten 10 Jahren soll er sich verdoppeln. Ausserdem sagen Experten mit dem Auslaufen der Betriebsbewilligungen der Schweizer AKWs ein Energieloch von bis zu 25 TWh bis im Jahr 2025 voraus.

Die aktuelle Energiedebatte zeigt, dass Staat und Politik diesen Themen grosse Priorität einräumen und bereit sind für neue Lösungen. Auch viele Konsumenten sind sensibilisiert und möchten ihren Beitrag dazu leisten. Ein ganzheitlicher und nachhaltiger Ansatz, die zukünftigen Herausforderungen in den Griff zu kriegen, wird einerseits die Entwicklung von neuen, umweltfreundlichen und Ressourcen schonenden Technologien und (dezentralen) Kraftwerken umfassen. Andererseits liegt ein grosses, nicht ausgeschöpftes Potential ganz einfach darin, Energie zu sparen. Dabei liegt es in der Natur des Menschen, dass Energiesparmassnahmen möglichst einfach, kostengünstig und ohne grossen Aufwand umsetzbar sein sollen. Ausserdem möchte man trotz reduziertem Energieverbrauch auf nichts verzichten. Bei diesem Energiesparpotential setzt das MEGA Projekt an.

## Problemstellung

In der Schweiz wurden im Jahr 2009 rund 878 PJ Energie verbraucht [1]. Neben Industrie, Dienstleistungen und Verkehr verbrauchten die privaten Haushalte an die 30% des Gesamtbedarfs. Obwohl der Bedarf an Energie, insbesondere auch der an elektrischer Energie, im Jahr 2009 etwas tiefer ausfiel als im Vorjahr, ist er alleine seit 2000 um ca. 10% angestiegen (seit Beginn der Statistik um 1950 hat er sich gar versechsfacht). Ausserdem ist der verzeichnete Rückgang eher auf die Industrie zurück zuführen. In den Haushalten ist im Jahr 2009 wieder etwas mehr Strom geflossen (17'940 GWh, 31.2%). Im Hinblick auf die im

---

<sup>1</sup> Industriebetriebe müssen mit bis zu 20% Preisanstieg rechnen.

vorhergehenden Kapitel beschriebene Ausgangslage geht es also darum, elektrische Energie in den Haushalten zu sparen, ohne dabei auf Komfort verzichten zu müssen.

Eine Studie des BFE [2] geht davon aus, dass nur schon der Standby-Verbrauch von Geräten im Haushalt um die 1'900 GWh beträgt. Dies entspricht 8% des gesamten Stromverbrauchs im Haushaltsektor oder einem Jahresstromverbrauch von rund 300'000 Haushalten. Ein weiteres grosses Einsparpotential ist der Einsatz von effizienten Geräten im Haushalt. Ein Blick auf die „topten“ [3] Seite lässt schnell erahnen, wie viel dadurch eingespart werden kann. Ein ineffizienter Gefrierschrank der Klasse B zum Beispiel, verbraucht bereits doppelt soviel Energie pro Jahr wie ein Modell der Klasse A++.

Das MEGA Projekt geht davon aus, dass durch Eigeninitiative der Bewohner von Privathaushalten ein nicht unerheblicher Teil dieser Energie eingespart werden kann. Doch den meisten Konsumenten fehlt das Bewusstsein für ihren persönlichen Energieverbrauch und somit die Motivation, Energie zu sparen. Woher sollten sie auch wissen, welche Geräte im Haushalt wie viel Energie benötigen und ein Gefühl dafür bekommen, welche „zu viel“ verbrauchen und wo man am Besten sparen könnte.

Das Projekt soll technisch und wirtschaftlich gangbare Wege finden, dieses Bewusstsein zu schaffen um durch gezielte Informationen und Massnahmenkataloge zusammen mit den Konsumenten die Energieeffizienz in Privathaushalten steigern. Dabei liegt der Fokus von MEGA auf dem Energieträger „elektrische Energie“. Energiequellen wie z.B. Öl, Gas, Fernwärme, Erdwärme und Sonnenenergie sowie Wasser als Ressource sollen aber angedacht werden.

## **Ziel der Arbeit**

Das Hauptziel des Projekts ist es, eine einfache, massentaugliche und möglichst effiziente Lösung zu schaffen, um den Energiebedarf in Privathaushalten zu senken. Die Lösung soll in einem Prototyp technisch umgesetzt und demonstriert werden.

Erreicht werden sollen diese Einsparungen auf der Grundlage eines geschärften Bewusstseins des Bewohners für seinen persönlichen Energieverbrauch und dessen erwartete Reaktion darauf. Dieses Bewusstsein entsteht, indem Energiedaten im Haushalt erhoben, geschickt aufbereitet und dem Bewohner situativ und in für ihn geeigneter Form zur Verfügung gestellt werden. Die Informationen sollen von der Präsentation der eigentlichen Energiedaten über spezifische Auswertungen, Statistiken, Historien und einfachen Signalanzeigen bis hin zu konkreten Energiespartipps und Vorschlägen für umsetzbare Massnahmen gehen. Dabei gilt es zu erwähnen, dass das Ziel des Projekts lediglich ist, diese gezielten Informationen zu liefern um damit Einfluss auf das Verhalten des Bewohners auszuüben. Der Akteur selbst ist also der Bewohner, das System selbst bleibt (noch) passiv. Schnittstellen für die Automatisierung sollen im Design mitberücksichtigt, jedoch nicht implementiert werden. Daneben können Beratungen und andere Dienstleistungen die Bereitschaft und das Know How erhöhen. Schlussendlich soll jedoch der Bewohner selbst durch das neu erlangte Wissen motiviert werden, mit geeigneten Aktionen Energie und Geld zu sparen.

## **Methode**

Das Projekt umfasst zwei Phasen: Am Anfang steht die Konzeptionsphase, die mit einer Recherche zu bereits durchgeführten Projekten und dem Stand der Technik auf diesem Gebiet beginnt. Weiter werden in einer Konzeptstudie Energiesparpotentiale für ein solches System abgeschätzt und mögliche Systemarchitekturen ausgearbeitet und verglichen. Schliesslich sollen verschiedene Umsetzungsszenarien (Neubauten, Modernisierungen, ...) aufgezeigt werden. In der zweiten, der Umsetzungsphase, geht es darum, ein konkretes System zu planen und im iHomeLab, dem neuen Forschungslabor für intelligentes Wohnen,

zu realisieren. Dort soll es getestet und den Besuchern in einer Demonstration näher gebracht werden.

| Tätigkeit                                  | Inhalt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Recherche, Anforderungen</b>         | Literatur- und Internetrecherche zu anderen Projekten rund um Energiesparmassnahmen in Privathaushalten (z.B. aufgrund von „Feedback“ an die Bewohner). Was wurde in diesem Bereich bereits mit wenig oder gar keinem Erfolg versucht? Welche Erfahrungen hat man gemacht? Zu welchen Erkenntnissen und Ergebnissen ist man gekommen? Lessons learned aufschreiben. Spezifiziert schliesslich die genauen Anforderungen einer solchen Lösung aus Anwendersicht. Wer benutzt ein solches System? Was soll das System dem Bewohner zur Verfügung stellen? Wie, wo und wann sollen Informationen dem Bewohner kommuniziert werden? In welcher Form?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>2. Konzept</b>                          | Befasst sich unter anderem mit dem erwarteten <b>Sparpotential</b> . Es soll also bestimmt werden wo, wie viel und wie genau Energie im Zusammenspiel zwischen System und Bewohner eingespart werden könnte. Ausserdem wird die Architektur des Systems definiert. Diese umfasst Aspekte wie:<br><b>Datenquellen/Energiemessung:</b> Was will man messen? Wo und wie soll man messen? Wie präzise sind die Messwerte? Wie aktuell sind die Messwerte? Wie werden die Daten weiter kommuniziert? In welcher Form werden die Daten zur Verfügung gestellt?<br><b>Datenaufbereitung:</b> Wo werden die Daten gesammelt und wie gelangen sie dorthin? Welche und wie viele Daten benötigt man für die Aufgabe? Wie werden die Daten aufbereitet? Wie werden die Daten weiter verwendet?<br><b>Visualisierung:</b> Welche Daten sollen wem gezeigt werden? Wie sollen die aufbereiteten Daten dem Anwender präsentiert werden? Wo, wann und wie schnell werden die Daten angezeigt? |
| <b>3. Umsetzungs-szenarien und Planung</b> | Aufzeigen von <b>Umsetzungsmöglichkeiten</b> für <b>Neubauten</b> wie auch in <b>Nachrüstungsszenarien</b> . Wie kann bereits vorhandene Infrastruktur für das System verwendet werden? Zu den Aktivitäten zählen unter anderem:<br>Evaluation der <b>Hardware</b> (Messsystem, Kommunikationssysteme, Verarbeitungs- und Anzeigegeräte)<br>Evaluation oder Neuspezifikation von <b>Softwarekomponenten</b> für die intelligente Verarbeitung und Anzeige der Daten<br><b>Montagepläne, Elektroschemas</b> etc.<br>Es erfolgt eine konkrete Planung im Hinblick auf die Umsetzung in der Anlage iHomeLab [4].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>4. Prototyp</b>                         | Das System wird im iHomeLab umgesetzt und betrieben.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>5. Verifikation</b>                     | Das System wird anhand der identifizierten Anforderungen verifiziert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

# Recherche

## Trends und Grundlagen

Die generellen Trends im Energiemarkt wurden bereits in der Einleitung angesprochen. Die folgenden Abschnitte fassen kurz die derzeit wichtigsten Begriffe und Trends im Hinblick auf die Einsparung von Energie in Privathaushalten aus technologischer Sicht zusammen. Dabei wird das Schwergewicht auf die Verbraucherseite gelegt. Aspekte rund um die Produktion und Verteilung von Energie bzw. die intelligente Netzbewirtschaftung (Smart Grid, Lastmanagement...) liegen weniger im Fokus von MEGA.

### Energieeffizienz

Hinter dem Term Energieeffizienz steht nichts anderes, als die verfügbare Energie möglichst effizient zu nutzen. Das heisst also aus energetischer Sicht **mit möglichst wenig Aufwand möglichst viel an Ertrag** oder direktem Nutzen zu erhalten. Wobei unter Nutzen die Erreichung gewünschter Eigenschaften, Waren, Dienstleistungen oder wieder Energie verstanden wird [5].

Dabei gilt es zu Erwähnen, dass Energieeffizienz (Energy Efficiency) mehr die Ersparnisse bezeichnet, die durch effizientere Technologien und Prozesse erreicht werden und weniger die, die durch Änderungen im menschlichen Verhalten zustande kommen. Solche werden in erster Linie durch den breiter gefassten Begriff „**Energy Conservation**“ abgedeckt. Der Begriff zielt zwar ebenfalls auf Massnahmen zum Einsparen von Energie ab. Die Energieeffizienz selbst wird jedoch nicht gesteigert. Unter Energy Conservation fallen Beispiele, in denen man den Raum im Winter weniger heizt, ihn weniger hell ausleuchtet oder weniger Auto fährt. Dann nämlich reduziert sich mit dem Energiebedarf auch der Nutzen und das hat in der Regel Einfluss auf den Komfort. Wir glauben, dass beide Begriffe im Projekt MEGA eine Rolle spielen, sehen aber das grössere Potential in der reinen Steigerung der Energieeffizienz.



**Figur 1:** Beispiel für Energieeffizienz: Die Energiesparlampe

Ein typisches Beispiel für Energieeffizienz ist die Verwendung einer Sparlampe. Sie ist auch aufgrund anderer Aspekte in diesem Zusammenhang interessant:

- Aus Sicht der **Energieeffizienz**, die den Aufwand mit der elektrischen Leistungsaufnahme und den Nutzen mit der Lichtausbeute beziffert, ist die Sparlampe eines der besten Beispiele für Effizienz. Gemessen an der Lichtausbeute sind solche Lampen 3-5 Mal effizienter als herkömmliche Glühbirnen.
- Betrachtet man den **Komfort**, werden andere Aspekte stärker bewertet. Positiv ist, dass die Sparlampe viel länger hält als eine Glühbirne, also z.B. weniger ausgetauscht werden muss (das ist natürlich auch ein Teilaspekt der Energieeffizienz). Doch die negativen Aspekte überwiegen bei der heutigen Generation von Sparlampen meist. Zum einen benötigen diese Lampen häufig nach dem Einschalten längere Zeit, bis sie ihre „Sollleuchtstärke“ erreicht haben. Zum andern empfindet man das Licht subjektiv häufig als „kälter“, als das einer herkömmlichen Glühbirne, was das Wohlbefinden beeinträchtigt. Das Resultat daraus ist, dass der Ruf der Sparlampe eher schlecht ist und die Lampen häufig nicht verwendet werden. Die Sparlampe ist also auch ein exzellentes Beispiel um aufzuzeigen, dass die Steigerung der Energieeffizienz nicht mit einer Reduktion des Komforts einhergehen sollte. Natürlich sind heutige Sparlampen in dieser Beziehung bereits viel besser als die vorangegangenen Generationen. Die wirklich guten Produkte (z.B. auf LED Basis) sind heute noch sehr teuer. Doch mit dem Voranschreiten der

Technologie und Interventionen des Gesetzgebers werden die ineffizienten Leuchtkörper schon bald verschwunden sein und die neuen Technologien billiger werden. Das bedeutet jedoch nicht unbedingt, dass der Energiebedarf sinkt, was uns zum nächsten Punkt bringt.

- Die Sparlampe ist auch ein gutes Beispiel um den **Rebound** Effekt im Zusammenhang mit der Energieeffizienz zu erklären. Er bezeichnet ein ökonomisches Prinzip, wonach das theoretische Einsparpotential von Massnahmen zur Effizienzsteigerung in der Regel nicht zu 100% umgesetzt werden kann [6]. Der Rebound Effekt wird mit einer Prozentzahl angegeben. Ein Rebound von 30% bedeutet, dass die Effizienzsteigerung nur zu 70% realisiert werden kann. Es ist sogar möglich, dass danach mehr Energie verbraucht wird: Bei einem sogenannten Backfire ist der Rebound grösser als 100%. Man unterscheidet direkte und indirekte Nebenwirkungen, die zu einem Rebound führen. Eine direkte Nebenwirkung ist, wenn eine Energiedienstleistung, die effizienter angeboten wird, günstiger wird, was in der Regel der Fall ist. Und was weniger kostet, wird stärker nachgefragt. Um das Beispiel der Sparlampe noch einmal zu bemühen: Wenn die Lampen billiger werden, kann man sich mehr davon leisten und diese dann auch mit „einem guten Gewissen“ einsetzen. Das war auch der Fall, als im frühen 20. Jahrhundert die Glühbirnen mit Kohlefaserwendel durch solchen aus Wolfram<sup>2</sup> ersetzt wurden. Der Rebound Effekt ist schwer messbar (gerade auch durch die indirekten Auswirkungen) und in Fachkreisen eher umstritten. Obwohl er sogar häufig vernachlässigt wird, sind wir der Ansicht, man sollte ihn in MEGA nicht ausser Acht lassen.

Im Zusammenhang mit dem Begriff Energieeffizienz wurde von Physiker Amory Lovins bereits in den 70er Jahren der Begriff **Negawatt** [7] eingeführt. Die Einheit bezeichnet die Idee, dass man den gesteigerten Energiebedarf auch durch mehr Effizienz anstatt durch erhöhte Produktion abdecken kann. Ein gespartes virtuelles Negawatt macht ein zusätzlich erzeugtes echtes Watt überflüssig. Viele Negawatts erübrigen den Ersatz oder Neubau von Kraftwerken.

Der Begriff Energieeffizienz wurde übrigens in erster Linie durch die Politik geprägt. So wird die Energieeffizienz zusammen mit den erneuerbaren Energien als die zwei Pfeiler einer **nachhaltigen Energiepolitik** bezeichnet. Ein interessanter Bericht dazu, warum die erneuerbaren Energie auch heute immer noch ein Mauerblümchendasein fristen gibt Jefferson in [8]. Verschiedenste Initiativen rund um die Energieeffizienz wurden von Energieministerien und Forschungsgremien verschiedener Länder beschlossen und gestartet. In den deutschen Sprachgebrauch kam die Energieeffizienz mit der EG-Richtlinie 2002/91/EG *Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*<sup>3</sup>. Im Rahmen der Umsetzung dieser Richtlinie wurden z.B. in Deutschland unter anderem Energieausweise für Gebäude ausgestellt. Auch das BFE hat ein vitales Interesse an der rationellen Energienutzung in Gebäuden [9].

Inzwischen stellt die **EG-Richtlinie 2006/32/EG Energy Service Directive (ESD)** [10] die erforderlichen Richtziele bereit und sorgt für eine Förderung des Markts von Energiedienstleistungen sowie für die Bereitstellung von anderen Energieeffizienzmaßnahmen beim Endverbraucher. Sie ist somit einer der Haupttreiber für die Steigerung der Energieeffizienz innerhalb von Europa.

## Smart Metering

Wörtlich übersetzt bedeutet Smart Meter „intelligenter Zähler“. Gemeint ist damit ein elektronisches Gerät, das den Verbrauch von Elektrizität, Gas, Wärme oder Wasser messen kann und über mindestens eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle verfügt. Darüber hinaus bietet es diverse Zusatzfunktionen an. Soweit ist man sich einig. Doch da „Smart Meter“ selbst kein geschützter **Begriff** ist, gehen die Meinungen darüber, ab wann ein Zähler intelligent ist, bzw. welche Zusatzfunktionen er dafür unterstützen muss, weit auseinander.

---

<sup>2</sup> Eine Wolframglühbirne verbraucht nur rund einen Viertel einer Kohlefaserlampe.

<sup>3</sup> Hier noch unter dem Begriff „Energy Performance“

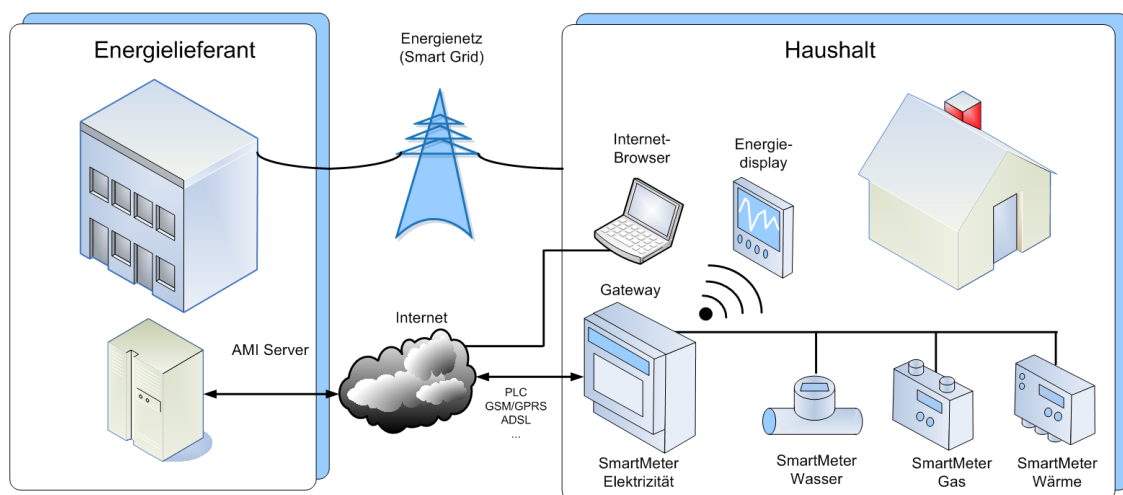
Obwohl schlussendlich eine ganze Infrastruktur (AMI, Advanced Metering Infrastructure) dahinter stehen muss, damit das ganze Potential ausgeschöpft wird, bilden diese Zähler die Basis jeder Smart Metering Lösung.

Ein kurzer Einblick in die **Geschichte** des Zählerwesens zeigt, wie diese Zähler entstanden sind. Ursprünglich haben (Elektrizitäts-)lieferanten und Zählerhersteller eine Technologie entwickelt, die es möglich gemacht hat, Zählerdaten automatisch lokal vor Ort zu sammeln und über eine entfernte Zentrale auszulesen (Zählerfernauslesung (ZFA), Drive-By Auslesung). AMR (Automatic Meter Reading) war geboren. Für die Stromlieferanten brachte sie Vorteile wie vereinfachte Verrechnungsprozeduren, genauere und aktuellere Zählerdaten (z.B. für Voraussagen des Bedarfs) und weniger Ableseaufwand, da die manuelle Zählerablesung und Datenerfassung bzw. Nachverfolgung durch elektronische Systeme ersetzt wurden. Einschränkungen von **AMR** sind zum einen, dass die Kommunikation **unidirektional**, also nur in einer Richtung, nämlich vom Zähler zum entfernten Back-End, möglich ist. Zum anderen ist die Kommunikationsverbindung oft zeitlich eingeschränkt, d.h. der Zähler ist nicht immer online bzw. die Daten nicht immer verfügbar.

AMR hat sich weiter entwickelt. Daraus ging das **AMM** (Automated Meter Management) und schlussendlich die **AMI** hervor. Ein AMI besteht aus einem fest installierten Zweiwege-Netzwerk (**bidirektional**) und den zugehörigen Systemen. Dadurch werden diverse Dienste im Zusammenhang mit Energiedaten und Energiemanagement möglich, die schlussendlich in der Summe den Energiebedarf positiv beeinflussen sollen.

Doch was genau sind diese neuen Zähler in der Lage im Verbund mit solchen AMI Systemen zu tun? Die folgende Auflistung gibt einen Überblick über die gängigsten **Funktionen** [11]:

- Präzises Messen, Speichern, Bereitstellen und Übertragen von Energiedaten in Quasi-Echtzeit (~1s Intervall).
- Dynamische Wahl der Auslesefrequenz und Senden der Daten zum Energieunternehmen (monatlich, täglich, stündlich etc.)
- Kommunikation zwischen Zählern mit der Möglichkeit zur Integration von Messdaten verschiedener Energieformen (Submetering bzw. Multisparten-Metering für Elektrizität,



**Figur 2: Smart Metering Übersicht**

Gas, Wasser...)

- Ständige Erreichbarkeit, Auslesbarkeit und Steuerung von fern oder auch lokal im Haus (Zweiwegkommunikation)
- Feedbacksysteme wie das Anzeigen aller Daten auf einem (externen) Display oder im Browser über das Internet
- Anzeigen von Informationsmeldungen, die z.B. auch von fern kommen können
- Zeit- und Kalenderfunktionen

- Erkennen und Behandeln spezieller Ereignisse oder Alarmer wie das Erkennen von Lecks, Stromausfällen durch Spannungsüberwachung, unerlaubten Eingriffen und anderen Manipulationen (Tampering proof, Vandalensicherheit)
- Behandeln von Tarif- und Preisinformationen, Zeit- und Lastvariable Tarife inkl. automatischen Tarifwechsels, Umschalten zwischen Prepaid (Vorkassenzähler) und herkömmlicher Rechnungsstellung auf Kredit.
- Unterstützung von Lastkontroll- und „Demand Response“-Szenarien, Leistungsbegrenzung, Schalten von externen Geräten
- Speichern und Bereitstellung von Diagnose Daten. Erweiterte Logging- und Monitoringfunktionen.
- Fernabschaltung und Fernaktivierung, Drosselung des Energieflusses
- Dynamisch nachladbare Dienste und Remote-Softwareupdates

Managementfunktionen wie Gruppenbildung von Zählern, Energiemanagement

Weitere Funktionen und Details zu Smart Metering findet man unter anderem in einer exzellenten Englischen Studie und ihren Anhängen von Sustainability First [12][13].

Was ist der konkrete **Nutzen** von Smart Metering? Was spricht dafür, diese Investitionen zu tätigen? Was hat der Kunde davon? Verschiedene Studien kamen zum Ergebnis, dass Smart Meters Enabler [14][15] sind für...

- Verschieben von Lasten, Reduzierung von Spitzenlasten
- Erhöhung der Energieeffizienz, Sparen von Energie
- Erhöhtes Energiebewusstsein und profunde Entscheidungsgrundlagen für Endverbraucher durch Echtzeitdaten und historische Informationen
- Tiefere Energiepreise
- Neue Energieprodukte und Dienstleistungen
- Prozessoptimierungen, Automatisierung und damit einhergehenden Einsparungen
- Neue, effektive Belohnungs- und genauere Verrechnungswerkzeuge. Unterstützung verschiedener Tarife.

Es geht also darum, ganz allgemein den Wettbewerb besser spielen zu lassen und Innovationen im Energiebereich zu fördern. Und nicht zuletzt legt Smart Metering die Basis für ein zukünftiges **Smart Grid**.

Als Beispiel für einen neuen Dienst könnten elektronische Zähler den Überblick über die Preise und Leistungen von Energieanbietern und einen Anbieterwechsel erheblich vereinfachen. Die bereits erwähnten Funktionen erlauben ausserdem das Anzeigen aktueller Tarifinformationen und variable Tarifsysteme<sup>4</sup>, wie zum Beispiel zeitvariable Tarife (Time of Use, ToU) oder lastvariable Tarife (Real Time Pricing, RTP). Ausserdem entstehen neue Anwendungen wie Laststeuerung<sup>5</sup>, Demand Response, Visualisierungsterminals, Prepaid Zähler, das Sperren der Energiezufuhr von Schuldner<sup>6</sup>, Detektierung von Stromausfällen, Verhinderung von Diebstahl. Auch Aspekte wie Netzzähler für Mikroproduktion von Energie (dezentrale Energieproduktion, micro-grid), Werkzeuge zur Prognosenerstellung, virtuelle Kraftwerke und diverse andere Dienste bis hin zu einem elektronischen

<sup>4</sup> In der Schweiz existieren bereits seit geraumer Zeit variable Tarife. Bis zu vier Tarife (Tageszeit, Saisonal bedingt) werden von den EVU angeboten. Smart Metering erlaubt jedoch eine höhere Flexibilität und grössere Dynamik, was zu ganz neuen Stromprodukten führen könnte.

<sup>5</sup> Während Laststeuerung in anderen Ländern als Innovation angesehen wird, werden solche Dienste in vereinfachter Form in der Schweiz seit Jahrzehnten über die Rundsteuerung abgedeckt. Doch auch hier bieten Smart Meters Platz für flexiblere Szenarien.

<sup>6</sup> Die Fernabschaltung war ein nicht unerheblicher Grund weshalb Enel in Italien relativ früh auf Smart Meters gesetzt hat.

„Energiebörsenhandel“ werden abgedeckt. Die Studien [12][13][19] geben einen erweiterten Überblick über Nutzen und Risiken von Smart Metering. Weitere Studien in den Niederlande und in Frankreich haben ergeben, dass der Endkunde am meisten von Smart Metering profitieren soll [21]. Einen guten Überblick über den Nutzen für verschiedene Stakeholders gibt die abgebildete Figur 3 aus [36].

Das Thema Smart Metering wird zurzeit sehr gross geschrieben und es sind Dutzende von **Projekten und Versuchen** weltweit gestartet worden. Ganz weit vorne sind Kalifornien, Kanada (Ontario), England, Italien, Niederlande, Skandinavien, Frankreich und Deutschland. In diesen Ländern sind schon Hunderttausende von Smart Meters installiert und im Einsatz. Man findet umfangreiches Material zu Smart Metering im Internet und fast täglich kommen neue Meldungen von Produkten und Installationen hinzu. Einen Überblick über diese Aktivitäten gibt Kapitel *Projekte und Studien*. Im Anhang findet man eine Auflistung von Firmen, die bereits heute Smart Metering Produkte anbieten.



**Figur 3:** Smart Metering Nutzen, Quelle: Landis+Gyr

Eine einfache **Milchbüchleinrechnung**, die in England durchgeführt wurde [18], geht davon aus, dass die Installation von 26 Millionen Elektrizitätszählern und 22 Millionen Gaszählern rund 7 Mia. £ kostet. Man rechnet mit ca. 15 £ Kosten pro Haushalt pro Jahr zwischen 2010 und 2020. Demgegenüber stehen, 10 £ Einsparungen, mit denen die EVU rechnen können, womit 5 £ an Kosten für den Endverbraucher anfallen würden. Da man mit mindestens 2-3% Energieeinsparungen rechnet soll dieser jedoch 25-35 £ weniger für seine Rechnungen zahlen müssen was am Schluss auf einen „Gewinn“ von ca. 20 £ hinausläuft, so die Kalkulation.

Trotzdem soll hier an dieser Stelle erwähnt werden, dass es auch andere Kalkulationen und Einwände gegen Smart Metering gibt. So existieren Studien, die die **Rentabilität** von Smart Meter Installationen in Frage stellen [16][17]. Auch Schweizer Unternehmen warten eher mit grossen Investitionen in diesem Bereich, bis der Gesetzgeber den Kurs vorgibt. Denn Smart Metering wird neben einigen EVU (Energieversorgungsunternehmen) vor allem auch von der Politik und vom Gesetzgeber massiv gefördert.

Ausserdem scheint es Widerstand gegen das Sammeln und Übertragen von Energiedaten nach aussen zu geben. **Datenschützer** befürchten den Missbrauch von persönlichen Verbraucherdaten. Schliesslich lässt sich aus diesen ein recht genaues Profil des Bewohners ermitteln. Man kann zum Beispiel zurückverfolgen, wenn er die Lichter löscht und

ins Bett geht, wann er kocht, den Fernseher einschaltet usw. Das hat in den Niederlande zum Beispiel dazu geführt, dass ein Gesetz zur obligatorischen Einführung von Smart Meters revidiert werden musste und nun den Rollout nur noch optional vorsieht

**Trotzdem glauben wir, es ist nicht die Frage, ob Smart Meters kommen, sondern nur wann.**

**Wie steht Smart Metering zu MEGA?** Ein klarer Treiber für Smart Metering Lösungen ist das Schaffen eines höheren Energiebewusstseins beim Endkunden und die dadurch erhofften Energieeinsparungen. Das ist auch das Hauptziel von MEGA. Dazu benötigt MEGA stets aktuelle und präzise Energiedaten, wie sie auch Smart Meters liefern können. Ausserdem können bei MEGA auch Aspekte wie neue Energiedienstleistungen, Tarifmodelle oder Anreizsysteme eine Rolle spielen, die durch Smart Metering erst möglich werden und die Motivation für das Energiesparen erhöhen. Smart Metering kann also ein Vehikel sein, um mitzuhelfen die Ziele von MEGA zu erreichen. In einigen Belangen möchte MEGA jedoch noch etwas tiefer gehen, als es die heutigen Smart Metering Systeme erlauben. Zum Beispiel:

- Detaillierte Messung als nur den Gesamtverbrauch wie ihn die Smart Meters liefern bzw. Aufschlüsseln des Energieverbrauchs nach einzelnen Verbrauchern.
- Kontext sensitive, personalisierte Anzeige auf verschiedensten Anzeigegeräten unabhängig von der Herkunft der Daten.
- Intelligente Auswertung der Daten und gezielte Tipps und Massnahmenvorschläge unabhängig von der Datenquelle.
- Schnittstelle zur Integration in bestehende Heimnetzwerke mit der Möglichkeit, Abläufe später Automatisieren zu können.

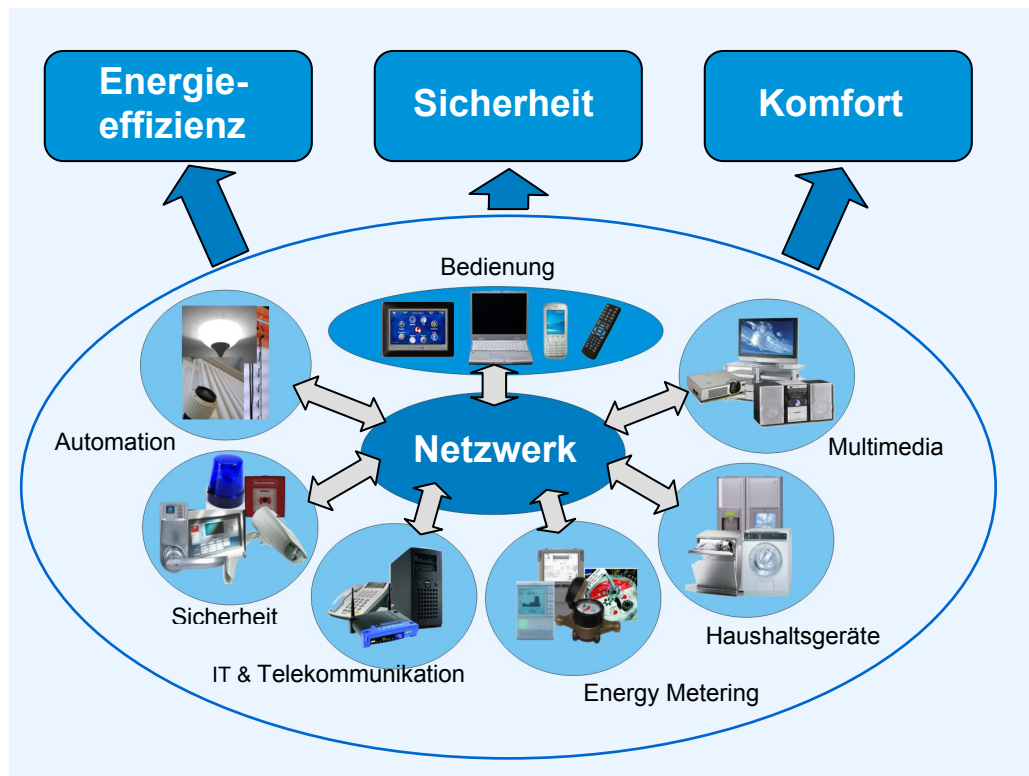
Das eigentliche Thema von MEGA ist nicht Smart Metering an sich. Ausser einer kurzen Übersicht in diesem Dokument werden also keine weiteren Studien zu Marktpotential, Einführung, Feldversuchen oder existierenden Systemen und Produkten im Smart Metering Bereich durchgeführt.

Eine durch das BFE in Auftrag gegebene Studie [19] befasst sich explizit mit dem Thema Smart Metering bezogen auf die Schweiz. Sie hat zum Ziel die Potentiale, Erfolgsfaktoren und Massnahmen für eine erfolgreiche Einführung von Smart Metering zu untersuchen. Dazu gehören ein Überblick über bestehende Konzepte und Technologien, die Darstellung von rechtlichen, politischen und technischen Rahmenbedingungen, eine Auswertung bisheriger Versuche, die Ermittlung des Energieeffizienz-Potentials und das Aufzeigen von Chancen und Risiken.

MEGA stützt sich auf den Fakt, dass in ca. 5-10 Jahren Smart Metering Systeme in Europa flächendeckend eingeführt wurden und dass man diese bestehende Infrastruktur nutzen kann. Wobei es auch durchaus andere Wege als Smart Meters geben kann, um an Energiedaten zu gelangen. Vor allem soll MEGA dafür sorgen, dass die eigentliche Aufbereitung und Präsentation dieser Daten unabhängig von deren Quelle sind.

## **Intelligentes Wohnen und Smart Homes**

Beim intelligenten Wohnen entstehen neue Anwendungen und Mehrnutzen für Bewohner durch die Vernetzung möglichst vieler im privaten Wohnbereich vorkommender Geräte. Dazu gehören Komponenten der klassischen Gebäudeautomation (Beleuchtung, Beschattung, Heizung, Lüftung, Klima), aber auch Telekommunikations- und Informatikgeräte, Multimedia und Consumer Elektronik, Sicherheitssysteme, Haushaltsgeräte oder eben auch Energiemesstechnik. Angereichert wird das Netzwerk mit zahlreichen Sensoren, die dem Haus eine Art Wahrnehmung (Awareness) verleihen. Die Informationen, die diese Sensoren sammeln, werden ausgewertet und erlauben es dem Haus je nach Situation „intelligente“ Dienste anzubieten oder selbstständig zu reagieren, sofern das gewünscht ist.



**Figur 4:** Intelligentes Wohnen Übersicht

Die Integration all dieser Geräte und Sensoren in ein gemeinsames Netzwerk ist eine echte Herausforderung. Es existieren Dutzende von proprietären Systemen und Standards für die Kommunikation von Geräten innerhalb von Gebäuden, die nicht kompatibel zueinander sind. Während man in der kommerziellen Gebäudeautomation recht früh mit der Standardisierung begonnen hat, kamen andere Industriezweige erst viel später und mit anderen Anforderungen hinzu. Die Vernetzungsstandards wurden innerhalb von Gremien ausgearbeitet, die zumeist nur eine bestimmte Gerätekategorie im Sinn hatten (z.B. DLNA für Multimediageräte). Die Palette an Kommunikationsformen reicht von drahtgebundenen Bussystemen (Ethernet, KNX, LON, DALI, M-BUS, RS485...), hin zu Powerline Technologien (X-10, HomePlug, Insteon, digitalSTROM...) bis zur drahtlosen Kommunikation (WLAN, ZigBee, Bluetooth, Z-Wave, EnOcean...). Da ein gemeinsamer Standard sich in den nächsten Jahren wohl noch nicht durchsetzen wird - TCP/IP scheint noch am aussichtsreichsten – sind häufig sogenannte Gateways erforderlich, um mehr oder weniger stabile Brücken zwischen den existierenden Insellösungen zu schlagen.

Die durch die Vernetzung entstehenden neuen Anwendungen werden in der Regel in drei Hauptgebiete eingeteilt:

- **Energieeffizienz** (siehe Kapitel *Trends und Grundlagen: Energieeffizienz*). Wohl zurzeit der Haupttreiber für die Renaissance der Smart Home Idee. Die Messung und Visualisierung des Energiebedarfs ist eine Anwendung, bei der die Vernetzung sehr hilfreich sein kann. Warum nicht gleich den heimischen PC, ein LCD-Wandpanel oder den netzwerkfähigen Fernseher verwenden, um die Energie zu visualisieren? Durch die zahlreichen Sensoren und Aktoren in einem intelligenten Haus, könnte man sogar noch etwas weiter gehen: Das Haus könnte eine aktivere Rolle einnehmen und dem Bewohner auf Wunsch bestimmte Dinge abnehmen. Dabei könnte die Raumtemperatur mit zusätzlichen Informationen von einer Wetterstation und Anwesenheitsdetektoren gezielt abgesenkt, Rollläden bedient oder Beleuchtung und Standby-Verbraucher automatisch ausgeschaltet werden usw.

- **Sicherheit.** Der Begriff beschränkt sich nicht nur auf die klassischen Einbruch-, Überwachungs-, Brand- oder Zutrittssysteme, auch das Thema Ambient Assisted Living (AAL) fällt zum Beispiel darunter. Bei AAL geht es darum, älteren Menschen durch assistive Dienste länger ein würdiges und bequemes Leben innerhalb der eigenen vier Wände zu ermöglichen. Ein typisches Beispiel ist das Haus, das merkt, wenn eine ältere Person am Boden liegt und nach einer gewissen Zeit selbstständig die Angehörigen per Telefon informiert. Anwendungen sind hier viele denkbar
- **Komfort.** Darunter kann man zum Beispiel eine Fernbedienung verstehen, die für alle Geräte funktioniert, sie einfach bedienbar macht und immer nur das anzeigt was ich, dort wo ich gerade bin, tun möchte. Ohne vorgängige Konfiguration oder komplizierte Inbetriebnahmeszenarien. Auch Raumzonen gesteuerte Lüftungen, Multimediasysteme die von überall her den Zugriff auf individuelle Musikstücke, Filme oder Bilder erlauben, automatische Storen oder einfach neu konfigurierbare Lichtschalter und geschaltete Steckdosen usw. gehören in den Komfortbereich haben aber zum Teil auch Einfluss auf die Energieeffizienz oder Sicherheit.

Eine hervorragende Übersicht über Smart Homes im Allgemeinen, den heutigen Stand der Technologie und wie solche Umgebungen genutzt werden können, um die Umwelt weniger zu belasten, findet man in [22].

## Energie und Motivation

Eine der Hauptfragen, die man sich für MEGA stellen muss ist: „Wie motiviert man Menschen, Energie zu sparen?“. Die Beantwortung dieser Frage in einem ersten Schritt viel mehr mit Psychologie und Gesellschaft zu tun, als mit Technik.

Es sind drei Faktoren, die den Energieverbrauch von Haushalten grundsätzlich zu beeinflussen vermögen [23]:

- **Wissen:** Die Individuen müssen darüber informiert sein, dass Energiesparen im Haushalt ein wichtiges und dringendes Anliegen ist. Und sie müssen wissen, wo und wie man effizient Energie sparen kann.
- **Motivation und Antrieb:** Die Bewohner müssen motiviert sein, Energie zu sparen und dem eine hohe Priorität einräumen. Energieverbrauch hat im psychologischen Sinn nicht nur mit der Umwelt- und Energiethematik zu tun. Viele andere Faktoren spielen eine Rolle. Zu den Wichtigsten zählen ganz klar die Finanzen. Doch daneben gibt es auch Komfortaspekte und den Aufwand, den die Sparmassnahmen erzeugen. Dabei stehen Aktionen mit niedriger Hürde wie Recycling von Altpapier eher einschneidenderen Massnahmen wie weniger heizen oder weniger Auto fahren gegenüber.
- **Fähigkeiten und Möglichkeiten:** Wenn keine Infrastruktur vorhanden ist, die einem es ermöglicht, effizient Energie zu sparen oder wenn diese oder Energie effiziente sehr teuer sind, künden die Bewohner Mühe an, sich zu engagieren. Dasselbe gilt, wenn es soziokulturelle oder ökonomische Gründe gibt, die dagegen sprechen.

Theoretische Modelle wurden entwickelt, die zu beschreiben versuchen, was der Motivation von Menschen zu Grunde liegt etwas zu tun oder zu lassen. Eines davon ist das Reiss-Modell (siehe Anhang). Verschiedene Studien und Arbeiten wurden durchgeführt, die konkrete Anreizsysteme in verschiedenen Szenarien getestet und dokumentiert haben [24][25][26][27][28][29][30].

Natürlich sind solche Modelle auch praktisch bereits umgesetzt worden. Im Marketingbereich spricht bei einer besonders wirksamen Methode, Menschen zu motivieren von einem NUDGE. Ein Nudge (Deutsch: ein Schubser) erregt Aufmerksamkeit und bewirkt, ohne Druck, eine Verhaltensänderung. Entscheiden dabei ist, dass die Verhaltensänderung auf **einem freiwilligen, selbstgewählten Entscheid** beruht... nur dann besteht die Chance auf eine bleibende Anpassung des persönlichen Verhaltens.

## Direkte und indirekte Energie

Bei einer umfassenden Betrachtung des Energieverbrauchs von Privathaushalten muss man zwischen zwei Ausprägungen von Energie unterscheiden:

- **Direkte Energie:** Dabei handelt es sich um Energie in Form von Elektrizität, Gas, Öl, Holz bzw. Wärme und evtl. Wasser, deren Verbrauch direkt im Haushalt gemessen werden kann.
- **Indirekte Energie:** Ist eine eher unauffällige Form des Verbrauchs, da sie sich hinter der Produktion, dem Transport und der Entsorgung von Gütern und Diensten verbirgt [23][24]. Beispiele dafür sind Ferienreisen oder die Energie, die in einem neuen Fernsehgerät oder gar in Abfällen steckt, die Leute achtlos wegwerfen. Die Aspekte des indirekten Verbrauchs eines Haushalts sollten nicht vernachlässigt werden, da sie einen beträchtlichen Teil des Gesamtverbrauchs ausmachen. Die indirekte Energie ist schwer messbar und daher sind auch Schätzungen nicht einfach. Ihr Anteil wird je nach Situation und Land mit 40-60% angegeben [33][34].

## Energie im Alltag

Begriffe physikalischen oder technischen Ursprungs wie Uhrzeit, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Isobaren, Geschwindigkeit usw. sind uns allen bekannt, obwohl die wenigsten Meteorologen, Informatiker oder Physiker sind. Warum? Weil wir mit diesen Begriffen im Alltag konfrontiert werden und sie uns in irgendeiner Weise direkt oder indirekt nützlich sind.

- **Beispiel Internet:** Mitte der Neunzigerjahre ist das Internet und der Browser populär geworden. Heute kennt jeder die Möglichkeiten des Internets, weiss um Begriffe wie Link oder Download und Applikationen wie Email, Wikipedia, YouTube, Facebook und Twitter werden als selbstverständlich angesehen.
- **Beispiel Wetter:** Täglich sind wir betroffen von Phänomenen wie Regen, Schnee, Wind und Sonnenschein. Die Menschen interessieren sich für den Wetterbericht und wissen was Kaltfronten, Hochdruckgebiete oder gar Isobaren sind. Hier kommt noch der Aspekt hinzu, dass das Wetter unser Leben sehr direkt beeinflusst. Man sieht es, fühlt es und erfährt es jeden Tag an sich selbst.
- **Beispiel Mobilität:** Praktisch jeder, der ein Auto besitzt, weiss wie viel Liter Treibstoff sein Fahrzeug auf 100 km verbraucht. Moderne Bordcomputer zeigen den aktuellen und den gemittelten Treibstoffverbrauch an. Beim Neukauf wird heute vielfach der CO<sub>2</sub> Ausstoss angegeben, so dass Vergleiche möglich sind. Viele Autofahrer wissen den aktuellen Preis für einen Liter Treibstoff auswendig. Leider muss man hier jedoch auch bemerken, dass gerade beim Kauf eines Autos oder beim Fahrstil häufig andere Kriterien das Verhalten der Menschen mehr beeinflussen als der reine Treibstoffverbrauch oder die Umweltbelastung des Fahrzeugs.

Diese Selbstverständlichkeit hat Energie im Alltag noch nicht. Zwar sind Themen wie Energieknappheit, Energieproduktion und auch CO<sub>2</sub>-Reduktion omnipräsent, werden aber noch zu wenig in den eigenen Haushalt transferiert.

Woran liegt das? Energie ist abstrakt und nicht sicht- oder fühlbar. Energie ist einfach da, man braucht sich nicht damit zu beschäftigen. Energie ist auch nichts emotionales, man diskutiert nicht über seinen Energieverbrauch wie über das Wetter.

Der Initialaufwand über die Kenntnis eines Browsers, um zu surfen oder das Wissen über Druckgefälle und den dadurch entstehenden Wind, um somit die Freizeitgestaltung anzupassen und einen messbaren Nutzen zu erhalten, fehlt bei der Energie.

Es braucht kein Benutzerhandbuch, kein Wissen, keine mentaler Aufwand, um vom immensen Nutzen der Energie zu profitieren.

Ein möglicher Ansatzpunkt, dies zu ändern, ist die Transformation der Energie vom Abstrakten zum Konkreten. Eine weitere Möglichkeit ist die Kombination von Energiedaten mit anderen Informationen. Beispielsweise sind Wetterstationen mit diversen Informationen (Uhrzeit, Feuchtigkeit, Druck, etc.) erhältlich. Man könnte sich auch vorstellen, Analogien zu Bekanntem zu verwenden, um Energie zu visualisieren. Zum Beispiel erkennt man den „Zustand“ des Wetters sehr schnell anhand der von den Meteorologen in der Vorhersage verwendeten Symbolen (Sonnenschein, Bewölkung, Gewitter...). Man hat so eine relativ eindeutige und dennoch feinere Abstufung, als z.B. bei einer Ampel. Warum also nicht ähnliche Symbole für die Energie verwenden? Die Motivation wäre, immer das Sonnenschein Symbol zu sehen. Das Regensymbol wäre eher unangenehm, wie beim Wetter. Ausserdem zeigt ein Barometer beim Wetter sehr gut einen Trend an. Warum dem Konsumenten nicht auch eine Art Trend anzeigen? Eine andere Möglichkeit ist das Sichtbarmachen des Nutzens der Energie. Hier gibt es viele Möglichkeiten und viel Raum für Innovation und Kreativität.



Figur 5: Wetter Symbole

## Motivationswerkzeuge

Es gibt ganz unterschiedliche Methoden, Leute für etwas zu motivieren [25][26]. Die unten stehende Liste stammt mehr oder weniger von einem Projekt, das verschiedene Werkzeuge dokumentiert, die erfolgreich in konkreten Kampagnen zu Gesundheit und Umwelt eingesetzt wurden. Alle diese Werkzeuge basieren auf den Grundlagen der sozialen Lerntheorie und sind ein guter Startpunkt um zu sehen, wie man Leute informieren und für etwas begeistern kann. Die Grenzen zwischen diesen Werkzeugen sind zum Teil fließend und oft handelt es sich um Kombinationen von Ansätzen.

| Werkzeug                              | Beschreibung                                                                                                                                                                                                      | Beispiel                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Motivation über längere Zeit aufbauen | Generelle Techniken die sich auf Aktivitäten oder Bereiche beziehen, die Menschen bereits kennen und anwenden. Aufmerksamkeit auf die bereits geleisteten Taten lenken und Leute motivieren, so weiter zu machen. | Recycling von Altpapier, Verknüpfen von Energiedaten mit Wetterdaten.                                                                                                                         |
| Feedback                              | Direktes, individuelles Feedback oder Gemeinschaftsfeedback die den Leuten den Einfluss von bestimmten Handlungen konkret aufzeigen (Ursache und Wirkung) und sie daraus Schlüsse ziehen und lernen lassen.       | Ein Display, das stets den aktuellen Stromverbrauch anzeigt.                                                                                                                                  |
| Bekenntnis, Verpflichtung             | Einfordern eines mündlichen oder schriftlichen Bekenntnisses bzw. einer Vereinbarung bestimmte Aktionen auszuführen. Häufig im Verbund mit dem Setzen konkreter Ziele und Belohnungen.                            | Ein Vertrag zwischen dem EVU und dem Kunden der besagt, dass der Kunde 15% Rabatt bekommt, wenn er über die nächsten 2 Jahre seinen Stromverbrauch gegenüber dem heutigen Stand um 10% senkt. |
| Ziele setzen                          | Eine Vereinbarung ein bestimmtes Ziel innerhalb einer definierten Zeit zu erreichen. Kann auf persönlicher Basis zwischen einem EVU und dem Kunden oder vom Gesetz getrieben sein.                                |                                                                                                                                                                                               |
| Belohnungen, Strafen                  | Können finanzieller oder auch sozialer Natur sein. Soziale Belohnungen können auf das Gewissen, den sozialen Status oder das Gemeinschaftsgefühl von Menschen abzielen.                                           | Rabatte, Coupons, Zertifikate, Bussen, eine Art Ökoindex für Privathaushalte etc.                                                                                                             |

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geschenke, Gaben                                 | Gratis zur Verfügung stellen von Infrastruktur oder Geräten, die helfen, Energie zu sparen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Smart Meters und Displays vom EVU.                                                                                                                                       |
| Normapelle                                       | Indirekt oder direkt auf gesellschaftliche Normen und Standards aufmerksam machen. Den Leuten die Handlungen erleichtern indem man ihnen zeigt dass „alle anderen“ oder Vorbilder sich auch so verhalten. Kann über bekannte Persönlichkeiten, Gruppierungen, über die guten Nachbarn oder sonstige Identifikationsgruppen passieren. Menschen entscheiden oft aufgrund der Taten von anderen, was für sie auch gut sein könnte. | Grüne auffällige Container überall auf der Strasse zeigen, dass die Nachbarn recyceln.<br>Brat Pit trägt ein T-Shirt mit der Aufschrift „Kauft A++ Küchengeräte“.        |
| Barrieren beiseite schaffen                      | Aktionen die darauf abzielen, Barrieren abzubauen, die Leute vom Energiesparen abhalten um sie eher auf den „rechten Weg“ zu bringen.                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Einfache und günstige Systeme, um Energie in Haushalten zu messen.                                                                                                       |
| Hinweise, Erinnerungen                           | Bezieht sich auf Tipps und aktive Erinnerungen an die Leute um sie darauf aufmerksam zu machen eine Aktion auszuführen, die sie sonst vergessen würden.                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ein Popup-Dialog auf dem Computer oder dem Fernsehen das mir mitteilt, dass das Licht in einem unbesetzten Raum noch brennt.                                             |
| Informationsmaterial                             | Den Leuten (speziell für sie zugeschnittene) Energieinformationen zukommen lassen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Energiesparbroschüre an alle Haushalte, speziell angepasste Energierechnungen.                                                                                           |
| Medienkampagnen                                  | Über Energiesparen in Massenmedien wie Presse, Reklamen auf der Strasse, Internet, Radio, Fernsehen etc. sprechen. 91% der Schweizer besitzen einen Fernseher und man verbringt rund 30 Minuten täglich mit dem Lesen von News.                                                                                                                                                                                                  | Eine kurze Informationssendung zum Energieverbrauch heute in der Schweiz direkt nach Meteo.                                                                              |
| Workshops                                        | Durch Experten organisierte Schulungen, die Leute zusammenbringt und mit ihnen zusammen Lösungen erarbeitet, die helfen Energie zu sparen.                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Die Gemeinde lädt Hausbesitzer zu einem Workshop ein, an dem sie lernen auf was man beim Kauf neuer Haushaltsgeräte achten soll.                                         |
| Heimaudits                                       | Geschulte Freiwillige oder Experten gehen zu den Leuten nach Hause, reden mit ihnen über ihr Energieverhalten, machen eine Bestandsaufnahme und versuchen Aktionen zu finden und Tipps zu geben, um Energie zu sparen.                                                                                                                                                                                                           | Eine Gemeinde oder der lokale Energielieferant sendet einen Mitarbeiter mit einem Energiemesskoffer in Haushalte, die 20% mehr Energie verbrauchen als der Durchschnitt. |
| Coaches aus der Nachbarschaft und Blockchefs     | Rekrutierte Leute helfen ihren Nachbarn, Hemmnisse zu überwinden und teilen ihre Erfahrung mit ihnen. Führungsfiguren stehen für Energiesparmassnahmen in der Nachbarschaft ein.                                                                                                                                                                                                                                                 | Dem eigenen Nachbar das praktische neue Energiedisplay zeigen und erklären, dass man schon 10% Strom und Kosten gespart hat.                                             |
| „Selbsthilfegruppen“, gegenseitige Unterstützung | Regelmässige Treffen von Nachbarn, Freunden, Kollegen oder neuen Mitgliedern um sich auf gleicher Augenhöhe zu treffen, sich zu motivieren und zu unterstützen.                                                                                                                                                                                                                                                                  | Monatliches Treffen in der Quartierbeiz.                                                                                                                                 |
| Schulprogramme mit                               | Mit Schülern in der Schule die Energiethema-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Projekt mit dem Titel „Wie                                                                                                                                               |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Familienbezug                            | tik behandeln und versuchen, Familienmitglieder mit einzubeziehen.                                                                                                                                                                                 | viel Energie brauche ich zu Hause?“ Mit einem Fragebogen und dem Auftrag, die Eltern zu interviewen.                                                                                  |
| Mund zu Mundpropaganda                   | Etwas bekannt machen, in dem man es anderen erzählt. Zur Unterstützung können Flyers und kleine Giveaways (T-Shirts, Kappi, Kugelschreiber, Energiesparlampen) verteilt werden.                                                                    | Hans erzählt Marc von der neuen staatlichen Kampagne, alte Geräte zu ersetzen und der er teilnehmen möchte und gibt ihm den Link auf die Homepage auf der man sich anmelden kann.     |
| Modellierung, Beispiele                  | Den Leuten bestimmte Mechanismen erklären, indem man ihnen sinnvolle, leicht nachvollziehbare Beispiele gibt, die sie in ihrem Alltag einfach umsetzen können.                                                                                     | Die Temperatursenkung um 1°C kann bis zu 6% Heizöl einsparen.                                                                                                                         |
| Lebendige, personalisierte Kommunikation | Mehr eine generelle Regel als ein Werkzeug: Immer lebendig und engagiert erzählen, etwas Herzblut für die Sache zeigen und von Erlebtem, Erfahrungen in Bildern sprechen. Die Information immer dem Zielpublikum anpassen.                         | Versuchen, Energie spürbar und emotional zu machen. Im iHomeLab der Hochschule Luzern, zum Beispiel gibt es eine grosse Wassersäule, die den aktuellen Energieverbrauch visualisiert. |
| Spiel, Spass und Spannung...             | Energiesparen muss nicht nervend, mühsam oder langweilig sein. Man muss versuchen die Leute bei ihrem natürlichen Spieltrieb zu packen oder damit, sich mit anderen zu messen. Der Spassfaktor sollte nie vergessen und nicht unterschätzt werden. | Vergleiche mit einem anderen Haushalten, Online Games, ein Ökoindex auf Facebook oder andere Aktionen auf sozialen Netzwerken.                                                        |

**Tabelle 1: Motivationswerkzeuge**

## Feedback

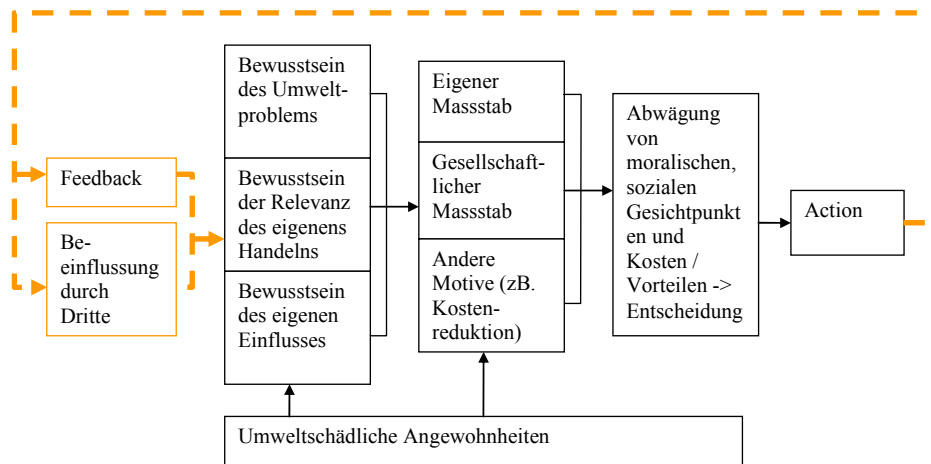
Alle Energiesparmassnahmen benötigen ein mehr oder weniger grosses Engagement seitens der Bewohner. Umweltpsychologen haben verschiedene Modelle entwickelt, um das umweltrelevante Handeln zu erklären und die Basis für eine erfolgreiche Verhaltensänderung zu schaffen. Grundsätzlich haben empirische Studien gezeigt, dass ein Verhalten, das über 3 Monate oder länger erlernt und stetig angewandt wurde, eine grosse Chance hat, selbstverständlich zu werden.

Nebst dem Verständnis von Verhaltensmodellen hat sich die Rückmeldung/Feedback auf ein bestimmtes Verhalten als sehr erfolgreich erwiesen. Feedback schliesst die Lücke zwischen bewusster Handlung und deren Erfolg. Ausserdem ist Feedback jeglicher Art ein essentieller Bestandteil jedes Lernprozesses.

Eine Zusammenführung von Theorien und gefundenen Resultaten liefert ein heuristisches Modell des umweltrelevanten Handelns [32].

Entscheidende Faktoren für den Erfolg sind Informationen dazu, welche Aktionen Veränderungen zur Folge haben könnten und dann vor allem auch, welche Aktion konkret eine Veränderung gebracht haben. Diese Rückmeldungen sind als Steuerungsfluss im heuristischen Modell eingezeichnet. Ein weiterer relevanter Faktor, das Verhalten zu ändern, ist die Beeinflussung durch Dritte mit dem Ziel, das Bewusstsein zu erhöhen und zu einer umweltrelevanten Entscheidung zu führen. Solche Einflüsse können z.B. von Staat, Gesellschaft oder Medien ausgeübt werden. Es handelt sich um einen stetigen Prozess über

einen längeren Zeitraum. Diese Aufgabe kann ein technisches Produkt nicht oder nur ganz partiell übernehmen.



**Figur 6:** Heuristisches Modell des umweltrelevanten Handelns mit Feedback-Loop

Nebst dem Verständnis von Verhaltensmodellen hat sich die Rückmeldung/Feedback auf ein bestimmtes Verhalten als sehr erfolgreich erwiesen. Feedback schliesst die Lücke zwischen bewusster Handlung und deren Erfolg. Ausserdem ist Feedback jeglicher Art ein essentieller Bestandteil jedes Lernprozesses.

Eine Zusammenführung von Theorien und gefundenen Resultaten liefert ein heuristisches Modell des umweltrelevanten Handelns [32].

Entscheidende Faktoren für den Erfolg sind Informationen dazu, welche Aktionen Veränderungen zur Folge haben könnten und dann vor allem auch, welche Aktion konkret eine Veränderung gebracht haben. Diese Rückmeldungen sind als Steuerungsfluss im heuristischen Modell eingezeichnet. Ein weiterer relevanter Faktor, das Verhalten zu ändern, ist die Beeinflussung durch Dritte mit dem Ziel, das Bewusstsein zu erhöhen und zu einer umweltrelevanten Entscheidung zu führen. Solche Einflüsse können z.B. von Staat, Gesellschaft oder Medien ausgeübt werden. Es handelt sich um einen stetigen Prozess über einen längeren Zeitraum. Diese Aufgabe kann ein technisches Produkt nicht oder nur ganz partiell übernehmen.

Man definiert folgende Grundarten von Feedback bezüglich Energie [27]:

| Feedbackart         | Beschreibung                                                                                                               | Beispiele                                                                                                                                                                  |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Direktes Feedback   | <i>Lernen durch Beobachten oder zahlen.</i><br>Jederzeit und sofort zugänglich.                                            | Displays in Haushalten, PC Programme und Online Portale, Smart Meters, Pre-paid Meters, Geräte die den Verbrauch drosseln, Selbstablesung etc.                             |
| Indirektes Feedback | <i>Lernen durch Lesen und Reflektion.</i><br>Nicht sofort kommuniziert oder nicht direkt auf den Energieverbrauch bezogen. | Häufige Rechnungen basierend auf dem Verbrauch statt auf Vorhersage, häufige Rechnungen mit historischen Vergleichen, häufige Rechnungen aufgeschlüsselt nach Verbrauchern |

<sup>7</sup> Das indirekte Feedbacksystem mit den Rechnungen wie es heute ist, wurde mit einem Shoppingcenter verglichen, in dem man einfach nach Lust und Laune (ohne Preisschilder) einkaufen kann, aber erst viel später bezahlen muss. Nicht sehr motivierend, wenig zu kaufen, was auch Kreditkarten bewiesen haben.

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                            |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                        | etc <sup>7</sup> .                                                                         |
| „Nebenwirkungen“              | <i>Lernen durch Assoziation.</i><br>Feedback durch neu hinzugekommene Geräte die Energie verbrauchen oder Energieerzeugungsanlagen. Die Leute, die zu einem kleinen Produzenten werden, achten häufig mehr auf die ein- und ausgehenden Energieflüsse. | Ein neues TV-Gerät, Solaranlagen und andere lokale Generatoren, eine Wärmepumpe            |
| Feedback über Energieanbieter | <i>Lernen vom Kunden.</i><br>Lösungen und neue smarte Systeme vom Energieanbieter                                                                                                                                                                      | Angepasstes Demand Response und Last Management. Fernabschaltung.                          |
| Energie-Audits                | <i>Lernen vom Experten.</i><br>Das eigene Verhalten unter die Lupe nehmen lassen und entsprechende Handlungen daraus ableiten                                                                                                                          | Energieaudits in privaten Haushalten. Durchgeführt vom Energielieferanten, der Gemeinde... |

**Tabelle 2:** Feedbackarten

Verschiedenste Faktoren spielen eine Rolle für die Effizienz des Feedbacks. Sie werden hier lediglich aufgelistet und kurz erklärt. Die Bewertung im Hinblick auf die Auswirkungen findet man in Projekte und Studien: Fazit (obwohl man die Meisten schon jetzt intuitiv erraten kann).

| Faktor                     | Erklärung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frequenz, Häufigkeit       | Wie häufig wird ein Feedback gegeben? Kontinuierlich, einmal pro Sekunde, alle 15 Minuten, täglich oder...?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Echtheit                   | Wie echt und real sind die Daten? Energierechnungen basieren häufig nur auf Schätzungen, da sie öfter gestellt werden, als der Zählerstand abgelesen wird.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Genauigkeit                | Wie genau ist das Feedback? Sind die Daten genügend Präzis, um daraus die richtigen Schlussfolgerungen zu ziehen und nicht Fehlentscheidungen zu fällen aufgrund von ungenauen Informationen.                                                                                                                                                                                                                                   |
| Aktualität                 | Wie aktuell sind die Daten? Wurden sie vor einer Sekunde gemessen, vor einer Stunde oder gestern?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Verfügbarkeit              | Wann und wie kann man auf die Daten zugreifen. Muss ich in den Keller, muss ich bis morgen warten, werden sie mir geliefert oder muss ich mir sie holen?                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Klarheit, Verständlichkeit | Wie verständlich ist das Feedback? Ist es übersichtlich und verständlich? Kann ich es intuitiv richtig interpretieren? Zeigt man mir das, was ich benötige? Sehe ich nur Zahlen in kWh oder gibt es zusätzlich Preise, CO <sub>2</sub> oder einfache Zustandsinformationen? Wird der Unterschied zwischen Begriffen wie „Leistung“ und „Arbeit“ klar? Gibt es (animierte) Grafiken, die mir gewisse Dinge anschaulich erklären? |
| Vielseitigkeit             | Gibt es verschiedene Ansichten und Repräsentationen? Gibt es sie für verschiedene Zielgruppen (Kinder, durchschnittlicher Bewohner, ältere Leute)? Mache Leute mögen Zahlen andere kennen Kuchendiagramme.                                                                                                                                                                                                                      |
| Interaktivität             | Kann der Bewohner Einfluss auf das Feedback nehmen? Gibt es verschiedene Optionen, zwischen denen man auswählen kann? Kann er mit dem System interagieren? Vielen Benutzern geben solche Möglichkeiten das Gefühl eine gewisse Kontrolle über das System zu haben, was auch die Akzeptanz für das System als Ganzes erhöht.                                                                                                     |
| Detaillierungsgrad         | Wie detailliert ist das Feedback? Gibt man mir „nur“ den Gesamtverbrauch, habe ich eine Einteilung nach bestimmten Kriterien bzw. Verwendungszweck oder gar eine Aufschlüsselung auf Verbraucherebene?                                                                                                                                                                                                                          |
| Personalisierung           | Wurde das Feedback dem Empfänger entsprechend aufbereitet?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | Wird nur das angezeigt, das den Empfänger interessiert? Wurden persönliche Bedürfnisse, Verhaltensmuster und Vorlieben berücksichtigt?                                                                                                |
| Kombination       | Gibt es eine Möglichkeit, das Feedback mit anderen Daten oder Feedbacks zu kombinieren? Kann man zum Beispiel Wetterdaten in die Energiebetrachtung mit einbeziehen?                                                                  |
| Vergleichbarkeit  | Kann man das Feedback anhand von anderen Daten vergleichen? Gibt es Möglichkeiten, historische Daten oder Daten von anderen Haushalten hinzuzuziehen?                                                                                 |
| Anwendbarkeit     | Kann man aus dem Feedback konkrete Massnahmen ableiten, die sich auch umsetzen lassen?                                                                                                                                                |
| Präsentationsform | Auf welchem Medium und wie wird das Feedback angezeigt? Ist das Feedback dem Typ des Ausgabemediums angepasst. Ist die Präsentation ansprechend und intuitiv? Gibt es spezielle Präsentationsformen für ältere Leute oder Behinderte? |
| Dauer             | Wie lange wird das Feedback gegeben? Nur einmalig durch ein Audit, über eine Messperiode von einem Monat oder über ein fix installiertes System? Weniger oder länger als die „magische Grenze“ von 3 Monaten?                         |

**Tabelle 3:** Feedback Faktoren und Parameter

Im Zentrum eines digitalen Systems steht klar das direkte Feedback. Wobei eine Kombination mit den anderen Arten macht aber durchaus Sinn. In MEGA sollen wenn möglich mehrere Feedbackarten verwendet werden.

## Energiesparpotential

### Gebäude Allgemein

Wie aus den Erhebungen des BFE hervorgeht, werden rund 50% des schweizerischen Primärenergieverbrauchs für Gebäude aufgewendet. Darunter fallen ~27% auf Wohnbauten [37]. Der Löwenanteil, rund 85% des Energieverbrauchs in Haushalten, wird für Raumwärme und Warmwasser eingesetzt [38]. MEGA ist in erster Linie auf Elektrizität ausgerichtet, die man als hochwertige Energieform ansieht, mit grossem technischem Potential für die Produktion aus erneuerbaren Quellen und effizienten Kosteneinsparungen. Man kann davon ausgehen, dass der Anteil der Elektrizität am gesamten Energieverbrauch in Haushalten, er beträgt 26% [39], in Zukunft ansteigen wird, da im Gegenzug der Anteil an fossilen Brennstoffen durch neue Heizsysteme (Wärmepumpen), Gebäudehüllenverbesserungen, neuen Minergie-P Häusern etc. abnehmen wird.

Die nachfolgenden Tabellen enthalten einige Fakten aus den Gesamtenergie- [39] und Elektrizitätsstatistiken [40] des BFE für 2009. Während in beiden „Disziplinen“ im Vorjahr in der Schweiz noch Rekordhöchstmarken erreicht wurden, ging der Verbrauch 2009 leicht zurück.

| Energie                      | Absolut [TJ] | Anteil [%] |
|------------------------------|--------------|------------|
| Gesamtenergieverbrauch       | 877'560      | 100        |
| Energieverbrauch in Gebäuden | ~438'780     | 50         |
| davon Heizung                | 263'268      | 30         |
| davon Elektrizität           | 122'858      | 14         |
| davon Bau und Unterhalt      | 52'654       | 6          |
| Private Haushalte            | 251'860      | 28.7       |

**Tabelle 4:** Fakten Gesamtenergieverbrauch 2009

| <b>Elektrische Energie</b>          | <b>Absolut</b> | <b>Anteil [%]</b> |
|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| Gesamtelektrizitätsverbrauch        | 57.5 TWh       | 100               |
| Pro Kopf Gesamt (2008)              | 7616 kWh       | -                 |
| Elektrizitätsverbrauch in Gebäuden  | 34.5 TWh       | 60                |
| Pro Gebäude (Stand 2000: 1'462'167) | ~24.0 MWh      | -                 |
| Private Haushalte                   | 17.9 TWh       | 31.2              |
| Pro Haushalt (2008)                 | 5'300 kWh      | -                 |
| Pro Kopf im Haushalt (2008)         | 2'300 kWh      | -                 |

**Tabelle 5: Fakten Elektrizitätsverbrauch 2009**

Das enorme Sparpotential das in Gebäuden steckt, wurde in den Industriestaaten erkannt. Es wurden mehrere Programme rund um die Energieeffizienz in Gebäuden gestartet, auf nationaler [37] und internationaler Ebene [42][43]. Die unterschiedlichen Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten betrachten. Um das Potential für MEGA genauer abzuschätzen, beginnen wir mit einer Gesamtübersicht von Gebäudesparmassnahmen [41] und versuchen danach, uns auf die für das Projekt relevanten Punkte zu konzentrieren. Die unten stehende Tabelle bezieht sich auf eine Betrachtung für kommerzielle Gebäude. Als Richtlinie lässt sie sich jedoch gut auf residentielle Gebäude übertragen.

| <b>Bereich</b> | <b>Einsparpotential in %</b> | <b>Amortisation in Jahren</b> | <b>Massnahmen</b>                                                                                                                                |
|----------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Betrieb        | 5-20%                        | 0-5                           | Nutzerverhalten, Energiesparen, aktives Energiemanagement.                                                                                       |
| Anlagentechnik | 10-60%                       | 2-10                          | HLK (Komfortlüftung, Einzelraumsteuerung...), Kälte, Warmwasser, Beleuchtung, effiziente Geräte, Tarif- und Lastkontrollsysteme, Automatisierung |
| Gebäudehülle   | > 50%                        | 10-60                         | Dämmung, Fenster, Wärmebrücken, Bauphysik                                                                                                        |

**Tabelle 6: Sparpotentiale Gebäude Allgemein**

Nicht ganz unerwartet liegt eines der grössten Einsparpotentiale in der Sanierung von existierenden Gebäuden und beim Bau von neuen Gebäuden, die von Anfang an strengen Kriterien an die Energieeffizienz entsprechen (Minergie etc.). Aber hier sind die Investitionen gross und die Amortisierungsdauer ist beträchtlich. Ausserdem wird es einige Zeit dauern, bis solche Massnahmen flächendeckend greifen. Ausserdem gibt es viele Fälle in denen die Bewohner in dieser Beziehung keinen direkten Einfluss ausüben können, da ihnen das Gebäude nicht gehört in dem sie wohnen. In der Schweiz, ein Volk von Mietern, liegt der Anteil bei 65%. Der Fakt, dass die Heizkosten von den Liegenschaftsbesitzern direkt auf die Mieter überwältigt werden können, ist zudem nicht wirklich förderlich, die Besitzer für grössere Investitionen in eine Gebäudehülle zu motivieren. Dasselbe gilt für die Stromrechnung und effiziente Haushaltsgeräte.

#### *Vorbedingungen, Einschränkungen und Annahmen*

Um eine Aussage über das Sparpotential zu machen, wurde der Fokus von MEGA genauer definiert.

- **Bereich:** Bezogen auf Tabelle 6 fokussiert MEGA auf Massnahmen in den Bereichen „Betrieb“ und „Anlagentechnik“ und innerhalb von Lösungen, die durch IKT Systeme abgedeckt werden können.

- **Elektrizität:** Wie bereits erwähnt konzentriert sich das Projekt in erster Linie auf elektrische Energie, die bei Haushalten rund 26% des Gesamtverbrauchs ausmacht. Trotzdem sollen die restlichen 74%, die durch andere Energieträger wie Öl, Gas, Holz, Fernwärme abgedeckt werden und weitere Ressourcen, wie z.B. Wasser, in das Systemdesign miteinbezogen werden.
- **Direkte Energie:** MEGA beschränkt sich in erster Linie auf den direkten Energieverbrauch, der auch direkt im Haus oder in der Wohnung gemessen werden kann. Trotzdem sollen Aspekte des indirekten Verbrauchs eines Haushalts nicht komplett vernachlässigt werden, da sie einen beträchtlichen Teil des Gesamtverbrauchs ausmachen [23][24]. MEGA misst nur die direkte Energie, da die indirekte Form schwer messbar ist. Aber man könnte sich trotzdem vorstellen, z.B. Tipps abzugeben, die sich mit der indirekten Energie befassen.
- **(Noch) keine Automation:** MEGA geht davon aus, dass der Bewohner selbst, wenn er sich seines persönlichen Energiebedarfs bewusst ist, durch (manuelle) Aktionen Energie sparenden Aktionen ausführt. Es gilt zu erwähnen, dass viele dieser Aktionen auch automatisiert werden können.
- **Zeithorizont:** Die Betrachtung fokussiert vor allem auf den Zustand, wie er sich heute präsentiert. Für Aussagen, die sich auf die Zukunft beziehen, sollten Aspekte wie die Zunahme von elektrischen und elektronischen Geräten im Haushalt, Verbesserung der Effizienz dieser Geräte und weitere technischen und sozioökonomischen Entwicklungen mit berücksichtigt werden.
- **Zielgruppen:** MEGA richtet sich an die Bewohner. Es liegt in der Natur der Sache, dass diese den ganzen Einfluss auf die tatsächlich eingesparte Energie ausüben. Dabei spielen Faktoren wie Alter, Bildungsstand, sozialer Status, Wohnform usw. eine Rolle. Wir haben versucht, diese mit einzubeziehen und auch bei den Sparpotentialen zu berücksichtigen.
- **Noch kein Lastmanagement:** Ebenfalls nicht im Hauptfokus von MEGA liegen „Load Control“ (Lastkontrolle) und „Demand Response“ Massnahmen, zu denen man zahlreiche Arbeiten und Projekte findet. Energiereduktionen sind hier jedoch Nebeneffekte, da diese Massnahmen eher darauf abzielen, die Lasten anders zu verteilen um damit unter anderem Lastspitzen zu brechen. Das dient vor allem den Energieproduzenten und Transporteuren und kann sich durch neue Tarifsysteime im Geldbeutel des Verbrauchers niederschlagen. Man geht jedoch davon aus, dass die Energie in Summe in etwa dieselbe bleibt.
- **Energieverbrauch nicht Produktion:** Energieproduktionsaspekte, unter die auch die dezentrale Produktion oder alternative Energien gehören, sollen wenn möglich berücksichtigt werden. Wie bereits beschrieben, gehören zum Beispiel Solarenergieanlagen zur Gruppe der Feedbacks durch „Nebenwirkungen“. Mit solchen Anlagen wird oft die Sensibilität des Bewohners für Energieflüsse gesteigert und häufig gelangen dadurch neue Informationsquellen wie Displays ins Haus die Auskunft geben, über erzeugte und eben auch verbrauchte Energie.
- **Theoretische und praktische Einsparungen:** Wenn man die Sparpotentiale anschaut, muss man unterscheiden zwischen den Studien, welche sie theoretisch damit befassen und solchen, die über praktische Erfahrungen aus Versuchen berichten (Rebound Effekte). MEGA interessieren in erster Linie die Erfahrungsberichte.

## Haushalte

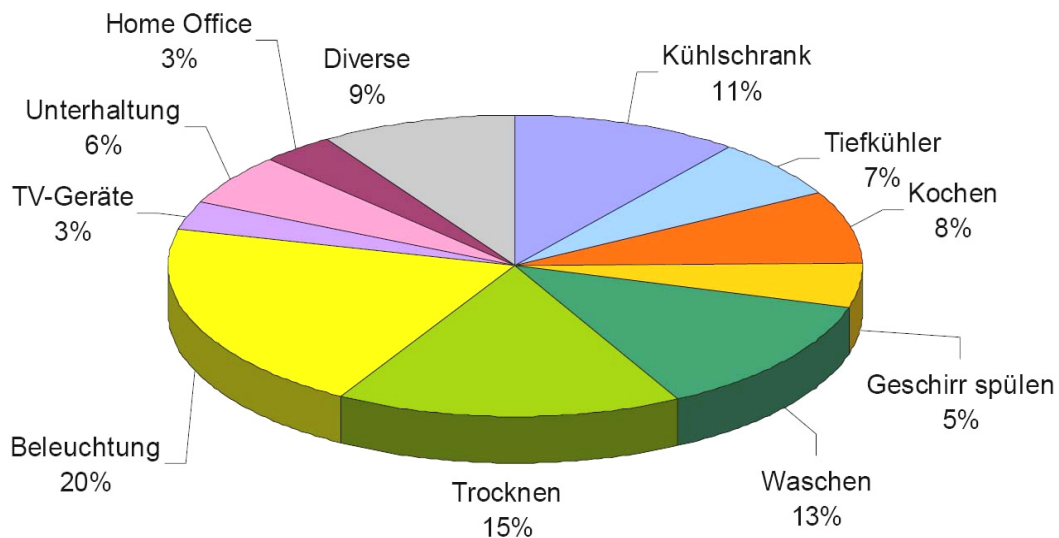
Bezogen auf Tabelle 6 bewegt sich MEGA in den Bereichen „Betrieb“ und „Anlagentechnik“. Die nachfolgende Tabelle fasst die aus unserer Sicht möglichen Aktionen und deren Sparpotentiale auf.

|   | Aktion                             | Beschreibung                                                                             | Potential |
|---|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Ersetzen von ineffizienten Geräten | Ersetzen von ineffizienten Geräten durch solche, die zu den besten ihrer Klasse gehören. | 40-60%    |
| 2 | Stand-by Reduktion                 | Verbraucher aller Art nur dann betreiben, wenn sie                                       | 1.1-25%   |

|   |                        |                                                                                                                                                                            |  |
|---|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|   |                        | wirklich benötigt werden, sonst abschalten.                                                                                                                                |  |
| 3 | Optimierung im Betrieb | Den Verbrauch von Geräten im Betrieb so weit es geht optimieren (Heizung etwas herunterdrehen, Stromsparmodes einsetzen...).                                               |  |
| 4 | Verhaltensänderungen   | Ändern des generellen Verhaltens der Leute um sie dazu zu bringen, bestimmte Dinge anders oder gar nicht zu tun, im Bewusstsein, dass so viel Energie gespart werden kann. |  |

**Tabelle 7:** Sparaktionen im Haushalt

Alle elektrischen Geräte zusammen (inkl. Industrie, Transport etc.) benötigen 60% der gesamten zur Verfügung stehenden elektrischen Energie in der Schweiz. Bei den Haushalten liegen die grössten Stromsarpotentiale bei Elektroheizungen- (70%) und –boilern (50%), der Beleuchtung (87%), sowie veralteten Tiefkühlgeräten und Wäschetumbler (40-60%) [47] [48][52]. Im Rahmen des Internetportals Energy Box von S.A.F.E wurden rund 13'000 Haushalte auf ihren Stromverbrauch hin ausgewertet [48]. Die Resultate sind in den beiden nachfolgenden Abbildungen dargestellt. Zum einen sieht man die Aufteilung des Verbrauchs nach Anwendungen (Figur 7), zum anderen das abgeschätzte Sparpotential (Figur 8) für eine gut ausgestattete MFH-Wohnung mit ca. 3500kWh Jahresverbrauch. Die Auswertungen kamen zu Ergebnis, dass bereits durch Verhaltensänderungen und kleinere Investitionen zwischen 37-52% des Stromverbrauchs eingespart werden kann.



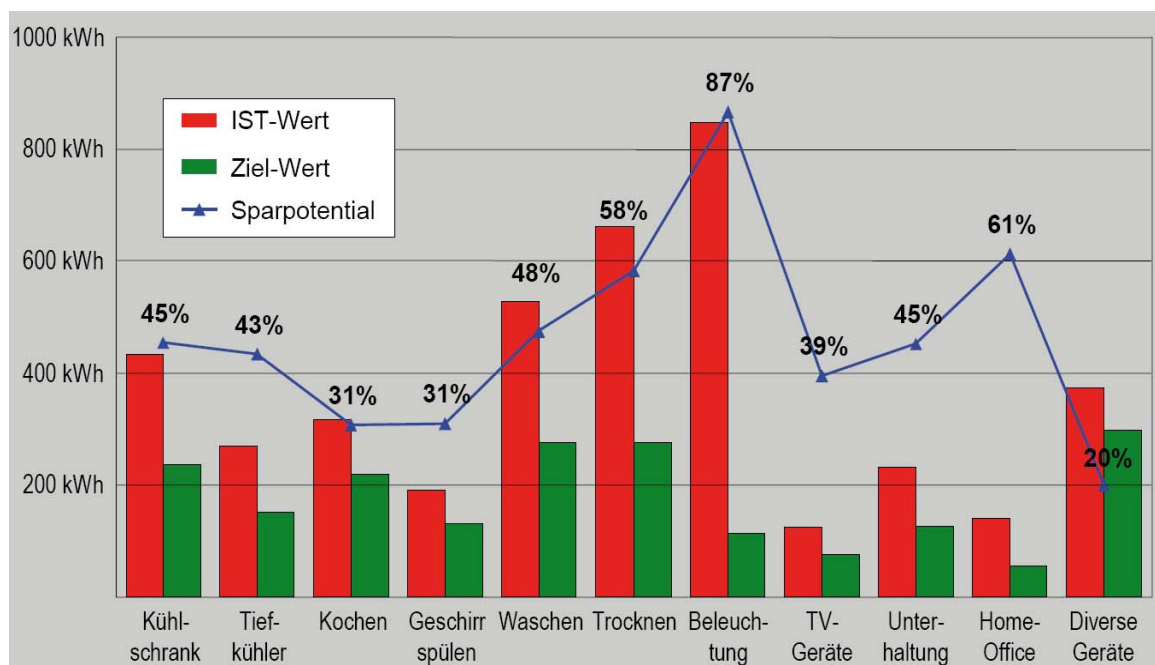
**Figur 7:** Haushalt-Stromverbrauch nach Anwendungen (Quelle: EnergyBox [48])

Die besten verfügbaren Geräte (BAT Best Available Technology) zu verwenden ist eine der effektivsten Methoden um die Energieeffizienz in Haushalten in relativ kurzer Zeit nachhaltig zu erhöhen. Dabei geht es vor allem, aber nicht nur, um die klassischen Haushaltsgeräte (Waschmaschine, Kochherd, Kühlschrank, Kühltruhe) sondern auch um Geräte der IT bzw. Computertechnik, Settop Boxen, Multimediageräte, Ladegeräte, Netzteile usw. Gerade Multifunktionsdrucker und Kaffeemaschinen werden häufig unterschätzt. Kaffeemaschinen heizen auch im Stand-by Betrieb und verbrauchen in der Schweiz pro Jahr so viel Strom wie 110'000 Durchschnittshaushalte [49]. Dabei existieren in den meisten Geräteklassen Geräte, die ohne Komfortverlust den Verbrauch um 50 % und mehr zu reduzieren vermögen.

Diverse Studien und Broschüren [51][53][54][55] haben die verschiedensten Geräte in Privathaushalten identifiziert, deren spezifischen Verbrauch untersucht und daraus Sparpotentiale abgeleitet. Neben den Haus Die Werte oben stammen unter anderem von einer BFE Broschüre [56]. Sie stimmen im Grossen und Ganzen mit den zusätzlich konsultierten Studien überein. Unterstützung bei der Suche von effizienten Geräten bieten

Informationsmaterialien von Energiebehörden, Energielabel oder auch recht komfortable Onlineportale [57][58]. Beim diesem Thema gibt es jedoch auch andere Faktoren, die man hier berücksichtigen sollte:

- Den **Einfluss**, den die **Bewohner** auf die Entscheidung haben, welches Gerät wann und durch welches andere ausgetauscht werden soll, kann je nach Situation und Land sehr beschränkt sein. Während in Deutschland zum Beispiel die Küchengeräte vom Bewohner gekauft und beim Umzug mitgenommen werden, ist man in der Schweiz als Mieter vom guten Willen des Eigentümers abhängig.
- Neue **Energierichtlinien** werden dazu führen, dass ineffiziente Geräte zum Beispiel in Europa gar nicht mehr verkauft werden dürfen. Diese werden also vom Markt verschwinden und die Hersteller sind gezwungen, neue, effizientere Geräte zu entwickeln. Es gibt hier also so oder so einen Trend hin zu mehr Energieeffizienz.
- Auf der anderen Seite steht die Tatsache, dass die absolute **Anzahl von Geräten im Haushalt stetig zunimmt**. Der Gewinn an Effizienz durch neue Geräte könnte also durch die Zunahme der Verbraucher wieder zunichte gemacht werden.



**Figur 8:** Stromsarpotentiale Elektrizität (Quelle: EnergyBox [48])

Die Stand-by Thematik wurde innerhalb der Schweiz genau untersucht [59]. Die Studie hat geschätzt, dass sich der gesamte Stand-by Verbrauch auf ca. 1'900 GWh beläuft, wobei 1'400 GWh davon auf den Haushaltsbereich fallen. Weiter wurde geschätzt, dass mit den entsprechenden Massnahmen in den nächsten 10 Jahren rund die Hälfte davon eingespart werden könnte. Verglichen mit dem Gesamtelektrizitätsverbrauch der Haushalte von 17'472 GWh in 2007 und dem Einsarpotential von 700 GWh käme man so also auf rund 4% gesparte Elektrizität in der Schweiz. Die EU schätzt die Stand-by Verluste auf ca. 10% des Gesamtverbrauchs ihrer Mitgliedstaaten. 1999 hat die europäische Kommission eine neue Richtlinie veranlasst mit dem Titel "Policy Instruments to Reduce Stand-by Losses of Consumer Electronic Equipment". Daraus resultierten verschiedene „Code of Conducts“, die Ziele für den Stand-by Verlust verschiedener Geräteklassen festlegen (für Consumerprodukte liegen sie im Bereich von 0.5W). Also sollte sich auch hier die Effizienz im Lauf der Zeit gesetztesbedingt verbessern [60].

Eine genaue Abschätzung dafür zu finden, was durch die Optimierung des Betriebs und durch Änderungen im Verhalten bewirkt werden kann, ist uns bis jetzt nicht gelungen. Was das Feld der „echten“ Verhaltensänderungen anbelangt, die sich auf grundlegende Lebensgewohnheiten auswirken (Punkt 4 in Tabelle 7), so sehen wir hier vorerst kein sehr

grosses Potential. Die Natur des Menschen und empirische Daten zeigen, dass man zumindest nicht dazu bereit ist, wenn dafür ein Komfortverlust in Kauf genommen werden muss.

Das kombinierte Potential der Punkte 2-4 wurde in zahlreichen Studien und Feldtests untersucht, die sich zum Ziel setzten, den Energieverbrauch in Haushalten durch Feedback und andere Werkzeuge zu beeinflussen. Die Werte in der Tabelle stammen aus Worst- und Bestcaseszenarien. Im Durchschnitt waren es zwischen 5-12% Energie, die eingespart werden konnten. Dabei haben die direkten Feedback-Systeme in der Regel mehr bewirkt, als die Indirekten. Die besten Effekte werden durch Kombination mehrerer Massnahmen erzielt. Mehr zu diesen Studien findet man im Kapitel *Projekte und Studien*.

Man findet diverse Technologiebroschüren [43][44], Studien [41] und Feldtests [46] und sogar Standards [47], die das Sparpotential durch den Einsatz von Gebäudeautomatisierung, im Zweckbau und in residentiellen Gebäuden, untersucht haben. Darunter waren auch adaptive Systeme unter Einbezug des Benutzers, die sowohl bei Beleuchtung wie auch bei der Heizung im besten Fall bis zu 45% Einsparungen gebracht haben [46]. Nach diesen Quellen kann durch optimierte, klassische Gebäudeautomation (HLK, Beleuchtung, Beschattung) an die 40-60% Energie eingespart werden. Weiter kann man sich dadurch auch die automatische Abschaltung von anderen nicht benötigten Verbrauchern vorstellen, was den Stand-By Verbrauch reduziert. Es scheint für MEGA jedoch wichtig, dass man allfällige Schnittstellen für die Automation in die Architektur mit einbezieht.

## **Sicherheit und Privatsphäre**

Nicht zu unterschätzende Aspekte eines Systems, das umfangreiche Daten sammelt und auswertet, sind Sicherheit und die Wahrung der Privatsphäre. Sie sollten von Anfang an mit berücksichtigt und nicht (wie oft) am Schluss als Anhängsel dem System aufgeschnallt werden. Aus dem detaillierten Verlauf der Energieflüsse in einem Haushalt können viele Rückschlüsse auf das Verhalten der Bewohner gezogen werden. Man kann zum Beispiel den Tagesablauf ziemlich genau rekonstruieren, vom Aufstehen, Haus verlassen, Kochen, Arbeiten, Fernsehschauen bis zum Schlafen gehen (Licht aus). Das kann Angst machen und die Akzeptanz eines solchen Systems massgeblich beeinflussen (Big Brother, der gläserne Bewohner). Man kann sich verschiedene Wege vorstellen, wie jemand unerwünscht an die Daten gelangen könnte:

- **Zugriff lokal:** Je nachdem wie lange und wie detailliert die Daten gespeichert werden kann man sich fragen, ob allen Bewohnern die gleichen Rechte auf die historischen Daten gegeben werden soll? Soll jeder Bewohner zu allen Daten Zugriff haben und so z.B. sehen, was jemand gemacht hat, während dem man abwesend war?
- **Mithören von lokal:** Da ein Trend zu drahtlosen Systemen auch in diesem Bereich festzustellen ist, wäre es möglich, dass jemand unbefugt den Datenfluss durch die Luft mithören und aufzeichnen könnte. Auch bei PLC, Ethernet und Bussystemen wäre das theoretisch möglich, aber rein physikalisch eher aufwendig.
- **Zugriff von fern:** Wenn das System mit dem Internet verbunden ist, was durchaus Sinn machen kann, dann kann ein Hacker versuchen, Zugriff auf den Server mit den gespeicherten Daten (der im Haus oder irgendwo im Internet stehen kann) oder die lokalen Sensoren selbst zu erlangen.
- **Mithören von fern:** Werden Energiedaten nicht nur lokal, sondern auch über das Internet versendet, kann ein Hack versuchen, diese mitzuhören und bei sich zu speichern.
- **Weitergabe der Daten an Dritte:** Auch hier muss das System mit dem Internet verbunden sein. Werden nämlich Daten zum Beispiel offiziell an das EVU gesendet, könnten diese durchaus für andere Firmen interessant und deswegen an diese weiterverkauft werden.

## Smart meters not to be compulsory in Netherlands

The Hague, Netherlands --- (METERING.COM) --- April 14, 2009 - Smart meters will not be compulsory in the Netherlands, minister of economic affairs Maria van der Hoeven has decided.



Maria van der Hoeven,  
Dutch Minister of  
Economic Affairs

Van der Hoeven had intended to make smart meters compulsory, with a refusal to install them punishable with a fine of up to €17,000 or six months in prison. However, after vigorous campaigning by consumer organizations and privacy watchdog groups on privacy concerns with smart meter data it became clear that a majority of parliamentarians would vote against compulsory smart metering. As a result van der Hoeven has backed down and moved to make the installation of smart meters voluntary.

The Dutch consumer association, Consumentenbond, has long opposed a mandatory rollout of smart meters. A report commissioned by the association from the University of Tilburg last November stated that the introduction of smart meters would constitute a violation of the consumers' right to privacy and the freedom to do as they please within their homes, and consequently would be in breach of the European Convention of Human Rights. The frequent meter reads would give information about the habits and living patterns of consumers, such as when they enter or leave the house. There was also a risk of such information falling into the hands of a third party.

**Figur 9:** Smart Metering und Privatsphäre Niederlande

Natürlich besteht bei einem ungesicherten System auch die Möglichkeit, die Daten zu verfälschen, bzw. dem Bewohner etwas Falsches vorzugaukeln. Da es bei MEGA jedoch nicht um das Billing (Rechnungsstellung) o.Ä. geht, betrachten wir diesen Fall hier nicht. Wir gehen also davon aus, dass die Daten nicht speziell authentifiziert sein müssen. Wir gehen auch nicht davon aus, dass jemand bewusst ein solches System von aussen stören will.

Dass das Sicherheitsthema im Design eines Energiesparsystems berücksichtigt werden sollte, zeigt auch der Fall des Smart Metering in den Niederlanden. Dort haben Konsumentenschützer durch Einsprachen erwirkt, dass ein Gesetz, das den Einbau von Smart Meters obligatorisch machen sollte, diese Zählereinrichtungen nun nur noch als freiwillig deklariert (siehe Bild unten).

Die Frage ist, wie man den durchaus berechtigten Befürchtungen entgegentritt. Die untenstehende Tabelle zeigt mögliche Lösungsansätze für die oben beschriebenen Szenarien. Ein sehr wichtiges Kriterium bei den gewählten Lösungen ist die Einfachheit. Wie schon das Beispiel des Wireless-LAN zeigt, nützen die besten Verfahren nichts, wenn sie nicht eingeschaltet sind bzw. durch Alltagsanwender konfiguriert werden müssen.

| Szenario       | Lösungsansätze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zugriff lokal  | Ein System zur Verwaltung von Benutzern und der Vergabe von Rechten könnte verwendet werden. Zum einen stellt sich jedoch die Frage, welche Benutzer Sinn machen und wie die Rechte eingeschränkt werden könnten (was soll nicht gezeigt werden). Zum anderen erfordern solche Systeme in der Regel manuelle Konfigurationstätigkeiten, die hier vermieden werden sollen. |
|                | Man stellt den Benutzern gar keine detaillierte Sicht auf die historischen Daten zur Verfügung.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Mithören lokal | Kann durch Zertifikate, (asynchrone) Schlüssel und sinnvolle Verschlüsselungsverfahren erheblich erschwert werden. Natürlich wird auch das System dadurch komplexer, Zertifikate müssen ausgestellt und Schlüssel verwaltet werden. Die Performance sinkt.                                                                                                                |
|                | Wird auch eingeschränkt, wenn auf drahtlose Systeme verzichtet und der physikalische Zugriff auf das Heimnetz sowie Bussysteme erschwert wird. Die meisten neueren drahtlosen Systeme (z.B. ZigBee) verfügen jedoch heute bereits über starke Sicherheitsverfahren, die ein Abhören sehr aufwendig machen.                                                                |

|                 |                                                                                                                                                                |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zugriff fern    | Kann durch Zertifikate, (asynchrone) Schlüssel, sinnvolle Verschlüsselungsverfahren und starke Passwörter erheblich erschwert werden.                          |
|                 | Man erlaubt keinen oder nur einen sehr eingeschränkten Fernzugriff.                                                                                            |
|                 | Man hängt das System nicht (oder nur zu bestimmten kurzen Zeiten) an das Internet (lokaler Server)                                                             |
| Mithören fern   | Man übermittelt nicht alle Daten detailliert über das Internet, sondern nur eine „Zusammenfassung“ oder etwas sonst Komprimiertes. Man anonymisiert die Daten. |
|                 | Siehe Lösungen „Zugriff fern“                                                                                                                                  |
| Datenweitergabe | Rechtlich dafür sorgen, dass die Daten nicht weiter gegeben werden.                                                                                            |
|                 | Nicht alle Daten detailliert über das Internet übermitteln, nur „Zusammenfassung“ oder Komprimierung. Daten anonymisieren.                                     |
|                 | Man hängt das System nicht an das Internet                                                                                                                     |

**Tabelle 8:** Sicherheit und Privatsphäre Lösungsansätze

## Projekte und Studien

### Einführung

Es existiert eine Fülle an Informationen zu Projekten mit dem Ziel, den Energiebedarf von Privathaushalten zu beeinflussen. Grundsätzlich werden bei den Vorhaben mehrere Ziele verfolgt, wobei diese je nach Fall verschieden kombiniert und gewichtet werden.

- **Feedback:** Diese Gruppe von Projekten fokussiert darauf, den Bewohnern eine Form von Feedback zu geben um dann ihr Verhalten in Bezug auf den Energiebedarf genauer zu studieren. Die ersten solcher Versuche und Studien sind bereits in den 70er und 80er Jahren durchgeführt worden. Damals waren vor allem Psychologen an den Resultaten interessiert, wie man Leute dahingehend beeinflussen kann, ihre Gewohnheiten nachhaltig zu ändern. Energieeffizienz und Umweltaspekte sind erst später hinzugekommen.
- **Last Management, Demand Response, Time-Of-Use Pricing (TOU), Real-Time Pricing:** Hier geht es in erster Linie darum die Menschen dazu zu bewegen, bestimmte Verbraucher nur eingeschränkt auf bestimmte Zeiten oder Verbrauchslevel zu benutzen. Man erreicht damit eine Verschiebung und bessere Verteilung von Lasten um Lastspitzen beim Energieverbrauch zu dämpfen. Der Hintergrund ist also nicht das Energiesparen. Vielmehr kommt dies in erster Linie den EVU zugute, die diese Spitzenlasten nicht mehr liefern müssen und ihre Kraftwerke und die Transportinfrastruktur anders dimensionieren und gleichmässiger auslasten können. Die Befehle, gewisse Lasten abzuschalten zu reduzieren oder den Betrieb nur noch zu bestimmten Zeiten zuzulassen, können vom EVU oder vom Bewohner selbst kommen. Ein Beispiel für Demand Response ist ein Projekt im Staat Kalifornien, indem nach diversen Stromausfällen die Vorschrift erlassen wurde, dass das EVU die Möglichkeit haben muss, den Verbrauch zu reduzieren, wenn zu grosse Nachfrage da ist. Man wird also zum Beispiel zu Spitzenzeiten im Sommer die Temperaturen der Klimaanlage um einige Grad nach oben korrigieren um damit die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Die Motivation für Last Management beim Bewohner kommt in erster Linie durch Anwendung von neuen Tarifen, die es lukrativ machen, die Waschmaschine zum Beispiel erst nachts laufen zu lassen. Häufig werden als Anreiz zeitvariable oder lastvariable Tarifmodelle oder andere Belohnungsmodelle angeboten.

Bei den neueren Projekten, die durch ihre aussagekräftige und breite Datenbasis häufig zitiert werden, handelt es sich in erster Linie um Smart Metering Installationen und Piloten, die in den letzten beiden Jahren stark zugenommen haben. Diese bieten die Infrastruktur um neben der vereinfachten Fernauslesung durch die Energieunternehmen auch Feedback und Last Management Untersuchungen durchzuführen.

Wir konzentrieren uns hier vor allem auf die Feedback Projekte, die für MEGA am relevantesten sind. Last Management ist weniger das Thema, doch haben die Projekte häufig beide Aspekte gleichzeitig untersucht. Das Dokument bietet also eine Auswahl der wichtigsten durchgeführten „Energieeffizienz“-Projekte und versucht, eine Zusammenfassung über die Resultate zu geben.

Das ist nicht immer einfach, da die Informationsmenge beträchtlich und die Resultate zum Teil widersprüchlich sind. Dies nicht auch zuletzt deshalb, weil die meisten Projekte mit relativ kleinen Gruppen von häufig freiwilligen Testhaushalten durchgeführt wurden. Ausserdem beschränkten sie sich auf bestimmte geographische oder kulturelle Umgebungen was eine Verallgemeinerung oder eine Anwendung auf andere Länder wie zum die Schweiz schwierig macht. Einige Studien [24] haben auch versucht, soziale, gesellschaftliche und psychologische Aspekte mit einzubeziehen, die natürlich von Haushalt zu Haushalt verschieden sein können. Schliesslich gilt es zu erwähnen, dass fast alle Projekte sich ausschliesslich auf elektrische Verbraucher beschränkt haben.

## Energieeffizienzprojekte

Es gibt mehrere Studien, die dutzende von Versuchen akribisch untersucht und ausgewertet haben. Eine gute Übersicht über die bisher durchgeführten Projekte geben [27][30].

Die untenstehende Tabelle zeigt eine Auswahl von aktuelleren, grösseren Projekten weltweit, die häufig verschiedene Massnahmen kombinieren.

| Ort / Name                  | Zeit                   | Grösse        | Gespart  | Resultat                                                                                                                                       |
|-----------------------------|------------------------|---------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ontario / Hydro One         | 2006-2007              | 373           | 4 -7.4%  | Echzeit Display, Smart Thermostaten, Beratung, Spitzenlast Reduktion von 8-25%                                                                 |
| Nordirland                  | 1999                   |               | 3-10%    | 3-10% gespart über Prepaid Zähler mit Angaben von (Kosten/kWh)                                                                                 |
| Australien / Country-Energy | 2004-2006<br>2008-2010 | 200<br>10'000 | 0-25%    | Bis zu 25% Reaktion; 30-Minuten Feedback, Alarm mit rotem Licht, zu Spitzenzeiten. Beratung. Ein neueres Projekt geht bis 2010.                |
| Schweden                    | 1998                   | 288           | 0-20%    | 20% Ersparnisse. Bis zu 20% bei Spitzenlast mit Prepaid Zählern und einem Tischdisplay                                                         |
| Norwegen                    | 1996-1999              | 50'000        | 4-8%     | 4-8% Ersparnisse mit verbesserten Rechnungen mit Grafiken und bis zu 10% zusammen mit Beratung                                                 |
| Italien/ ENEL               | 2005-2009              | 30 Mio.       | 0-5%     | 5% Lastreduktion über automatisches Lastmanagement, kein Feedback                                                                              |
| Kalifornien / SSP           | 2003-2005              | 2'500         | -2-14.4% | 6-13% Spitzenlastreduktion, mit Ersparnissen von 10-15% mit speziellen Tarifen (grosse Unterschiede zwischen den Preisen) und Echtzeitdisplays |

**Tabelle 9:** Auswahl Energieeffizienzprojekte

Detaillierte Informationen zu Studien und Projekten finden sich in *Anhang A: Projekte und Studien: Energieeffizienzprojekte*.

## Fazit

Zusammenfassend lassen sich in Bezug auf MEGA die folgenden Aussagen machen:

- Der Energieverbrauch lässt sich durchschnittlich zwischen **5..15%** reduzieren.
- Bewohner sind in der Regel preissensitiv, verbrauchs- und umweltbewusst, grundsätzlich aufgeschlossen gegenüber Neuerungen und **bereit zu agieren**.

- Die höchste Motivation Energie zu sparen ist noch immer der **Preis**. Und da müssen die Unterschiede deutlich sein, damit wirklich Energie gespart wird.
- Menschen sind **bequem und abwartend**. Alle Abläufe müssen einfach und intuitiv sein. Zudem muss ein Nutzen aufgezeigt werden, um so ein System installieren zu lassen. Die Energiesparmassnahmen sollen mit möglichst wenig Aufwand umsetzbar sein und sollten keine Änderungen der Lebensgewohnheiten zur Folge haben.
- Eine Studie die **psychologische** und **sozio-ökonomische** Aspekte untersucht hat [24] erwähnt, ...
  - ...dass allgemeine Umweltüberlegungen eher bei Massnahmen eine Rolle spielen, die relativ geringen Aufwand bedeuten (Recycling), während aufwendige Massnahmen (z.B. weniger Autofahren) sehr viel mehr mit der persönlichen Situation zu tun haben.
  - ... dass beim Energieverbrauch selbst sozio-ökonomische Aspekte eine Rolle spielen, also Leute mit grösseren Wohnungen und höheren Einkommen auch mehr Energie verbrauchen. Bei der Motivation Energie zu sparen und der tatsächlich eingesparten Energie scheinen diese Parameter jedoch wenig Einfluss auszuüben. Auch hier spielen persönliche, psychologische Aspekte eine grössere Rolle.
- Die **Technik** ist eigentlich vorhanden. Doch sind die heutigen Systeme immer noch zu kompliziert und inkompatibel. Das hat Nachteile für die Anbieter wie auch die Bewohner. Komplizierte Systeme werden nicht benutzt. Schon das Anbringen eines Displays oder der Wechsel einer Batterie oder das Einloggen auf einer Homepage wirken hemmend.
- Die **höchsten Reduktionen** (bis zu 20%) wurden erreicht durch [27][30]
  - Mobile Tischdisplays mit interaktiven Kosten- und Momentanleistungsfunktionen
  - Prepaid Zähler und aufladbaren Smart Cards dafür
  - Eine Anzeige, die die aufsummierten Kosten für den Betrieb eines elektrischen Herds anzeigte
- Feedback alleine wirkt schon, aber es ist noch effizienter wenn es begleitet wird von **Begleitmassnahmen** (gezielte Informationen, Beratung, Communities etc.). In der Regel liegt die Ersparnis hier so um die 10%. Eine Kombination verschiedener Massnahmen ist zusammen wirksamer als die Summe der Einzelmassnahmen.
- Auch indirektes Feedback über erweiterte und **verständliche Rechnungen** mit Grafiken und Hinweisen bringt Einsparungen. In einer Umfrage unter 1219 UK Bürgern gaben 51% der Befragten an, dass die Energie- und Wasserrechnungen von allen Haushaltsrechnungen am schwierigsten zu verstehen und nachzuvollziehen sind [29]. Hier gibt es in der Schweiz auch noch einiges an Verbesserungspotential.
- Am meisten Wirkung hat **direktes Feedback**, wenn es folgende Eigenschaften besitzt:
  - **Reale Daten:** Die Informationen sollen sich auf den tatsächlichen aktuellen Verbrauch beziehen und nicht auf Schätzungen basieren.
  - **Intuitiv, klar, verständlich:** Scheint logisch, ist aber oft nicht der Fall. Ausserdem haben Studien gezeigt, dass hier vielfach auch grosse kulturelle, gesellschaftliche oder individuelle Unterschiede bestehen. Dieselben Rechnungen haben beispielsweise in Skandinavien und in den USA völlig unterschiedliche Reaktionen ausgelöst.
  - **Jederzeit Verfügbar:** Der Bewohner hat jederzeit einfach und bequem Zugriff auf die aktuellsten Daten.
  - **Aktuelle Daten:** Je häufiger und direkter das Feedback stattfindet, umso besser. Das hilft den Bewohnern den Zusammenhang zwischen ihren

Handlungen (Ursache) und dem Energieverbrauch (Wirkung) besser zu erkennen.

- **Verschiedene Darstellungen:** Um möglichst viele zu erreichen, sollten verschiedene Formen von Feedback und Präsentationen zur Verfügung stehen. Es ist eine Utopie, dass EINE Darstellung für alle verschiedenen Benutzergruppen ausreicht. Dem einen reicht eine Ampel oder Tachometerdarstellung, während ein anderer lieber detaillierte Zahlen, Verläufe und Graphen sieht.
  - **Interaktivität:** Wenn der Bewohner Auswahlmöglichkeiten hat und Dinge selbst verändern oder beeinflussen, also mit dem System interagieren kann, so gibt ihm das ein Gefühl von Kontrolle. Auch hier gibt es verschiedene Typen von Bewohnern, aber in der Regel möchten nur wenige einem System „hilflos“ ausgeliefert sein.
  - **Aufschlüsselung:** Je detaillierter man den Energieverbrauch aufschlüsseln und zuordnen kann, umso besser. Nur den Gesamtverbrauch anzuzeigen bringt im Vergleich weniger. Man soll die Daten nach Möglichkeit, nach einzelnen Verbrauchern, nach Raum, Verwendungszweck etc. aufschlüsseln können.
  - **Persönlich:** Je genauer man das Feedback dem Bewohner und dessen Situation bzw. der Zielgruppe anpassen kann, umso besser.
  - **Lange Zeitdauer:** Damit der Lernprozess einsetzt und sich das Verhalten nachhaltig ändert, was in der Regel so an die 3 Monate dauert (und danach auch wieder abnehmen kann), sollte das Feedback über längere Zeit verfügbar sein. Einmalige Interventionen (Audit) oder temporäre Installationen bringen auch Verbesserungen, sind aber nicht so nachhaltig.
- **Vergleiche** sind häufig erwünscht, aber nicht immer hilfreich, um in allen Haushalten effektiv Energie zu sparen. Man kann man zum Beispiel die aktuelle Energierechnung mit der vom letzten Jahr oder mit einem Durchschnittshaushalt vergleichen. Bei den Bewohnern kommt diese Information in der Regel gut an. Es hat sich jedoch gezeigt, dass bei Haushalten, die unter dem Durchschnitt liegen, die Motivation zu sparen deutlich nachlässt oder gar mehr Energie verbraucht wird.
  - Es ist idealer, wenn die Informationen „überbracht“ (**push**) werden, ohne dass sich der Bewohner selbst darum kümmern muss (**pull**). Rechnungen oder ein Tischdisplay funktionieren deshalb in der Regel besser als zum Beispiel ein Internetportal.
  - Es macht Sinn, die Energiedaten mit anderen Daten zu **verknüpfen**. Wenn auf dem gleichen Display auch noch Wetterdaten gezeigt werden, wird der Bewohner mehr darauf achten. Evtl. wird es sich am Anfang sogar nur für die Temperatur interessieren und erst später für die Energieinformationen.

Andere Begleitmassnahmen wie **Belohnungen und sonstige Anreize** sind ebenfalls mit Vorsicht zu geniessen. Denn die Motivation hält meist nur so lange an, wie der Anreiz da ist.

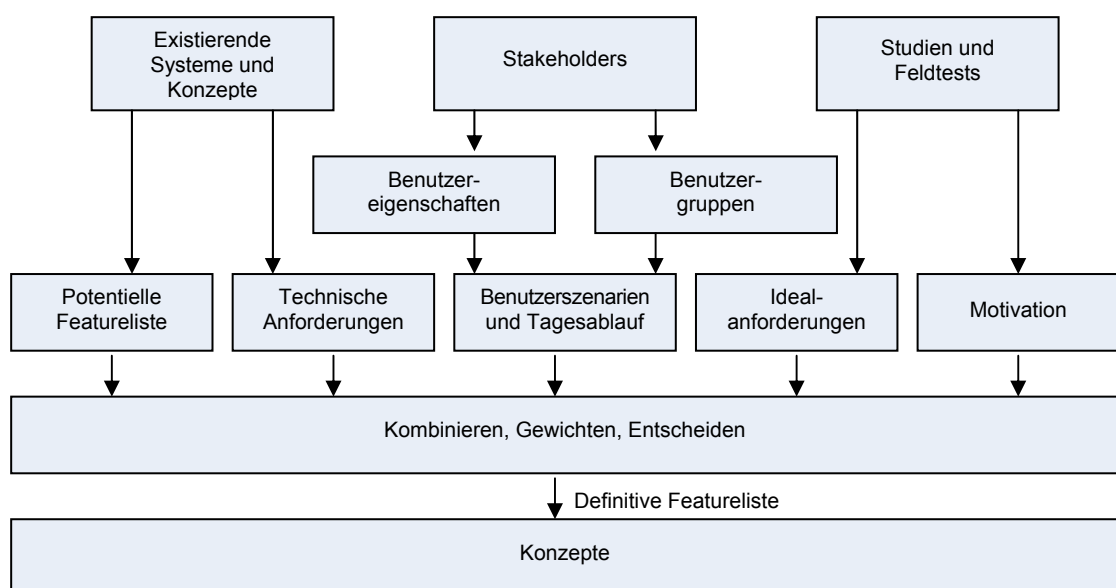
# Ergebnisse

## Anforderungen

Dieses Kapitel definiert die Anforderungen an das MEGA-System. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

1. *Stakeholders*: Die Stakeholders und Akteure und deren Interessen wurden identifiziert und aufgelistet. Die zwei wichtigsten, die Endverbraucher und das Energieversorgungsunternehmen (EVU) wurden etwas genauer beschrieben.
2. *Benutzereigenschaften*: Für die sehr heterogene Gruppe von Endverbrauchern wurden Benutzereigenschaften definiert. Die wichtigsten Benutzereigenschaften wurden mit Fokus auf die Schweizer Bevölkerung etwas genauer unter die Lupe genommen. Schliesslich wurden die konkreten Auswirkungen der verschiedenen Benutzereigenschaften auf das MEGA System untersucht.
3. *Benutzertypen, Benutzergruppen und Szenarien*: Aufgrund der Analyse der Benutzereigenschaften wurden 4 aus unserer Sicht charakteristische Benutzergruppen ausgewählt, in kurzen Szenarien beschrieben und deren Tagesablauf etwas näher betrachtet.
4. *Anforderungen an ein ideales System*: Als nächstes wurden, basierend auf den Erfahrungen aus den Kapiteln „Energie und Motivation“ und „Projekte und Studien“, die Anforderungen an ein ideales System beschrieben.
5. *Technische Anforderungen*: In einem nächsten Schritt wurden die technischen Anforderungen an ein MEGA System eruiert.
6. *Systemfeatures*: Schliesslich wurden mit Hilfe der Anforderungen und des Studiums existierender Systeme (Anhang Existierende Technologien, Produkte & Systeme) alle aus unserer Sicht möglichen Features eines solchen Systems aufgelistet.

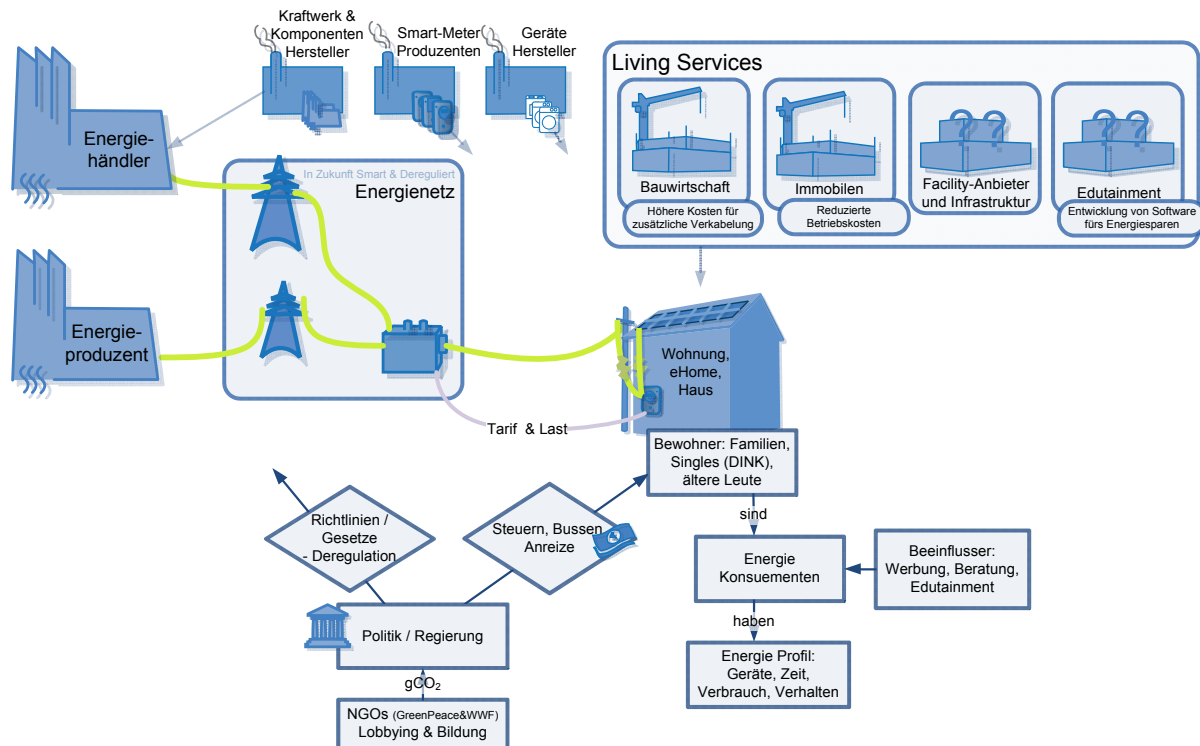
Die Resultate dieses Kapitels fliessen in das Systemkonzept mit ein, das im Kapitel *Systemkonzept* beschrieben wird und alle definitiven Features und ausgewählte Umsetzungsszenarien beschreibt.



**Figur 10:** Energieeffizientes Kleinfahrzeug

## Stakeholders

Im Hinblick auf die Anforderungen und vor allem auch die Rentabilität eines MEGA-Systems ist eine Analyse der direkt oder indirekt involvierten Stakeholder unumgänglich. Man muss die Bedürfnisse, den Nutzen oder auch mögliche Konflikte in Bezug auf die beteiligten Parteien sehr genau kennen, um ein System zu bauen, das wirklich Erfolg verspricht.



Figur 11: Stakeholders

## Wirtschaftliche Aspekte

Einige grundsätzlichen Aspekte, die die Wirtschaftlichkeit betreffen, haben einen grossen Einfluss auf das Interesse der Stakeholder. Es geht dabei darum, mit welchen Geschäftsmodellen das System vermarktet werden soll. Dazu gehören folgende Fragen:

- Mit welchen Geschäftsmodellen liesse sich ein MEGA System wirtschaftlich durchsetzen?
- Wie lässt sich ein solches System gewinnbringend vermarkten, bzw. wie müsste ein Produkt konzipiert werden?
- Welche Dienstleistungen sind zusätzlich oder begleitend zu einer technischen Messinfrastruktur sinnvoll (Verhältnis Technologie/Dienstleistungen)?
- Welche bereits in den Haushalten installierte Infrastruktur könnte eventuell für das System eingesetzt werden?
- Welche zusätzliche Infrastruktur wird benötigt, um die Energie in einem Haushalt zu messen und zu visualisieren?
- Welche Minimalanforderungen muss eine solche Infrastruktur erfüllen?
- Welche Kosten fallen für wen an?
- Wer bietet eine solche Infrastruktur an und wer vertreibt sie?
- Wie wird diese Infrastruktur installiert und konfiguriert?
- Wie lange läuft die Infrastruktur ohne Wartung?
- Wer wartet sie? Wer betreibt sie?

- Wie viel Energie darf die Infrastruktur selbst verbrauchen?

Diese Fragen zu beantworten würde den Rahmen des MEGA Projektes sprengen. Wir versuchen aber im Hinblick auf die Stakeholder-Betrachtung einige Annahmen zu treffen.

## Stakeholder Gruppen

Auf den ersten Blick scheinen vor allem zwei Stakeholder-Gruppen direkt mit dem System zu tun zu haben:

- **Endverbraucher:** Die Menschen, die das System schlussendlich benutzen und dazu motiviert werden sollen, Energie zu sparen. Die Endverbraucher sind sicherlich massgeblich am Erfolg eines solchen Systems beteiligt und man sollte genau wissen, wen man wie ansprechen will. Mit welchen Methoden man den Zuspruch der Endverbraucher gewinnt, wurde bereits im Kapitel *Motivationswerkzeuge* etwas näher erläutert. Ausserdem wurde im Kapitel *Projekte und Studien: Fazit* zusammengefasst, was die Resultate der zahlreichen Versuche waren, die den Energieverbrauch in Privathaushalten untersucht haben, mit dem Ziel ihn nachhaltig positiv zu beeinflussen. Dabei hat man auch gesehen, was unter einem „idealen“ Feedback zu verstehen ist. Da die Endverbraucher selbst sehr unterschiedlich sein können und es, gerade in der Präsentation, wohl nicht eine Lösung für alle geben wird, wird in Kapitel *Benutzer* versucht, diese in möglichst repräsentative Gruppen zu unterteilen. Anschliessend sollen die Bedürfnisse dieser Gruppen einzeln untersucht werden.
- **Energieversorgungsunternehmen (EVU):** Ein EVU ist im Kontext von MEGA eines der klassischen Energieunternehmen, das Energie erzeugt, einkauft, verkauft und schliesslich zum Endverbraucher transportiert und auch misst sowie Rechnung stellt. Durch die Liberalisierung werden heute die Kraftwerksbetreiber (Erzeugung) von den Netzbetreibern (Transport) getrennt. Ein EVU kann beide Rollen übernehmen oder auch nur eine davon und darüber hinaus weitere Dienstleistungen anbieten. Die Zählerinfrastruktur wird in der Regel vom Netzbetreiber zur Verfügung gestellt. Im Moment scheint es so, als hätten die EVU am meisten Interesse, ihren Kunden ein solches System anzubieten. Wobei man klar sehen muss, dass ein System das Energie einspart, einem Schweizer Energieunternehmen keinen direkten Nutzen bringt. Zumindest nicht, solange es in der Schweiz keine Mechanismen wie „weisse Zertifikate“ etc. gibt, die EVU für eine Steigerung der Energieeffizienz belohnen [52]. Im Prinzip ist man mehr an umfassenden AMI Netzwerken interessiert, die als Ganzes helfen, Kosten einzusparen. Das wird möglich durch vereinfachte Prozesse (Zählerablesung, Rechnungsstellung, Störungsbehebung, Fernwartung, Remote Softwareupdates, Netzüberwachung), detaillierte Energiedaten (Prognosen), Lastkontrolle (Demand Response), Sicherheit (Stromdiebstahl) usw.

Gerade mit Fokus auf die bereits in der Einführung erwähnten Trends wie dem Verschmelzen von IKT und Energie, der Liberalisierung des Energiemarktes und der Einführung von neuen Umweltschutzrichtlinien ergeben sich Interessen und Chancen für diverse weiteren Stakeholder. Die nachfolgende Tabelle versucht, sie aufzulisten, ihre Interessen zu erörtern, mögliche Oppositionspositionen zu identifizieren und sie nach folgenden Kriterien einzuteilen:

- **Interesse/Unterstützung (I):** Wie gross ist das Interesse des Stakeholders an MEGA bzw. wie ist seine Bereitschaft, es zu unterstützen (Klein, Mittel, Gross)?
- **Macht/Einfluss (M):** Welchen Einfluss hat der Stakeholder auf das System, bzw. welche Macht kann er ausüben (Klein, Mittel, Gross)?

| Stakeholder                                 | Beschreibung                                                                          | Nutzen, Interesse, Risiken                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | I | M |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| Endverbraucher                              | Benutzt das System bei sich zu Hause.                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Transparenz im Verbrauch</li> <li>+ Niedrigere Stromkosten</li> <li>+ Belohnungen, Anreize</li> <li>+ Modernste Geräte</li> <li>+ Steigerung Energiebewusstsein</li> <li>+ Gutes Gewissen</li> <li>+ Gesellschaftliches Ansehen</li> <li>+ Fun</li> <li>- Zuwenig Anreize zum Sparen</li> <li>- Motivation schnell lässt nach</li> <li>- Zu teuer, zu aufwendig, zu komplex</li> <li>- Verlust der Privatsphäre</li> <li>- Angst vor Komforteinbussen</li> <li>- Eine technische Einrichtung mehr</li> </ul> | M | G |
| EVU <sup>8</sup>                            | „Generalunternehmen“ (beinhaltet alle 5 folgenden Stakeholder)                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Reduktion der Last für Kraftwerke und Netze (evtl. auch in Spitzenzeiten)</li> <li>+ Argumente zum Wechseln des EVU</li> <li>+ Werbeeffect</li> <li>+ Gesellschaftliches Ansehen</li> <li>- Umsatzverlust</li> <li>- Kosten/Nutzenverhältnis zu hoch</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                              | M | G |
| Kraftwerksbetreiber                         | Erzeugt und verkauft Energie                                                          | siehe EVU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | K | M |
| Netzbetreiber                               | Stellt Transportinfrastruktur zur Verfügung und transportiert Energie                 | siehe EVU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | M | G |
| Energiebroker                               | Kauft und verkauft Energie                                                            | - Umsatzverlust                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | K | K |
| Energiedienstleister                        | Bietet Dienstleistungen an (und ist nicht einer der 4 zuvor genannten)                | + Neue Märkte und Chancen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | G | K |
| Zähl-, Messstellenhersteller und -betreiber | Stellt die Zählerinfrastruktur zur Verfügung, misst und liest aus                     | + Neue Märkte und Chancen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | G | K |
| Dezentrale Energieerzeuger                  | Endverbraucher, die über eine Anlage zur Erzeugung von Energie verfügen (Solaranlage) | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Bessere Transparenz Verbrauch vs. Erzeugung</li> </ul> siehe Endverbraucher                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | M | K |
| IKT-Wirtschaft                              | Bauen, verkaufen IT-Geräte, Infrastrukturen und Dienstleistungen                      | + Neue Märkte und Chancen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | G | K |
| Politik                                     | Machen Gesetze und vertreten das Volk                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Vorantreiben der Liberalisierung</li> <li>+ Bessere Energieeffizienz</li> <li>+ Umsetzen von (EU)-Richtlinien</li> <li>+ Beitrag zum „Energiefloch“</li> <li>+ Wahlkampf</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | G | G |
| Konsumentenschutz                           | Verteidigen die Rechte der Endverbraucher                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Mehr Transparenz beim Verbrauch</li> <li>+ Bessere Vergleichsmöglichkeiten</li> <li>- Verlust der Privatsphäre</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | G | G |

<sup>8</sup> Die oben erwähnten Interessen, die bei einer Zweiweg-Kommunikationsleitung zum vom Endverbraucher zum EVU entstehen (Smart Metering, Smart Grid), werden hier bewusst weggelassen, da es keine Pflicht-Anforderung von MEGA ist, Daten über das Internet zu versenden.

|                                 |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                |   |   |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
|                                 |                                                              | - Sicherheitsbedenken                                                                                                                                                                                                          |   |   |
| Umweltorganisa-<br>tionen       | Setzen sich für eine<br>intakte Umwelt ein                   | + Bessere Energieeffizienz<br>(effizientere Ressourcennutzung)<br>+ Weniger Kraftwerke, alternative<br>Energieformen<br>- Ein schlechtes System schadet<br>der Umwelt mehr, als es nützt<br>(Eigenverbrauch, graue Energie...) | G | M |
| Gesellschaft<br>Volkswirtschaft | Alle natürlichen und<br>juristischen Personen<br>der Schweiz | + Bessere Energieeffizienz<br>+ Beitrag zum Umweltschutz                                                                                                                                                                       | M | G |

**Tabelle 10:** MEGA Stakeholder

## Benutzer

Damit das System breite Akzeptanz findet und auch effektiv Einsparungen bringt, ist es wichtig, die Endbenutzer zu kennen. Die Gruppe der Endbenutzer ist sehr heterogen aufgebaut und es lohnt sich, deren Eigenschaften etwas genauer zu betrachten. Es hat sich zum Beispiel gezeigt, dass es gerade in der Visualisierung praktisch unmöglich ist, EINE Oberfläche für ALLE Benutzer zur Verfügung zu stellen. Es sollte also zumindest eine Wahlmöglichkeit geben. Auch in Bezug auf den Energieverbrauch selbst, den Tagesverlauf, das Bewusstsein bzw. das Verhalten und die Bereitschaft Energie zu sparen ergeben sich Unterschiede. In diesem Unterkapitel soll also versucht werden, die Endbenutzer zu klassifizieren, um sie in für MEGA 3-4 typische Gruppen zu unterteilen. Bei MEGA wird grundsätzlich von der Schweizer Bevölkerung ausgegangen.

### Benutzereigenschaften

Für die Unterscheidung der Benutzergruppen haben wir folgende Eigenschaften definiert:

| Eigenschaft              | Mögliche Werte                                                                                                                                |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alter                    | 0-7 (Kinder im Vorschulalter), 7-14 (Kinder), 16-25 (Jugendliche, Adoleszenten), 25-40 (Junge Erwachsene), 40-65 (Erwachsene), >65 (Senioren) |
| Geschlecht               | weiblich/männlich                                                                                                                             |
| Zivilstand               | ledig/verheiratet                                                                                                                             |
| Sozialer Status          | Single, Paar, Familie                                                                                                                         |
| Bildung                  | Grundschule, Hauptschulabschluss, Abitur, Berufslehre, Höhere Fachschule, Hochschulabschluss                                                  |
| Sprache                  | Deutsch, Englisch, Französisch                                                                                                                |
| Beruf/Anstellung         | Konkreter Beruf / Selbständig, fest Angestellt                                                                                                |
| Einkommen                | 0-60kCHF, 60-100kCHF, 100-150kCHF, 150-200kCHF, >200kCHF                                                                                      |
| Wohnform                 | Einzelhaushalt, Wohngemeinschaft, Familie                                                                                                     |
| Wohneigentum             | Mietwohnung, Eigentumswohnung, Einfamilienhaus                                                                                                |
| Personen im Haushalt     | 1, 2, 3+                                                                                                                                      |
| Behinderung              | keine/leichte/mittlere/schwere Behinderung, Art der Behinderung                                                                               |
| Wohnort                  | Konkreter Wohnort oder auch Stadt, Agglomeration, Land                                                                                        |
| Politische Gesinnung     | Links, Mitte, Rechts                                                                                                                          |
| Technikaffinität         | Laie, Anwender, Experte                                                                                                                       |
| Bewusstsein/Bereitschaft | Klein, mittel, gross                                                                                                                          |
| Typ                      | Spieler, Rechner, Grüner...                                                                                                                   |

**Tabelle 11:** Benutzereigenschaften

## Demografie: Zusammenfassung

Einige statistische Fakten zur Schweizer Bevölkerung und Blick auf die Entwicklung in den kommenden Jahrzehnten sieht man im Anhang C. Unten fassen wir die wichtigsten Punkte zusammen:

- Das Durchschnittsalter der Schweizer Bevölkerung nimmt zu von 41 heute zu +50 in zehn Jahren.
- Ältere Leute sind eher weiblich, leben öfter alleine und mit Einschränkungen. Dafür haben sie viel Zeit und oft auch ein beträchtliches Budget zur Verfügung. Sie nehmen lieber Menschen als Technik zu Hilfe. Viele haben Haustiere.
- 14% der ständigen Wohnbevölkerung in der Schweiz haben mehrheitlich leichte Behinderungen, die sie vor allem in Tätigkeiten des Alltags einschränken.
- Es gibt diverse Standards und Richtlinien für das behinderten-gerecht Design von Geräten. Viele dieser Richtlinien gelten auch für Menschen ohne Behinderung.
- Die Schweizer Bevölkerung verdient im Durchschnitt gut (verfügbares Haushaltseinkommen 6'276 CHF) und hat eine hohe Kaufkraft. Am meisten wird für Energie und Wohnen (16%), Unterhaltung, Erholung, Kultur, Gast- und Beherbergungsstätten (13.4%), Verkehr (8.3%) und Nahrungsmittel (7.1%) ausgegeben.
- Schweizer sind gut ausgebildet. Rund 32% schliessen Gymnasium oder Berufsmatura ab. Rund die Hälfte davon wird einen Universitäts- oder Hochschulabschluss haben. Der Trend ist zunehmend (Männer und Frauen). 26% der Studenten wählen einen wissenschaftlich-technischen Studiengang, die wenigsten sind Frauen.
- In der Schweiz überwiegen die Ein- (36%) und Zweipersonenhaushalte (31.6%).
- Ein Drittel aller Haushalte sind Einzelpersonenhaushalte, rund 62% sind (Ehe-)Paare und Elternteile mit und ohne Kinder.
- Kinder sind vielfach die Auslöser für neue Technologien und Systeme im Haushalt.
- Jedes Jahr werden rund 43'000 neue Wohnungen erstellt.
- 885'198 von 1'377'552 Wohngebäuden wurden vor 1970 (327'555 vor 1919!) gebaut und 806'894 der Gebäude wurden bis im Jahr 2000 nicht renoviert.
- Der Trend geht hin zu grösseren Wohnungen mit weniger Bewohnern.
- 60% der Schweizer mieten ihre Wohnung/Haus.
- Die Schweiz gehört zu den am Besten vernetzten Ländern in Europa. Die meisten Haushalte besitzen einen Fernseher (91%), Mobiltelefone (88%), Computer<sup>9</sup> (77%) und 74% haben einen Internetanschluss (bis 2015 werden es +90% sein).

## Benutzertypen

Anstelle eines demografischen Ansatzes könnte man auch versuchen, die Menschen, die das System benutzen werden, in Typen zu unterteilen. Dieser Ansatz scheint gerade im Hinblick auf die Motivationsaspekte sinnvoll. Es würde auch das Design des MEGA-Systems selbst vereinfachen, da man es für wenige charakteristischen Benutzertypen und nicht für x-mögliche Individuen auslegen könnte. Wir sind für MEGA auf drei grundsätzliche Typen gestossen.

- **Rechner:** Seine/ihre Hauptmotivation liegt beim Geldsparen. Ein kühler Rechner, bei dem der Umweltschutz und die Ressourcenschonung ein angenehmer Nebeneffekt,

---

<sup>9</sup> Von den Computern sind rund ein Drittel (35%) Laptops.

aber nicht die primäre Motivation darstellt. Ein allfälliger, kleiner Wettbewerb mit anderen Sparern kann eingebaut werden (Community-Effekt). Der Erfolg kann in Franken gemessen werden.

- **Spieler:** Seine/ihre Hauptmotivation heisst FUN. Unterhaltsam muss das Energiesparen sein, sonst geht gar nichts. Auch hier ist die Ressourcenschonung sekundär, der Spass steht im Zentrum. Der Community-Effekt sollte hier unbedingt integriert werden.
- **Grüner:** Seine/ihre Hauptmotivation liegt im Umweltschutz und in der Ressourcenschonung. Der Community-Effekt ist hier zentral. In der Gemeinschaft arbeiten wir für eine bessere Welt... Die Kosten sind definitiv sekundär. Der Erfolg misst sich in der Bestätigung durch die Gemeinschaft Gleichgesinnter, durch Investitionen des Energieanbieters in alternative Energieerzeugung und allenfalls im Pflanzen von Bäumen...

Natürlich ist es auch möglich, einen Menschen mehreren Gruppen zuzuordnen oder dass seine Ausrichtung je nach Stimmungslage, Umfeld, Situation etc. ändert.

### Benutzergruppen und Szenarien

Aufgrund der oben durchgeführten Untersuchungen wurden die folgenden 3 Benutzergruppen und deren Umfeld für die weiteren Betrachtungen im Hinblick auf das zu erforschende MEGA System definiert:

Studentenwohngemeinschaft: Pascal (m/20j) lebt in einer 3½-Zimmerwohnung in einem Gebäude in Zürich, das in den 50er Jahren gebaut wurde. Pascal studiert Multimedia Informatik und teilt die Wohnung zusammen mit zwei Studienkollegen. Man kocht mit Gas. Pascal ist umweltbewusst, aber sein Budget ist sehr limitiert. Schneller Lebensrhythmus, schnelle Wechsel und wenig Verantwortung im Allgemeinen.

Singlehaushalt: Florian (m/30j) lebt alleine in einer 4-Zimmerwohnung eines 65-Jahre alten Hauses in Genf's Arc Lémanique, mit einer Ölheizung beheizt wird. Florian arbeitet beim Fernsehen. Er lädt oft Arbeitskollegen zu sich nach Hause ein, zum Essen und Diskutieren. Er ist immer im Besitz der neuesten elektronischen Geräte: Multimedia Center, Laptop, All-in-one Drucker, Wetterstation, XBox, VoIP Telefon und ein iPhone. Beim Einzug war seine Mietwohnung bereits mit Geräten der älteren Generation ausgestattet (Kochherd, Kühlschrank, zentrale Waschmaschine und Tumbler). Florian versucht bei Neuanschaffungen auf die Umwelt zu achten, hat aber oft zu wenig Zeit, um sich wirklich eingehend mit der Umweltverträglichkeit seiner Geräte zu beschäftigen. Er arbeitet viel und lange und reist oft. Er besitzt ein Auto, das er jedoch selten benutzt. Ab und zu geht er in den Ausgang. Florian ist weit gereist und interessiert sich für Politik und Internationale Anliegen.

Familie: Die Vierköpfige Familie Hunkeler wohnt in einem 5½-Zimmer-Einfamilienhaus.

- Hans (m/46j) ist Filialleiter des lokalen Supermarkts. Er liebt seinen Job. Er beschäftigt sich mit Angelegenheit rund um eine intakte Umwelt. Er liest jeden Tag die Zeitung und verpasst nie die Nachrichten.
- Maria (w/43j) ist Hausfrau und kümmert sich um die Kinder. Auch ihr sind Umweltsorgen wichtig. Sie redet oft mit den Nachbarn und schaut ab und zu Fernsehen (Soaps, internationale Politik).
- Thomas (m/15j) geht zum Gymnasium. In seiner Freizeit spielt er Fussball, verbringt einen Teil davon aber auch mit Spielen und Facebook am Computer. Ausserdem besitzt er Lego Technics, eine PS3, einen Fernseher, ein Nokia Telefon und eine elektrische Gitarre.
- Barbara (w/11j) geht noch zur Grundschule. Wenn sie Heim kommt, verbringt sie ihre Zeit oft mit Telefongesprächen oder Chats (MSN) mit ihren Freundinnen. Sie spricht gerne über lokale Events, hört Pop-Musik, benutzt das Internet für Recherchen zu ihren Hausaufgaben und hilft der Mutter rund ums Haus.

- Nero (m/3j): Der Familienhund.

Die Familie lebt in einem Vorort, in einem rund 15 jährigen Haus. Die Haushaltsgeräte sind weniger als 15 Jahre alt (Herd, Kühlschrank, Mikrowelle, Geschirrspüler, Klimaanlage, Waschmaschine, Wasserkocher, Toaster). Ausserdem gibt es ein Home-Office mit PC, Drucker und Telefon. Auf dem Haus gibt es einige Solarzellen und geheizt wird mit einer Wärmepumpe.

Ältere Dame: Laura (w/68j) ist die älteste Überlebende ihrer Familie. Sie lebt alleine in einer 50 jährigen 2½-Zimmer Mietwohnung in den südlichen Voralpen. Laura sieht nicht mehr sehr gut und das Gehen bereitet ihr zeitweise Mühe. Von Zeit zu Zeit statten ihr die Grosskinder einen Besuch ab und spielen auf der Wii. Die Haushaltsgeräte sind alt und gehören dem Hausbesitzer inkl. einer zentralen Waschmaschine.

## Tagesablauf

Nachfolgende Tabelle versucht anhand von typischen Tagesabläufen den Energieverbrauch der verschiedenen Benutzergruppen etwas genauer zu untersuchen.

|                         | Wohngemeinschaft (3.5)                                                                                                                                                                                  | Singlehaushalt (4.0)                                                                                                                                                                                                     | Familie (4.5)                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                          | Ältere Dame (2.5)                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | Pascal (20j)                                                                                                                                                                                            | Florian (30j)                                                                                                                                                                                                            | Hans (46j)                                                                                                                                   | Maria (43j)                                                                                                                                                                                                      | Thomas (15j)                                                                                                                                                                             | Barbara (12j)                                                                                                                                                                            | Laura (68j)                                                                                                                                                                              |
| Morgen<br>0630-0830     | Aufwachen<br>- Alarmwecker<br>Badzimmer<br>- Dusche (EW)<br>- Rasieren (EW)<br>Küche<br>- Kochen (G)<br>- Kühlschrank (E)<br>- Kaffeemaschine (E)<br>- Radio<br>Überall<br>- Licht (E)<br>- Heizung [H] | Aufwachen<br>- Alarmwecker<br>Badzimmer<br>- Dusche (EW)<br>- Rasieren, Föhn (EW)<br>Küche<br>- Kochen (G)<br>- Kühlschrank (E)<br>- Kaffeemaschine (E)<br>- Stereoanlage (E)<br>Überall<br>- Licht (E)<br>- Heizung [H] | Aufwachen<br>- Alarmwecker<br>Badzimmer<br>- Dusche (EW)<br>- Rasieren, Föhn (EW)<br>Überall<br>- Licht (E)<br>- Heizung [H]                 | Aufwachen<br>- Alarmwecker<br>Badzimmer<br>- Dusche (EW)<br>- Föhn (EW)<br>Küche<br>- Kochen (G)<br>- Kühlschrank (E)<br>- Kaffeemaschine (E)<br>- Radio (E)<br>Überall<br>- Licht (E)<br>- Heizung/Kühlung [E]  | Aufwachen<br>- Alarmwecker<br>Badzimmer<br>- Dusche (EW)<br>Überall<br>- Licht (E)<br>- Heizung [H]                                                                                      | Aufwachen<br>- Alarmwecker<br>Badzimmer<br>- Dusche (EW)<br>Küche<br>- Kochen (G)<br>- Kühlschrank (E)<br>- Kaffeemaschine (E)<br>- Radio (E)<br>Überall<br>- Licht (E)<br>- Heizung [H] | Aufwachen<br>- Alarmwecker<br>Badzimmer<br>- Dusche (EW)<br>Küche<br>- Kochen (G)<br>- Kühlschrank (E)<br>- Kaffeemaschine (E)<br>- Radio (E)<br>Überall<br>- Licht (E)<br>- Heizung [H] |
| Vormittag<br>0830-1130  | Transport: Bus<br>Universität<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus                                                                                                                               | Transport: Auto<br>Büro<br>- H W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus                                                                                                                                                        | Transport: Zug<br>Supermarkt                                                                                                                 | Transport: Auto<br>Putzen/Waschen<br>- Kleingeräte [E]<br>- Waschmaschine [E]<br>Küche<br>- Kochen [E]<br>Wohnzimmer<br>- Radio<br>- TV/Settop [E]<br>- Computer/Drucker [E]<br>Überall<br>- Heizung/Kühlung [E] | Transport: Bus<br>Schule                                                                                                                                                                 | Transport: zu Fuss<br>Schule                                                                                                                                                             | Zu Hause:<br>- Putzen [E]<br>- Kochen [E]<br>- TV-VCR, Licht [E]<br>- Heizung [E]<br>Auswärts:<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus<br>- Transport: Bus                           |
| Mittag<br>1130-1230     | Essen in Mensa<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus                                                                                                                                              | Essen im Restaurant<br>- H W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus                                                                                                                                                            | Essen zu Hause<br>- Transport: Zug                                                                                                           | Essen zu Hause<br>- Kochen (E)<br>Heizung/Kühlung [E]                                                                                                                                                            | Essen zu Hause<br>- Transport: Bus                                                                                                                                                       | Essen zu Hause<br>- Transport: zu Fuss                                                                                                                                                   | - H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus<br>- Transport: Bus                                                                                                                             |
| Nachmittag<br>1230-1730 | Lernen zu Hause<br>- Transport: Bus<br>Kaffeemaschine [E]<br>- Computer/Drucker [E]<br>- Stereoanlage [E]<br>- Heizung [H]                                                                              | Büro<br>- Transport: Auto                                                                                                                                                                                                | Supermarkt<br>- Transport: Zug                                                                                                               | Information/Unterhaltung<br>- Telefon, Computer<br>- TV, Multimedia Center<br>- Heizung/Kühlung [E]                                                                                                              | Schule<br>- Transport: Bus                                                                                                                                                               | Schule<br>- Transport: zu Fuss                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                          |
| Abend<br>1730-2200      | Küche<br>- Kochen [G]<br>Abend im Ausgang<br>Badzimmer<br>- Waschen [EW]<br>Sonst<br>- Heizung [H]<br>- Licht [E]                                                                                       | Auswärts Essen<br>Wohnzimmer/Büro<br>- TV, Media Center [E]<br>- Computer [E]<br>- Waschen (EW)<br>Sonst<br>- Heizung [H]<br>- Licht [E]                                                                                 | Wohnzimmer/Büro<br>- TV, Media Center [E]<br>- Computer [E]<br>- Heizung/Kühlung [E]<br>Badezimmer<br>- Waschen [EW]<br>Sonst<br>- Licht [E] | Küche<br>- Kochen [E]<br>Wohnzimmer/Büro<br>- TV, Media Center [E]<br>- Computer [E]<br>- Heizung/Kühlung [E]<br>Badezimmer<br>- Waschen [EW]<br>Sonst<br>- Heizung/Kühlung [E]<br>- Licht [E]                   | Wohnzimmer/Zimmer<br>- TV, Stereoanlage [E]<br>- Computer [E]<br>- Gamekonsole [E]<br>- Heizung/Kühlung [E]<br>Badezimmer<br>- Waschen [EW]<br>Sonst<br>- Licht [E]                      | Wohnzimmer/Zimmer<br>- TV, Stereoanlage [E]<br>- Computer [E]<br>- Telefon [E]<br>- Heizung/Kühlung [E]<br>Badezimmer<br>- Waschen [EW]<br>Sonst<br>- Licht [E]                          | Wohnzimmer<br>- TV [E]<br>Badezimmer<br>- Waschen [EW]<br>Sonst<br>- Licht [E]<br>- Heizung [E]                                                                                          |
| Nacht<br>2200-0630      | Schlafen<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus                                                                                                                                                    | Schlafen<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus                                                                                                                                                                     | Schlafen<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus                                                                                         | Schlafen<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus<br>- Alarmanlage                                                                                                                                            | Schlafen<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus                                                                                                                                     | Schlafen<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus<br>- Nachtlampe                                                                                                                     | Schlafen<br>- H G W E abgeschaltet<br>oder Sparmodus                                                                                                                                     |
| Wochenende              | Ausser Haus: Sport,<br>soziale Kontakte<br>Badzimmer<br>- Vorbereiten für Ausgang<br>- Duschen, waschen<br>Wohnzimmer<br>- Multimedia Center<br>- Video Game<br>- Computer<br>- Licht                   | Ausser Haus: Sport,<br>soziale Kontakte<br>Badzimmer<br>- Vorbereiten für Ausgang<br>- Duschen, waschen<br>Wohnzimmer<br>- Multimedia Center<br>- Video Game<br>- Computer<br>- Licht                                    | Ausser Haus: Sport,<br>soziale Kontakte<br>Badzimmer<br>- Duschen, waschen<br>Wohnzimmer<br>- Multimedia Center<br>- Computer<br>- Licht     | Ausser Haus: Sport,<br>soziale Kontakte<br>Badzimmer<br>- Duschen, waschen<br>Wohnzimmer<br>- Multimedia Center<br>- Computer<br>- Licht                                                                         | Ausser Haus: Sport,<br>soziale Kontakte<br>Badzimmer<br>- Vorbereiten für<br>Ausgang<br>- Duschen, waschen<br>Wohnzimmer<br>- Multimedia Center<br>- Video Game<br>- Computer<br>- Licht | Ausser Haus: Sport,<br>soziale Kontakte<br>Badzimmer<br>- Duschen, waschen<br>Wohnzimmer<br>- Multimedia Center<br>- Video Game<br>- Computer<br>- Licht                                 | Ausser Haus: Soziale<br>Kontakte<br>Badzimmer<br>- Duschen, waschen<br>Wohnzimmer<br>- Radio<br>- Licht                                                                                  |
| Ferien                  |                                                                                                                                                                                                         | Abgeschaltet, Sparmodus                                                                                                                                                                                                  | H W E abgeschaltet oder im Sparmodus                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                          | Abgeschaltet, Sparmodus                                                                                                                                                                  |

Tabelle 12: Tagesablauf Benutzergruppen

## Anforderungen an ein ideales System

Dieses Kapitel beschreibt die Eigenschaften eines idealen Systems. Die meisten dieser Eigenschaften und Anforderungen sind direkt abgeleitet aus den Erkenntnissen, die im Zuge der Erarbeitung der Kapitel „*Energie und Motivation*“ und „*Projekte und Studien*“ gewonnen wurden. Die wichtigste Anforderung, die sich auch in der folgenden Liste widerspiegelt ist wohl die der **Einfachheit**, das System muss einfach bleiben.

Natürlich wird es in der Regel eine Diskrepanz geben zwischen den Eigenschaften eines idealen Systems und dessen technischer Umsetzung. In einigen Punkten müssen hier sicherlich sinnvolle Kompromisse eingegangen werden, damit das System technisch realisierbar bleibt. Die technischen Anforderungen werden im nächsten Kapitel beschrieben.

### Anschaffung, Installation und Betrieb

- **Kosten:** Das System soll für den Endkunden minimale Kosten zur Folge haben. Oder die Initialkosten sollen innerhalb von wenigen Jahren amortisiert werden können. Natürlich soll es sich auch für den Vertreiber lohnen. Das (realistische) Wunschsystem kostet deshalb nicht mehr als 500 CHF.
- **Installation/Plug'n'Play:** Das System soll Plug'n'Play fähig sein. Alle Systemkomponenten sollen in einem ersten Setup ohne Konfiguration lauffähig sein. Auspacken, einstecken, läuft. Im Idealfall kann der Endkunde das System selbst installieren oder basierend auf einer bestehenden Infrastruktur (Smart Meter, digitalSTROM) in Betrieb nehmen.
- **Nachrüstung:** Das System soll sich sowohl für Neubauten wie auch für die Nachrüstung von existierenden Wohnobjekten eignen.
- **Wartungsfrei:** Das System kann 15 Jahre wartungsfrei betrieben werden.
- **Updates:** Es soll möglich sein, die Software des Systems zu aktualisieren, ohne dass ein Experte vor Ort sein muss.
- **Erweiterbarkeit/Skalierbarkeit:** Das System soll so ausgelegt werden, dass es ohne grossen Aufwand erweitert werden kann. Das gilt für Hardware- und Softwarekomponenten. Idealerweise basieren die Schnittstellen auf international anerkannten Standards. Als Beispiel könnte das System heute nur den Gesamtelektrizitätsverbrauch unterstützen. Später können andere Energieformen hinzukommen und der Verbrauch einzeln nach Gerät aufgeschlüsselt werden. Wenn noch später eine Solaranlage oder ein elektrisch betriebenes Fahrzeug hinzukommt, soll das System auch dahingehend Möglichkeiten zur Einbindung bieten. Auch aus Produkttechnischer Sicht könnte das Sinn machen: Man bietet verschiedene Ausbaustufen oder ein erweiterbares Dienstkonzept an (Siehe auch nächster Punkt).
- **Multifunktionalität:** Ein ideales System zeigt nicht nur die Energie an, sondern kann auch für andere Aufgaben verwendet werden. Das ideale MEGA System wird also kein neues, dediziertes Energiedisplay einführen. Schon eher ein Multifunktionsdisplay, das erweiterbares Dienstkonzept unterstützt. Beispiele für solche Dienste: Anzeige von Wetterdaten, Internetdienste wie Twitter oder Facebook, Bilderrahmen, Abfahrplan der Gemeinde, Tarifinformationen, Uhr-/Kalenderfunktion, kurze Mailansicht, Bedienung von Geräten etc.
- **Energieverbrauch:** Ein ideales System verbraucht selbst nur minimal Energie. Sicher soll das System weniger verbrauchen, als man mit ihm sparen kann.
- **Zuverlässigkeit:** Das System muss zuverlässig funktionieren. Der Endbenutzer muss sich auf die Informationen des Systems verlassen können.

- **Sicherheit:** Das System soll es einem möglichen Angreifer erheblich erschweren, Zugriff auf persönliche Energiedaten zu erlangen.

## Benutzerinterface

Grundsätzlich gelten für das ideale Benutzerinterface alle Eigenschaften, die unter 5.4 Fazit für das ideale direkte Feedback aufgelistet und erklärt wurden. Es sind dies:

- **Daten:** Real, jederzeit verfügbar und aktuell
- **Intuitiv, klar, verständlich** (und das ohne Bedienungsanleitung: siehe iPhone)
- **Verschiedene Darstellungen**
- **Interaktiv**
- **Detaillierte Aufschlüsselung**
- **Personalisiert**
- **Über lange Zeit verfügbar**

Ganz allgemein sollte das Benutzerinterface adaptiv sein, d.h. es sollte sich an verschiedene Benutzer, Anzeigegeräte und den Kontext ganz allgemein anpassen können. Weitere Anforderungen an die Oberfläche, die z.T. mit den bereits genannten überlappen:

- **Attraktiv:** Die Anzeige ist alles, was der Benutzer vom System sehen soll. Sie muss attraktiv sein und den Benutzer sofort ansprechen. Sie soll von einem professionellen Designer entworfen werden und dem State of the Art entsprechen. Vielen existierenden Systemen sieht man an, dass sie in erster Linie von der Technik getrieben wurden.
- **Emotional:** Hängt mit dem vorhergehenden Punkt zusammen. Die Anzeige soll den Benutzer auf der emotionalen Ebene positiv ansprechen. Nicht nur graue Hintergründe und langweilige Zahlenkolonnen oder unbewegte Graphen.
- **Motivierend und einfach:** Hängt ebenfalls mit den ersten beiden Punkten zusammen: Die Anzeige sollte alles Wichtige auf einen Blick zeigen, aber dennoch sehr einfach bleiben und mit Bildern arbeiten. Der Benutzer soll z.B. durch Ziele motiviert werden und einen direkten Nutzen sehen (z.B. ein Gefäß, das sich leert oder füllt, ein Ziel das innerhalb einer Woche erreichbar ist und den Status der Zielerreichung, ein Belohnungssystem indem man eingesparte Energie gegen irgend etwas Schönes eintauschen kann usw.)
- **Push:** Es soll mindestens eine Möglichkeit bestehen, relevante Daten direkt irgendwo anzuzeigen, ohne dass der Benutzer aktiv etwas dafür unternehmen muss (kein pull).
- **Ereignisse:** Ein ideales System kann den Benutzer sofort über bestimmte Ereignisse informieren.
- **Anzeigeebenen:** Das System soll verschiedene Anzeigeebenen unterstützen. Das Problem bei fast allen existierenden Systemen ist, dass sie zu viel anzeigen (wollen). Unserer Ansicht muss der Ansatz der sein, dass 2-3 Ebenen existieren, die in Komplexität und Informationsgehalt zunehmen, je tiefer man in das System gelangt. Man sieht auf der ersten Ebene z.B. sehr schnell, dass etwas energietechnisch nicht in Ordnung ist und gelangt über einen Klick oder ein anderes Anzeigegerät auf die zweite Ebene um nach zu schauen, was der detaillierte Grund dafür ist.
- **Reduktion auf das Wesentliche:** Zumindest eine Ansicht, die der obersten Ebene eines direkten Pushgeräts, soll nur das absolut Wesentliche zeigen. Eine der schwierigsten Aufgaben des Projekts MEGA ist es wohl herauszufinden, was das ist.
- **Skins:** Wie Bildschirmhintergründe, Bildschirmschoner und Handy Covers sowie Klingeltöne gezeigt haben, lieben es die Menschen, ihre Geräte ihren Vorlieben entsprechend anzupassen. Auch Firmen haben Interesse, ihre Oberflächen der

Corporate Identity anzupassen. Das System soll es deshalb erlauben, die Oberflächen mit Skins zu überziehen. Es kann mit 2-3 solchen Skins ausgeliefert werden und einer Entwicklergemeinde sogar die Möglichkeit bieten, selbst neue Skins zu entwerfen.

- **Reaktionszeiten:** Sowohl bei der Anzeige wie auch nach möglichen Bedienaktionen soll die Oberfläche schnell reagieren und Veränderungen „sofort“ anzeigen.
- **Anzeigegeräte:** Wie bereits beschrieben soll das System die Möglichkeit bieten, verschiedene Anzeigegeräte mit verschiedenen Eigenschaften (Bildschirmgröße) mit einzubeziehen.
- **Existierende Infrastruktur:** Ein ideales System bringt nicht viele neue und vor allem keine dedizierten Geräte mit in den Haushalt, sondern verwendet existierende wie Handy, Fernseher, Telefon, PC usw.
- **Portabel:** Ein ideales System enthält eine Anzeigekomponente, die man (drahtlos) in der Wohnung herumtragen kann.

## Motivation

- **Menschliche Triebe:** Ein ideales System bindet menschliche Triebe mit ein. Dazu gehören:
  - Spieltrieb
  - Sammeltrieb
  - Trieb sich mit anderen zu messen bzw. zu vergleichen
  - Trieb Geld zu sparen
  - Trieb etwas zu Gewinnen
  - Gemeinschaftsgefühl
  - Kommunikationsbedürfnis
  - Bedürfnis nach Nähe und Vertrautheit
  - Bedürfnis nach Anerkennung
  - ...
- **Indirekte Energie:** Ein ideales System berücksichtigt ebenfalls Aspekte der nicht messbaren, indirekten Energie, sofern möglich und sinnvoll.
- **Tipps:** Ein ideales System zeigt nicht nur uninterpretierte Daten an, sondern gibt angepasste, einfach umsetzbare Tipps.

**Validierung/Lob:** Ein ideales System erlaubt das Überprüfen von Einsparungen, merkt wenn der Bewohner erfolgreich war und tut dies auch kund.

# Technische Anforderungen

## Energiemessung

### Allgemein

Jede Aussage über den Energieverbrauch hat einmal mit einer Messung angefangen. Die Energiemessung ist ein **umfangreiches Gebiet** für sich. Die Lösungen zur Messung fallen, je nach Anforderungen, sehr unterschiedlich aus. Das Mindmap in Figur 12 gliedert die Energiemessung in die für MEGA relevanten Themen auf. Nachfolgend wird versucht, die Anforderungen in Bezug auf die Energiemessungen im Projekt genauer zu spezifizieren und herauszufinden, mit welchen technischen Mitteln sie umgesetzt werden könnten.

Als erstes kann man sich fragen, was gemessen werden soll. Grundsätzlich gibt es zwei **Energieformen**, die im Haushalt direkt vorkommen: **Elektrische und thermische Energie**. Elektrizität kann relativ direkt gemessen werden. MEGA und dieser Bericht beziehen sich in erster Linie auf diese Energieform. Doch die thermische Energie sollte nicht ausser Acht gelassen werden, da sie rund 85% des Energiebedarfs eines Haushalts ausmacht [39]. Die thermische Energie zu messen ist schon schwieriger. Sie wird durch die Energieträger Öl, Gas, Erdwärme, Licht und auch Elektrizität erzeugt. Gemessen und geregelt wird sie meist indirekt durch die Menge an Öl oder Gas, die verbraucht wird oder aufgrund der Temperatur. (Kaltes) **Wasser** ist eher als Ressource, denn als Energie zu bezeichnen, soll aber auch in die Sparbetrachtungen miteinbezogen werden.

Neben dem bisher beschriebenen **direkten** Energiebedarf eines Haushalts, existiert der Begriff des **indirekten Energieverbrauchs**, wie er unter anderem in [24] untersucht wurde. Die indirekte Energie eines Haushalts bezieht sich auf das Konsumverhalten der Bewohner. Sie beinhaltet die Produktion, den Transport und die Entsorgung von Gütern. Beispiele dafür sind Lebensmittel (lokal, saisonal, Fleischkonsum, Kompostierung...), Kleider, Möbel, Freizeitbeschäftigungen (Autofahrten, Ferien...), Recycling usw. Die indirekte Energie ist schwer zu messen und obwohl darin wohl noch ein grosses Sparpotential liegt, kann dieses nur ausgeschöpft werden, wenn die Menschen ihre Lebensgewohnheiten ändern, was schwierig zu bewerkstelligen ist. In MEGA jedenfalls, spielt die indirekte Energie nur eine marginale Rolle. Man kann sich höchstens vorstellen, die Leute anhand von Tipps oder visualisierten Informationen über MEGA auf die Thematik aufmerksam zu machen.

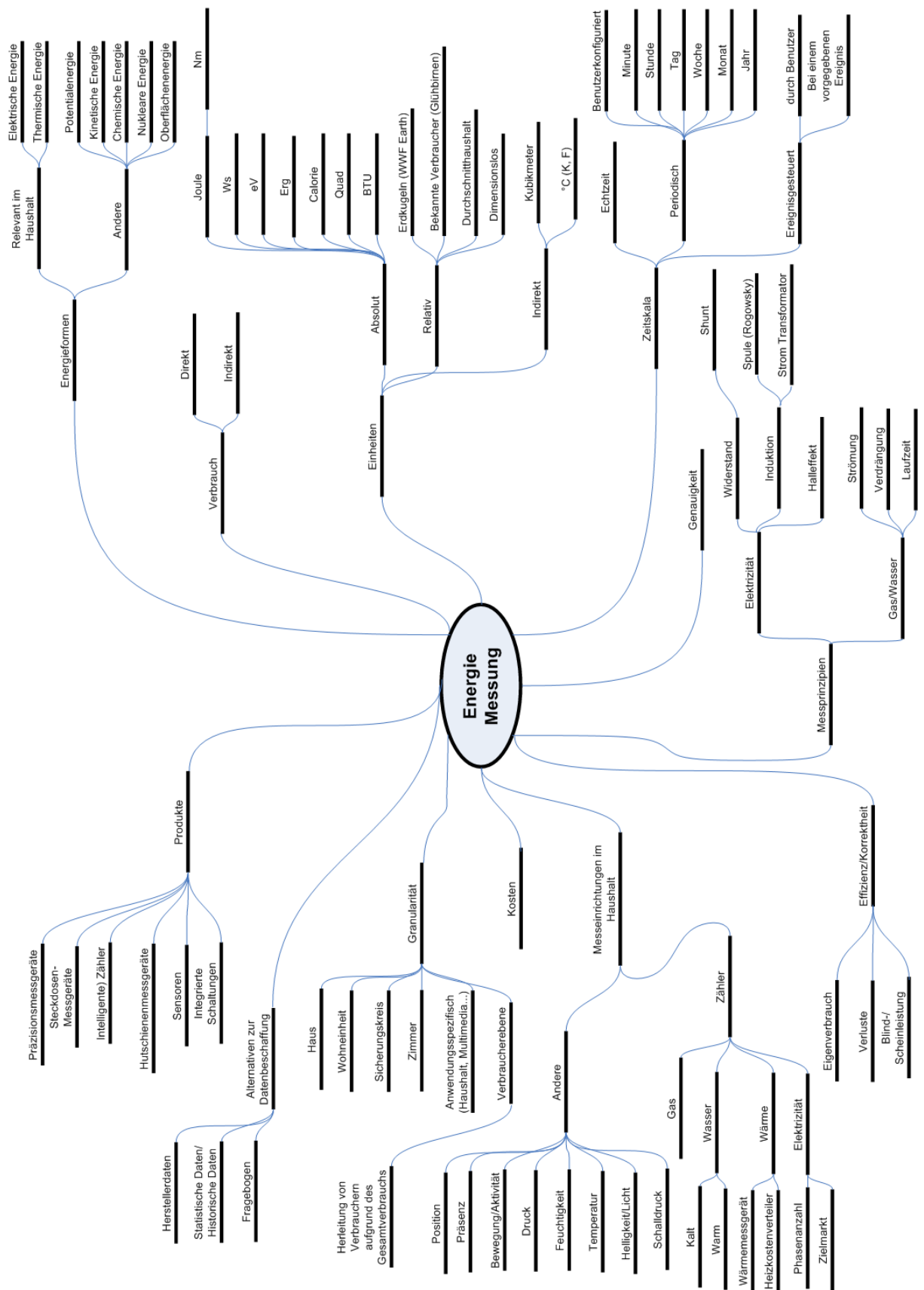
### Einheiten

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die gemessene Energie in Einheiten auszudrücken. Neben absoluten physikalischen Grössen, gibt es die Möglichkeit zu vergleichen. Das Thema wird jedoch eher interessant, wenn es darum geht, wie man den Energieverbrauch dem Konsumenten weitervermittelt, der mit den Daten, die Zähler eventuell nichts anfangen kann. In MEGA werden wir die folgenden Einheiten verwenden, um Energie direkt oder den Verbrauch allgemein zu messen:

| Verbrauch von       | Einheit                 |
|---------------------|-------------------------|
| Elektrizität        | kWh                     |
| Gas                 | m <sup>3</sup>          |
| Wärme <sup>10</sup> | GJ, °C, „Dimensionslos“ |
| Wasser              | m <sup>3</sup>          |

**Tabelle 13:** Verbrauchseinheiten

<sup>10</sup> Wärmemessgeräte benutzen GJ, sind aber in den Privathaushalten nicht vorhanden und wenn, dann höchstens zentral in grösseren Gebäuden. Zusammen mit den Daten des Raums kann man durch eine am richtigen Ort gemessene Temperatur die Energie ermitteln, die benötigt wurde, den Raum aufzuheizen. Dimensionslos messen Heizkostenverteiler, die zur individuellen Heizkostenabrechnung dienen und die man an Radiatoren findet. Erst durch Verhältnisrechnung der Erfassungsergebnisse mehrerer gleichartiger Heizkostenverteiler lassen sich in der Heizkostenabrechnung die individuellen Heizkosten der einzelnen Nutzer ermitteln.



Figur 12: Übersicht Energiemessung

## Periodizität, Messintervall

Ein weiterer Punkt ist die Periodizität bzw. der Zeitintervall zwischen zwei Messungen. In Studien und Pilotprojekten hat man gesehen, dass die Wirkung umso grösser ist, je direkter das Feedback ausfällt. Das würde bedeuten, dass man in Echtzeit messen, die Daten übertragen und dann auch zur Verfügung stellen müsste. Ein Beispiel für ein System, bei dem zwar regelmässig gemessen wurde, das Feedback aber zu langsam war ist der Pilotversuch von Vattenfall in Deutschland (*Anhang A: Deutschland*). Dort hat der Smart Meter alle 15 Minuten einen Wert gemessen und diesen an einen Internetserver schickt. Dieser stellte den Tagesverlauf aber erst am nächsten Tag für den Bewohner im Internet bereit. Die Erfahrungen waren schlecht: Man musste das System neu designen und die Daten lokal und sofort zur Verfügung stellen.

Gut wäre also eine Echtzeitmessung. Doch hier stehen sowohl physikalische, technische wie auch finanzielle Hindernisse im Weg. Physikalische deswegen, weil es auch sehr auf das Medium ankommt, das gemessen wird. Während man eine Änderung des Stromverbrauchs sehr schnell detektieren kann, sieht es beim Durchfluss von Gas und Wasser schon anders aus und es macht sicherlich keinen Sinn, die sehr trägen Temperaturänderungen im Sekundentakt zu messen. Ein technisches Hindernis ist zum Beispiel die Bandbreite des Netzwerks, auf dem die Energiedaten transportiert werden, man möchte es nicht unnötig belasten. Ein weiteres Hindernis ist die Tatsache, dass beim Einsatz von Drahtlostechnologien zum Auslesen von Wasserzählern häufig lokale Energieversorgungen verwendet werden müssen, da kein Stromanschluss zur Verfügung steht. Das Gerät sollte jedoch 15 Jahre ohne Wartung arbeiten und bei Echtzeitmessung und Kommunikation ist eine Batterie schnell leer. Ausserdem sind selbst viele Elektrizitätszähler heute gar nicht in der Lage, den Strom so schnell zu messen, zu speichern und vor allem zu kommunizieren.

Die Frage bleibt also, wie viele Messungen auch sinnvoll sind. Bei aktuellen (industriellen) Systemen, die z.B. mit einem GPRS Anschluss ausgestattet ist, spricht man von täglichen Auslesungen. Wobei hier im Zähler natürlich häufiger gemessen wird. Der Zähler misst ca. alle 15 Minuten und speichert die Werte in einem Lastprofil ab, das dann als Ganzes ausgelesen wird. Das ist zu wenig für ein direktes Feedback, wie wir gesehen haben. Das EcoMeter Display von Landis+Gyr wird ca. alle 15s mit neuen Werten beliefert. Schon das ist für den subjektiven Eindruck etwas träge, wenn man zum Beispiel mit dem mobilen Display vor der Stereoanlage steht, sie einschaltet und 15s warten muss, bis man eine Änderung erkennt. Neuere Smart Meters - wie z.B. der von Yello Strom - senden ihren aktuellen Wert jede Sekunde. Für MEGA haben wir folgende Annahmen getroffen:

| Verbrauch von | Messintervall [s] |
|---------------|-------------------|
| Elektrizität  | 1s                |
| Gas           | 60s               |
| Wärme         | 300s              |
| Wasser        | 60s               |

**Tabelle 14:** Messintervall

Die Werte wurden im Hinblick auf das direkte Feedback gewählt. Ob die Daten, nachdem die aktuellsten Werte angezeigt wurden, auch gespeichert werden und später noch zur Verfügung stehen ist eine weitere Designentscheidung. Einem Tagesenergieprofil der Elektrizität muss unserer Meinung nach keine Auflösung von 1s aufweisen.

## Genauigkeit, Auflösung, Effizienz/Korrektheit, Messprinzipien und Kosten

Die vier Kriterien für die Energiemessung Genauigkeit, Messprinzipien, Effizienz/Korrektheit und Kosten sind eng miteinander verknüpft. Grundsätzlich klar: Je genauer, desto besser. Mit bestimmten Messprinzipien kann höhere Genauigkeit und bessere Effizienz erzielt werden, was jedoch das Messsystem teuer macht. Ein teureres System ist weder

massentauglich, noch besonders lohnend, wenn es sich nicht in ein paar Jahren amortisiert hat. Auch hier muss also ein sinnvoller Kompromiss gefunden werden. Während geeichte Elektrizitätszähler für den Haushalt so um  $\pm 2\%$  genau messen<sup>11</sup>, sind sehr kostengünstige Steckdosenmessgeräte oder Strommesssensoren in der Regel ungenauer und unzuverlässig. Sie können zum Beispiel hohe Blindanteile nicht präzise verarbeiten. Die Lage spitzt sich noch zu in Anbetracht dessen, dass die Zähler den hohen Gesamtverbrauch messen während die Steckdosenmessgeräte für einzelne Verbraucher im Betrieb oder gar im Stand-By Zustand verwendet werden, bei dem die Ungenauigkeit viel mehr ins Gewicht fällt. Neben der relativen Genauigkeit ist es auch interessant zu wissen, wie die Auflösung des Messgeräts ist bzw. ab welcher Größenordnung kleine Energien oder Leistungen gemessen werden können. Einige billigen Steckdosengeräte messen erst ab 4W etwas. In der folgenden Tabelle sind die Anforderungen aus unserer Sicht gelistet:

| Verbrauch von | Genauigkeit   | Auflösung     |
|---------------|---------------|---------------|
| Elektrizität  | $\pm 2\%$     | 1W            |
| Gas           | Zu definieren | Zu definieren |
| Wärme         | Zu definieren | Zu definieren |
| Wasser        | Zu definieren | Zu definieren |

**Tabelle 15:** Genauigkeit und Auflösung

### Granularität

Eine weitere Thematik, bei der Theorie und Praxis auseinander driften hat mit der Frage zu tun, wo man messen soll. Auch hier leuchten die Resultate aus den Projekten und Studien grundsätzlich ein: Je genauer ich Rückschlüsse darauf geben kann, wo genau die Energie verbraucht wird, umso mehr Energie wird gespart. Wenn man viertel jährlich eine Rechnung mit einem Gesamtverbrauch und einem Frankenbetrag erhält, kann man diese eventuell mit dem Vorjahr vergleichen. Wieso man jedoch mehr Energie verbraucht hat, wo man also sparen könnte, weiss man nicht. Meist schaut man sowieso nur auf den Preis und vielleicht ist auch einfach die Energie teurer geworden...

Am besten wäre also, jeden Verbraucher einzeln zu messen. Es kann gut sein, dass zukünftige Geräte ihren Verbrauch selbst messen und kommunizieren können (Power Aware Devices). Doch gibt es für ein heutiges System eventuell Möglichkeiten, trotzdem etwas genauere Aussagen über den Energieverbrauch zu machen, als nur über den Gesamtverbrauch. Wenn wir von Gesamtverbrauch sprechen, so ist der Verbrauch eines Haushalts bzw. einer Wohneinheit gemeint. Da verschiedene Bereiche in einer Wohneinheit einzeln abgesichert sind, könnte man zumindest diese einzeln mit einer Zähleinrichtung versehen. Noch aussagekräftiger wäre die Gliederung nach Zimmern oder Verwendungszweck.

Es existieren auch Ansätze, Aussagen über einzelne Verbraucher zu machen, ohne dass man an Ort und Stelle misst. Man versucht dabei, von Änderungen im Verlauf des Gesamtverbrauchs auf einen bestimmten Verbraucher zu schliessen. Dies geschieht aufgrund der mehr oder weniger eindeutigen Spur, der „Signatur“, die ein solcher Verbraucher hinterlässt, wenn er seinen Zustand ändert (z.B. wenn man ihn einschaltet). Zeitinformationen können als Ergänzung für die Identifikation hinzugezogen werden. Man versucht also (manuell oder durch Automatismen) herauszufinden, was einen bestimmten Peak im Verlauf hervorgerufen haben könnte. Man schaltet den Backofen ein und beobachtet den Gesamtverbrauch. Solche Verfahren haben sich jedoch eher als aufwendig (geht kaum ohne Konfiguration und Mithilfe des Bewohners) und eher unzuverlässig (hohe Fehlerquote) erwiesen.

Im MEGA Projekt werden wir im Hinblick auf Massentauglichkeit, Kosten und die Zeitachse verschiedene Wege vorschlagen. Für den Prototyp im intelligenten iHomeLab sind in einem

<sup>11</sup> Industriezähler

ersten Schritt Messungen nach Verwendungszweck und in einem zweiten Schritt die Messung auf Verbraucherebene geplant.

#### Alternativen zur Datenbeschaffung

Es ist auch möglich, grobe Aussagen über den Energieverbrauch zu machen, ohne dass man misst. Aufgrund von Herstellerdaten, welche den Energieverbrauch der Geräte in verschiedenen Betriebszuständen dokumentieren. Mit dieser Information würde und aufgrund einer einfachen Statusmeldung (an/aus) und der Zeit könnte man einen Verbrauch ausrechnen, der jedoch recht ungenau ausfallen würde. Oder man könnte rein theoretisch aufgrund von Fragebögen oder sogenannten Energierechnern auf dem Internet [71] und anschliessendem Vergleich mit statistischen oder historischen Daten von anderen ähnlichen gestellten Haushalten Hinweise und Energiespartipps geben. Für MEGA sind diese Informationen jedoch **nicht relevant**, da man den Energieverbrauch direkt messen will.

#### Zusätzliche Informationen von Messeinrichtungen im Haushalt

Neben Zähler für Elektrizität, Gas, Wärme und Wasser gibt es zahlreiche andere Messwerte, die interessant sein könnten. Gerade in Bezug auf Smart Homes könnte man sich vorstellen, diese Messwerte ebenfalls in das System mit einzubeziehen. Weniger, um auf den Energieverbrauch aufmerksam zu machen, als mehr um Tipps zu geben, wo man Sparpotential sieht. Präsenz- und Helligkeitssensoren könnten Hinweise darauf geben, dass viel das Licht brennt, wenn niemand im Raum ist. Eine Wetterstation kann hilfreiche Daten zur Optimierung der HLK Anlage geben etc.

In MEGA möchte man zumindest für den Prototyp die Möglichkeiten des intelligenten iHomeLab nutzen.

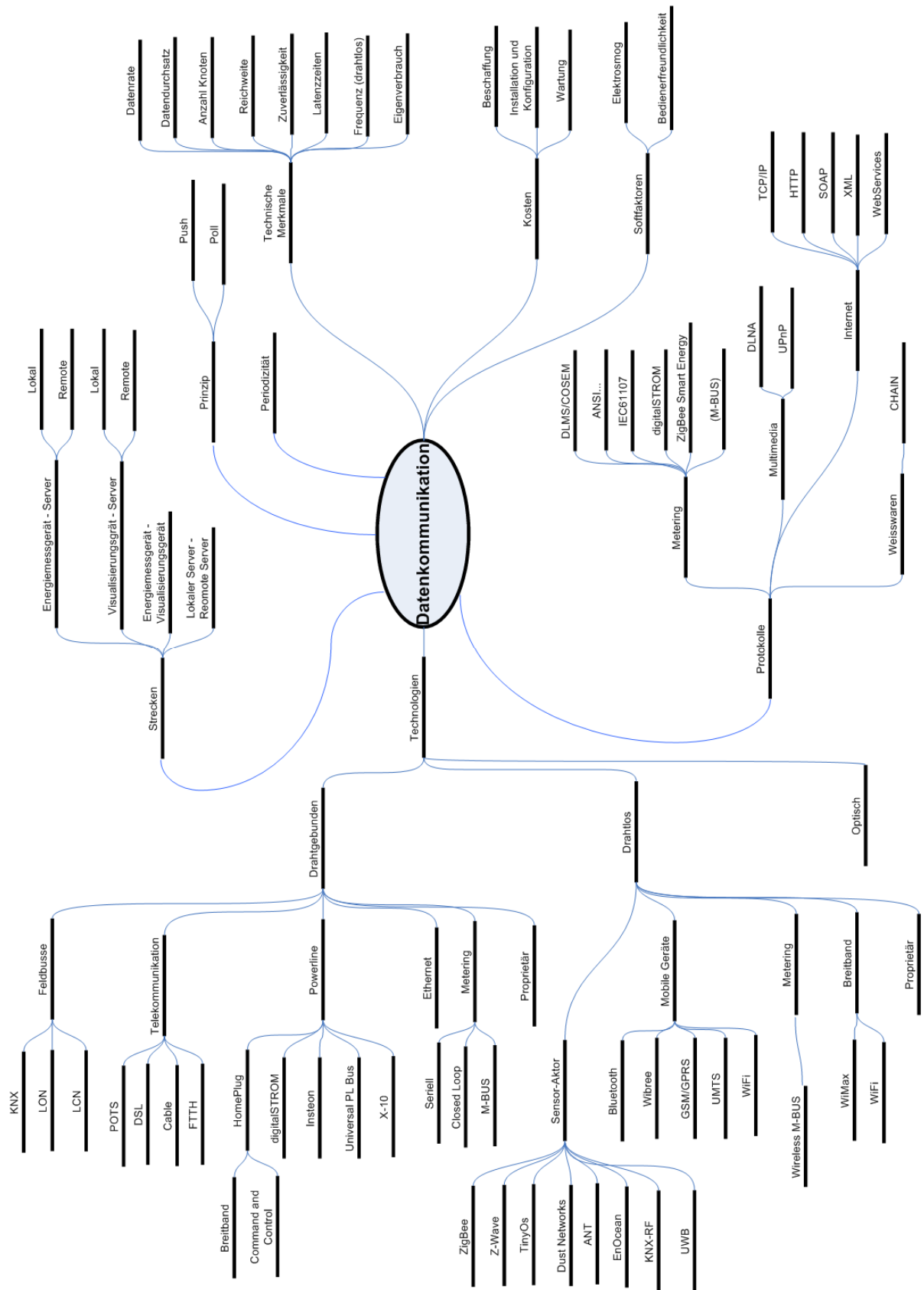
### Datenkommunikation

#### Allgemein

Bei der Datenkommunikation stellt sich die Frage: Wie kommen die gemessenen Daten vom Messgerät zum Bewohner? In diesem Kapitel werden einige grundsätzlichen technischen Themen gestreift, die für das Verständnis wichtig sein könnten. Sie gehören jedoch nicht direkt zu den Requirements, sondern kommen später wieder zum Zug, wenn es um die Konzeption des Systems geht.

Je nach Systemansatz können die Daten über mehrere unterschiedliche **Kommunikationsstrecken** übertragen werden. Grundsätzlich sehen wir die folgenden Möglichkeiten:

- **Energiemessgerät-Server:** Das Messgerät sendet die Daten zur weiteren Verarbeitung an einen Server. Ein solcher Server kann pro Wohneinheit oder pro Haus zur Verfügung stehen, jedoch auch ausser Haus zum Beispiel beim Energielieferanten stehen. Beispiel: Yello Sparzähler.
- **Server-Visualisierungsgerät:** Der Server sendet die von den Messgeräten erhaltenen Daten an ein Visualisierungsgerät. Auch hier kann der Server wieder lokal oder remote installiert sein. Beispiel: Yello Sparzähler.
- **Energiemessgerät-Visualisierungsgerät:** Das Messgerät sendet seine Daten direkt an das Display oder einen Computer zur Anzeige. Es liegt kein Server dazwischen, die Verarbeitung der Daten findet entweder zuvor im Messgerät oder dann im Display statt. Beispiel: L+G Ecometer.
- **Lokaler Server – Remote Server:** Ein lokaler Server, der die Daten von den Messgeräten erhalten hat, sendet sie weiter an einen entfernten Server.



Figur 13: Übersicht Datenkommunikation

Je nach Ansatz können die Kommunikationstechnologien und Protokolle recht unterschiedlich ausfallen. Doch aus Sicht der Anforderungen ist dies erst einmal weniger von Bedeutung.

Bei jeder Kommunikation gibt es zwei **Prinzipien**, wie man zu den Informationen gelangt. Entweder man holt sie sich (Pull) oder man kriegt sie geliefert (Push). Beide Prinzipien haben ihre Vor- und Nachteile.

Das Pushprinzip ist dann sinnvoll, wenn relativ selten oder nur bei bestimmten Ereignissen Daten versendet werden sollen. Dann wird der Sender nämlich nur dann senden, wenn es etwas Neues zu übermitteln gibt (auch bekannt vom „Push-Mail“). Es würde daher viel zu viel Aufwand bedeuten und den Datenkanal zu stark belasten, wenn der Empfänger immer wieder nach neuen Daten beim Sender fragen würde, obwohl keine da sind. Das Push Prinzip ist auch sinnvoll, wenn es einen Sender und viele Empfänger gibt. Je nachdem müssen die Daten dann nämlich nur einmal versendet werden, da alle Empfänger sie gleichzeitig empfangen können.

Genau umgekehrt ist das Pullprinzip zu wählen, wenn sehr oft neue Daten eintreffen, die den Empfänger vielleicht gar nicht interessieren. Dann würde der Sender dauernd senden und den Kanal belasten, dabei könnte der Empfänger doch nur dann Daten anfordern, wenn sie auch benötigt werden. Bei vielen Sendern und einem Empfänger kann der Empfänger durch Pull selbst entscheiden, wann er von wo Daten anfordert und wird nicht mit Daten von allen Sendern überschwemmt.

#### Periodizität

Grundsätzlich wäre es schade, wenn die gemessenen Werte dem Benutzer nicht auch so schnell wie möglich zur Verfügung gestellt werden könnten. Deshalb sollen die Daten direkt nach der Messung weitergereicht werden. Ob die Messdaten intern noch zwischenspeichert werden, bleibt dem Hersteller überlassen. Dasselbe gilt für alle anderen möglichen Kommunikationsstrecken.

**Die Kommunikation muss so schnell sein, dass ein gemessener Wert unmittelbar (<1s) nach der Messung auch auf dem Display erscheint. Die Zeitpunkte, an denen Daten gesendet werden, ergeben sich also aus den Messintervallen in Tabelle 14.**

In Bezug auf die Konzeption des Systems kann man sich fragen, ob die Kommunikation auch für Werte so schnell sein soll, die sich der Bewohner im Moment gar nicht auf dem Display anschaut.

#### Technische Merkmale

Es gibt eine ganze Reihe von technischen Merkmalen, die von den Kommunikationstechnologien erwartet werden, damit das System seine Anforderungen erfüllen kann. Sie werden hier kurz erklärt:

- **Datenrate:** Der Bereich wie schnell Daten theoretisch übermittelt werden können, geht von einigen Bits pro Sekunde (digitalSTROM) bis zu 600 Mbit/s (802.11n).
- **Datendurchsatz:** Beschreibt, wie viele Nutzdaten wirklich über den Kanal übertragen werden können. Zwischen Datenrate und Datendurchsatz gibt es erhebliche Unterschiede. Bei der Drahtlostechnologie ZigBee zum Beispiel, wird die (Brutto)-Datenrate der 2.4 GHz Version mit 250 kBit/s angegeben, effektiv können aber nur etwa 20-40 kBit/s genutzt werden. Und das bei idealen Bedingungen rein aufgrund der Eigenschaften des ZigBee Datenaustausches. Wenn zusätzlich noch Störungen hinzu kommen, wird geht der Datendurchsatz noch weiter zurück.
- **Anzahl Knoten:** Wie viele Kommunikationsteilnehmer unterstützt die Technologie maximal. Wie viele wird es in einem MEGA System geben? Das kommt natürlich auch darauf an, ob jeder Verbraucher etwas zu senden hat, oder ob es nur einen Haushaltszähler gibt.

- **Reichweite:** Wie weit können Daten von A nach B übertragen werden? Wie weit sind in einem MEGA System die Kommunikationsteilnehmer maximal auseinander? Spielt vor allem bei Drahtlostechnologien eine Rolle und wenn zum Beispiel Messwerte von Zählern aus Kellern durch dicke Mauern übertragen werden sollen.
- **Zuverlässigkeit:** Wie viele der gesendeten Daten kommen auch am Zielort an? Gegenüber anderen Anwendungen stellt MEGA hier nicht allzu grosse Anforderungen. Das will heissen, dass es durchaus sein darf, dass einmal ein Messwert nicht angezeigt wird, wenn die grosse Mehrheit korrekt behandelt wird.
- **Frequenz:** Die Frequenz spielt bei Drahtlossystemen eine Rolle. Sie beeinflusst die Reichweite, aber auch die Durchdringung z.B. durch Mauern, was wiederum Einfluss auf Datenrate, Datendurchsatz und Zuverlässigkeit hat. Ausserdem gibt es Rechtliche Aspekte, die es zu beachten gibt.

In Bezug auf die Anforderungen ist es einfach: Die Kommunikationstechnologien sollen so gewählt werden, dass die Informationen rechtzeitig auf allen Displays (oder wo auch immer) angezeigt werden können (siehe auch *Datenkommunikation: Periodizität*). Grundsätzlich ist eine Fehlerrate bis zu 1% erlaubt (1 Wert aus 100 geht verloren).

## Kosten

Hier sind die Anforderungen an die Kommunikationstechnologien dieselben wie die an das ganze System: Das System soll massentauglich also auch günstig sein. Das gilt für alle Kostenfaktoren:

- Die Beschaffung selbst soll für den Bewohner erschwinglich sein oder lohnend für einen Investor, der die Technologie dem Bewohner zur Verfügung stellt.
- Die Installation soll günstig sein. Dabei gilt es zu beachten, dass 95% der Häuser schon gebaut sind. Technologien, die sich einfach nachrüsten lassen, zum Beispiel, weil sie über vorhandene Infrastruktur wie Strom-, Antennen-, Telefonleitungen oder auch drahtlose Accesspoints kommunizieren, haben also sicherlich Vorrang.
- Der Bewohner sollte möglichst gar nichts konfigurieren müssen. Im Prinzip sind hier schon heutige Bluetooth und WLAN Installationen zu kompliziert.
- Die fest installierten Bestandteile eines solchen Systems sollten an die 15 Jahre laufen, ohne dass man sie warten muss.

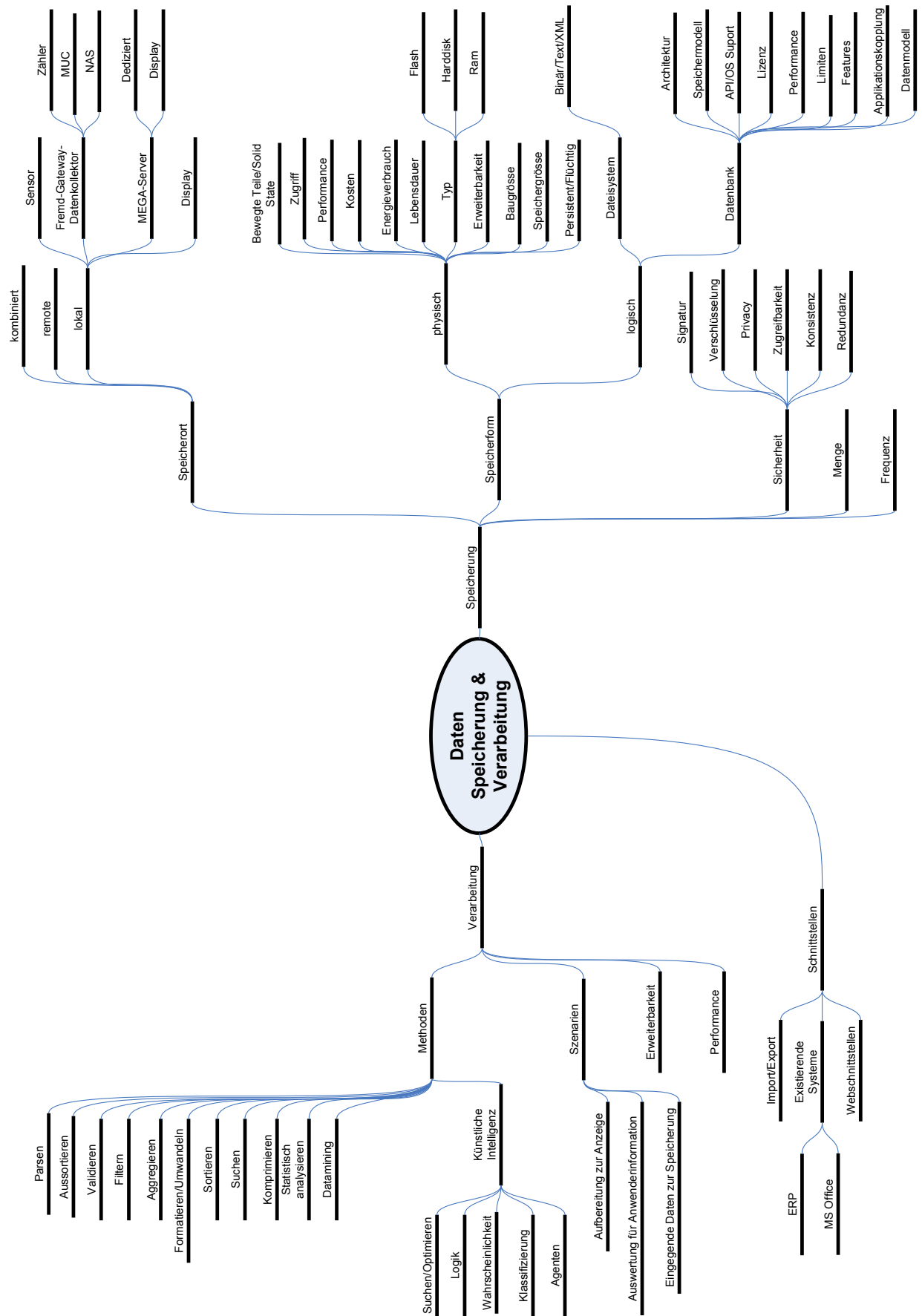
## Softfaktoren

Neben den harten technischen Anforderungen gibt es Faktoren wie Elektrosmog oder die Bedienerfreundlichkeit, denen höchste Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

## Datenspeicherung und Verarbeitung

### Allgemein

MEGA misst Energiedaten und präsentiert sie in adäquater Form. Dazwischen liegt die Speicherung und Verarbeitung dieser Daten. Hier stellen sich diverse Fragen in Bezug auf das Systemdesign und die technische Umsetzung. Welche Daten werden gespeichert? Wo werden die Daten gespeichert? Wie werden sie gespeichert? Wie lange bleiben sie gespeichert? Wie werden die Daten ausgewertet usw. Das Kapitel *Existierende Technologien, Produkte und Systeme: Datenspeicherung und Verarbeitung* listet die wichtigsten heute verfügbaren technischen Möglichkeiten für die Datenspeicherung und Verarbeitung auf. Dieses Kapitel soll die konzeptuellen Möglichkeiten bezüglich der bereits gestellten Anforderungen und hinsichtlich des noch zu definierenden Konzepts eines MEGA Systems etwas genauer analysieren.



Figur 14: Übersicht Datenspeicherung und Verarbeitung

## Physikalische und logische Speicherung

**Unter der Annahme, dass zum MEGA-System ein lokaler Server gehört, der auch Energiedaten speichert, ist wohl ein interner, austauschbarer Flash Speicher am Besten geeignet. Dieser kann gegebenenfalls über einen externen USB Stick erweitert werden.**

Der Speicher wird das Betriebssystem aufnehmen und sollte neben den lokalen Energiedaten auch Platz für Erweiterungen bzw. die erweiterten Dienste eines Multifunktionsgeräts bieten.

Die logische Speicherung erfolgt wohl am geschicktesten in einer kleinen embedded Datenbank wie z.B. SQLite oder evtl. MySQL.

## Speicherort, Speicherdauer

Zwei Fragen die sich stellen sind, wo die Daten gespeichert werden sollen und wie lange? Die folgenden Möglichkeiten stehen für den Ort zur Verfügung:

- **Sensor:** Jeder Stromsensor speichert seine Werte selbst.
- **Fremd-Gateway/Kollektor:** Die Technologie, die die Energie misst stellt einen Gateway oder einen Kollektor zur Verfügung, der die Daten zwischenspeichert. Das könnte z.B. der Elektrizitätszähler oder auch ein sogenannter MUC (Multi Utility Controller) sein, wie sie für einige Smart Metering Systeme definiert wurden oder andere Geräte in Haushalten wie ein NAS (Network Attached Storage).
- **MEGA-Server lokal:** Das MEGA System bietet lokal einen Server oder Datenkollektor an, der die Daten speichert. Eine konzeptionelle Entscheidung liegt darin, wo dieser Server steht und ob es einen pro Haushalt oder pro Haus geben soll. Ein Server könnte sich direkt in einem Energiedisplay und somit in jedem Haushalt befinden oder in einem eigens dafür konzipierten Servergehäuse im Keller eines Mehrfamilienhauses.
- **MEGA-Server remote:** Das MEGA System bietet remote einen Server oder Datenkollektor an (beim EVU), der die Daten speichert.

Wenn es um die Dauer geht, in der die Daten gespeichert werden soll, so bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- **Zeitspanne:** Die Daten bleiben eine bestimmte Zeitdauer gespeichert. Diese kann theoretisch von 0 (gar nicht)...unendlich (für immer) gehen.
- **Speicherplatz, Einträge:** Ein rollender Speicher, der einen bestimmten Platz auf dem Medium nie überschreitet und die ältesten Werte mit jedem Neueintrag überschreibt, sobald dieser Platz aufgebraucht wurde.
- **Push, Pull:** Die Werte bleiben so lange gespeichert, bis sie weiter übermittelt oder von jemandem abgeholt wurden.

Dabei sind fast beliebige Kombinationen einer oder mehrerer Optionen sowohl von Ort wie auch Dauer möglich. Auch Daten-Sicherheitsaspekte spielen eine Rolle.

In einem realistischen Szenario passt sich MEGA dem Sensor an. Bei KNX ist es möglich, den Sensor, der selbst keine Daten zwischenspeichert, regelmässig abzufragen um den gerade aktuellen Wert zu erhalten (Polling). Ein lokaler MEGA Server (eingebaut im Energiedisplay) tut dies und behält die Echtzeitdaten bis der zur Verfügung stehende Speicher ausgelastet ist (was ca. 1 Monat entspricht). Gleichzeitig wird ein Teil der Daten komprimiert und verschlüsselt für 6 Monate lokal gespeichert und an einen Server des EVU im Internet übermittelt, der diese über fünf Jahre archiviert.

## Speicherinhalt, Speichermenge und Speicherform

Die Beantwortung der Frage nach dem Inhalt der zu speichernden Daten hängt auch damit zusammen, wie viele Daten gespeichert werden sollen und wie. Die folgenden Informationen sind dabei von Bedeutung für die Verarbeitung mit MEGA:

- Messwert
- Zeitpunkt an dem der Messwert gemessen wurde
- Ort an dem der Messwert gemessen wurde

Nur schon für den eigentlichen Messwert gibt es viele verschiedenen Repräsentationen. Möchte man z.B. im Falle der Elektrizität den Wert der Leistung oder den der Energie erhalten? Ist der Momentanwert mehr von Interesse oder eine Kumulation? Oder muss man sich jedem Messsystem neu anpassen? In welcher Genauigkeit soll der Messwert abgespeichert werden? Und wie genau soll die Zeit sein? Absolut oder relativ? Wie wird der Ort repräsentiert, an dem gemessen wurde, als Text, Koordinaten oder mit einer Identifikationsnummer?

Es wird versucht, hier ein realistisches Beispiel für MEGA zu geben, das auch verwendet werden kann, um den Speicherbedarf etwas abzuschätzen. Das Beispiel geht davon aus, dass die Elektrizität als Gesamtverbrauch (Smart Meter) in einem Haushalt jede Sekunde gemessen und gespeichert wird. Die Annahme ist, dass ein Haushalt rund 6500 kWh Jahr verbraucht, was schon recht verschwenderisch ist [72]. Ein MEGA Dateneintrag enthält folgende Attribute:

- Messwert – Kumulation der Energie seit dem letzten Messwert in Ws, signed 32-bit Integer (Werte unter Null weisen auf Energieerzeuger hin)
- Zeitstempel – Sekunden seit dem 1.1.1970 (Unix Time), 32-bit unsigned Integer
- Ort – ID mit Haushalt eindeutigem Wert pro Verbraucher, 16-bit unsigned Integer

Es werden also pro Sekunde 10 Bytes abgespeichert. Im Tag wären das rund 844 kBytes und im Jahr 308 Mbytes pro Verbraucher (und ohne mögliche anderen Energieformen zu berücksichtigen). Es macht aufgrund des Datenaufkommens wohl wenig Sinn, all diese Daten zu speichern. Zumal diese Echtzeitdaten wohl auch nur wirklich für das direkte Feedback, also das Energiedisplay, in dieser Auflösung nötig sind.

Für MEGA geht man zum einen davon aus, dass nur Daten dann gespeichert werden, wenn grössere Differenzen im Verbrauch gemessen werden. Ausserdem werden, wie oben bereits erwähnt, die Echtzeitdaten nur rund 1 Monat behalten und dann sukzessive überschrieben (~27MB/Verbraucher). Ansonsten sollen kumulierte Werte im 5 Minuten Raster für 6 Monate lokal gespeichert bleiben (~3MB/Verbraucher).

## Verarbeitungsszenarien und Methoden

Für die **Verarbeitung** der Energiedaten unterscheiden wir zwischen drei Szenarien:

- **Verarbeitung der eingehenden Daten für die Speicherung:** Die von den Messeinheiten eingehenden Daten müssen für die Speicherung verarbeitet werden. Dabei spielen folgende Schritte eine Rolle:
  - **Aussortieren:** Es kann sein, dass nicht alle Daten gespeichert werden sollen, die übermittelt werden, also wird man je nachdem einige Werte aussortieren. In MEGA sollen nur die Energiedaten gespeichert werden, die in der Differenz einen bestimmten Schwellenwert gegenüber den zuletzt gespeicherten Werten überschreiten. Ändert sich z.B. die Leistungsaufnahme an einer Steckdose um mehr als 5W, wird der Wert gespeichert, sonst wird der letzte angenommen.

- **Konvertieren/Normalisieren:** Je nach dem wie die Daten eintreffen, müssen sie in die intern für die weitere Verarbeitung verwendete, einheitliche Form gebracht werden.
- **Validieren:** Bevor man die Daten definitiv speichert, macht es sicherlich Sinn, sie einem Plausibilitätstest zu unterziehen. Offensichtlich falsche Daten können das ganze Bild verzerren.
- **Formatieren/Komprimieren:** Je nach dem, wo und wie die Daten gespeichert werden, müssen sie noch in ein spezielles Speicherformat umgewandelt oder komprimiert werden.
- **Auswertung der Daten im Hinblick auf die Anwenderinformation:** Sind die Daten einmal gespeichert und sollen für die Anzeige verwendet werden kann man folgendermassen vorgehen:
  - **Filtern/Suchen:** Man filtert bzw. sucht die Daten heraus, die für die aktuelle Anzeige (Ansicht/View) gerade benötigt werden.
  - **Intelligente Algorithmen:** Mit Algorithmen der künstlichen Intelligenz, wie sie bereits in Anhang B: Datenverarbeitung kurz aufgelistet wurden, versucht man mit Hilfe von bestimmten Regeln und Mustern diejenigen Daten zu extrahieren, die man benötigt und daraus eine Anzeige bzw. Tipps zu generieren, um den Benutzer gezielt zu informieren.
- **Aufbereitung der Daten zur Anzeige:** Hat man die Daten die man anzeigen will extrahiert, müssen sie zur Anzeige aufbereitet werden:
  - **Konvertieren:** Die Daten müssen numerisch in die Anzeigeform gebracht werden.
  - **Sortieren:** Gegebenenfalls sollen die Daten nach einem bestimmten Kriterium richtig sortiert werden.
  - **Darstellen:** Schliesslich müssen die Daten mit Hilfe eines grafischen Frameworks korrekt dargestellt werden.

## Schnittstellen

Schlussendlich soll entschieden werden, welche Datenschnittstellen das System zur Verfügung stellen soll. Diese spielen bei folgenden Szenarien eine Rolle:

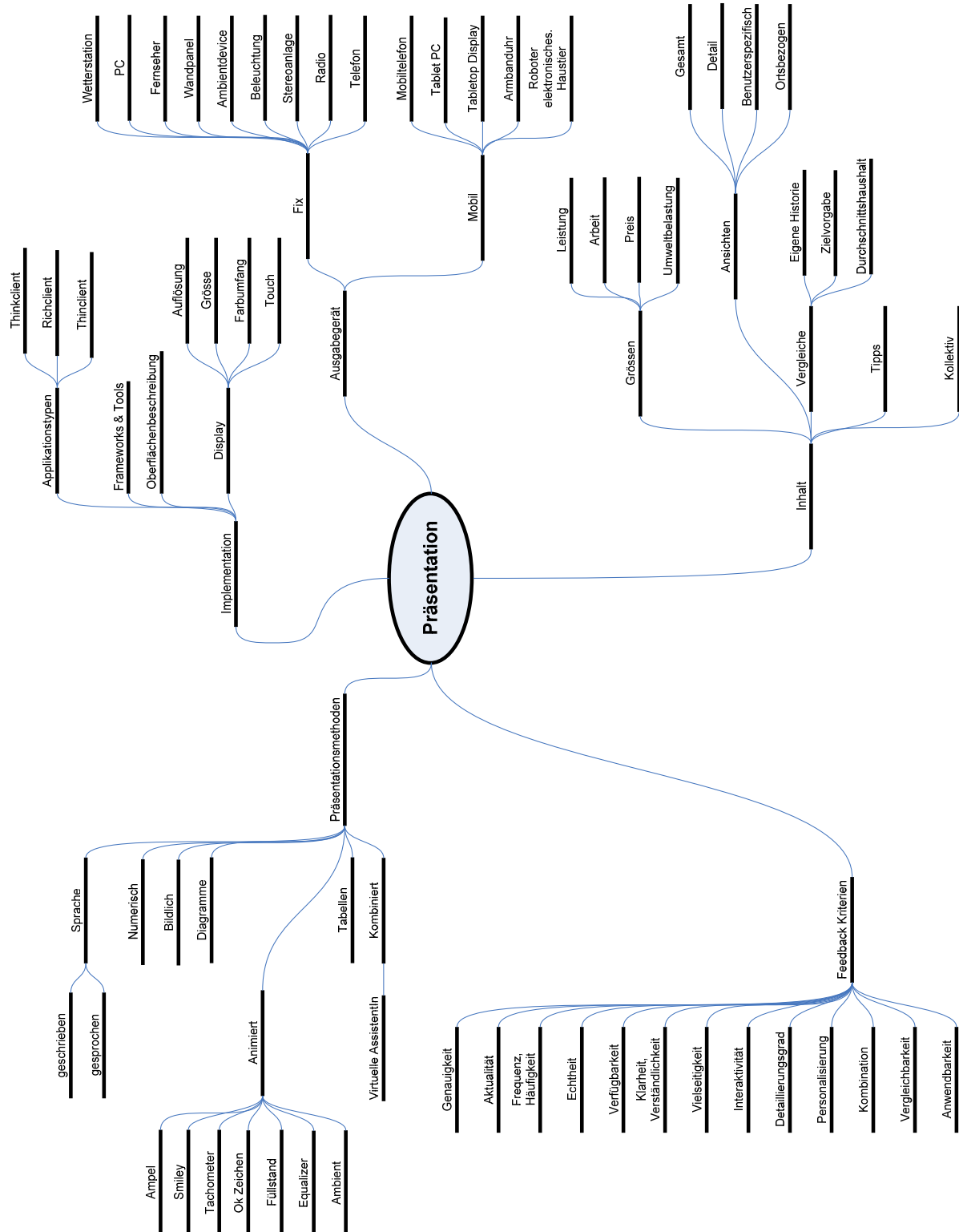
- Backup der Daten
- Import der Daten in andere Systeme oder Programme wie z.B. SAP, Excel, Google Powermeter, gnuPlot etc.

Empfohlen wird eine Exportschnittstelle, bei der die zu exportierenden Datensätze relativ genau herausgefiltert werden und in eine Textdatei gespeichert werden können. Als Dateiformate bieten sich einfache CSV Dateien oder ein eigens zu definierendes XML Schema. Später kann gegebenenfalls geprüft werden, ob man Daten auch über WebServices zur Verfügung stellen will.

# Präsentation

## Allgemein

Einer der wohl wichtigsten Faktoren für die Akzeptanz eines MEGA-Systems ist die Präsentation der Daten. Eine Übersicht über die verschiedenen Aspekte, die hier beleuchtet werden sollen, findet man in Figur 15.



Figur 15: Übersicht Präsentation

## Ausgabetyp

Grundsätzlich wurden folgende Ausgabetypen identifiziert [28]:

- **Papierrechnungen:** Eine informative Elektrizitätsrechnung liefert (a) den realen Verbrauch (und keine Schätzungen), (b) Vergleiche mit vorangegangenen Verrechnungsperioden, mit Statistiken und Grafiken (z.B. Smiley wenn zufrieden), (c) optionale Vergleiche mit ähnlichen Haushalten, (d) Energiespartipps, Priorität Motivation in Form des Einflusses auf die Umwelt, (f) Informationen zum Strommix, Energiequellen aus denen der Strom stammt, CO<sub>2</sub> Ausstoss, radioaktiven Abfällen etc. Die in der Elektrizitätsrechnung eingebetteten Informationen werden in der Regel genauer gelesen, als gewöhnliche Informationsmaterialien. Die Rechnung kann von jedem gelesen werden und die Informationen sind einfacher zugänglich als z.B. über das Internet und anderen elektronischen Medien [31]. Die Rechnungsinformationen geben dem Kunden des EVU ein gewisses Gefühl der Kontrolle, Transparenz und „Gut-informiert-seins“. Zum Beispiel bieten YellowStrom und EnBW ihren Kunden diesen Service.
- **Zählerdisplay:** Die einfachste und günstigste Variante eines Displays ist das, das sich direkt am Zähler befindet (in kWh). Man kann diese Werte ablesen und manuell eine kleine Buchhaltung führen. Leider ist die Beschaffung der Daten für viele bereits zu aufwendig und zum Teil auch gar nicht möglich, da die Zähler eingeschlossen sind.
- **Tisch- oder Wanddisplay:** „In-home Displays“ zeigen den Verbrauch unmittelbar an (typischerweise 1s Updatezyklus). Es gibt passive Anzeigen, solche mit Hintergrundbeleuchtung oder farbige LCD. Die Displays können die Daten in numerischer oder auch grafisch darstellen. Häufig zeigen sie direkt kWh, Preise oder auch den Treibhausgasausstoss an. Die Bedienung ist einfach und erfolgt über wenige Tasten. Kombinierte Displays bieten zusätzlich Informationen zur Tageszeit, Datum, Innen- und Aussentemperatur oder einfache Statusinformationen zum Beispiel in Form einer „Ampel“. Einige dieser Displays kann man aus der Halterung nehmen, irgendwo hinstellen oder auch mit sich herumtragen, um den Energieverbrauch auf gewisse Aktionen hin direkt zu verfolgen. Andere sind fix in die Wand eingelassen und können auch für Haussteuerungsaufgaben verwendet werden. Es existieren bereits zahlreiche solcher Displays in den verschiedensten Bauformen.
- **Ambient-Displays:** Basierend auf dem Prinzip der prä-attentiven Wahrnehmung benötigen diese Art von Geräten keine Aufmerksamkeit auf eine Anzeigefläche oder Bildschirm. Da gibt es zum Beispiel die „power-aware cord“, ein Kabel das selbst leuchtet und heller wird, je mehr Strom der Verbraucher „zieht“. Oder es gibt Beispiele von „Displays“ die ihre Farbe verändern oder eine die Geschwindigkeit einer Art „Lauflicht“ usw. Sogar über eine leuchtende Tapete wurde schon nachgedacht.
- **PC und Internet:** Einige EVU bieten ihren Kunden persönliche Internetportale an, die in die EVU-Webseite eingebunden ist. Auch hier findet man Beispiele bei YelloStrom oder in dem sogenannten EnBW Cockpit. Solche Portale erlauben es den Leuten, ihren Energieverbrauch über längere Zeit hinweg (Zeitachse variabel) einfach im Browser zu verfolgen. Neben Internetlösungen gibt es auch Applikationen, die direkt auf dem PC installiert werden können wie das EnBW Stromradar, dass den Energieverbrauch sekundlich anzuzeigen vermag. Schliesslich gibt es die sogenannten „Armaturenbretter“ (Dashboards), die ausführliche Informationen über eine einzelne Wohnung oder ein ganzes Gebäude zur Verfügung stellen.
- **TV Gerät:** 91% der Schweizer Haushalte besitzen einen Fernseher, beim Internet sind es an die 74%. Frauen schauen etwas häufiger als Männer und ältere Menschen häufiger als die Jungen. Fernseher sind einfach zu bedienen und laufen in der Regel sowieso in vielen Haushalten praktisch täglich. Zusammen mit Media Centers, Set-top Boxen und Spielkonsolen könnten so komfortable Lösungen entwickelt werden, die den Energiebedarf direkt am Fernsehbildschirm anzeigen. Auch Web-basiertes TV könnte eine Option sein.

- **Mobile Geräte:** Heutige Mobilgeräte verfügen über genügend Rechenleistung und hervorragende Displays um als Energieanzeigergeräte zu dienen.
- **Multifunktionsgeräte wie Wetterstationen:** Geräte, die mehrere Aufgaben erfüllen können sind in verschiedener Hinsicht attraktiv. Vielfach ist es sogar so, dass die Benutzer zum Beispiel zuerst nur auf das Wetter achten und sich erst später dafür interessieren, was sonst noch angezeigt wird. Das hätten sie vielleicht sonst gar nicht getan. Die Frage stellt sich auch, wer bereit ist, sich ein Gerät zu kaufen, das „nur“ dazu da ist, die Energie anzuzeigen? Gerade das Wetter ist zudem ein starker Einflussfaktor für den Energiebedarf eines Haushalts.
- **Energiebewusste Geräte wie ein Smart Thermostat (Power Aware Devices):** Geräte, wie intelligente Thermostate, die selbst ebenfalls in der Lage sind, einfache Energieverbrauchsinformationen oder Textnachrichten vom EVU anzuzeigen.
- **Lautsprecher, Radios, Stereoanlagen:** Es ist auch möglich, die Leute über akustische Wege zu informieren. Sei dies über gesprochenen Text, einen bestimmten Ton oder Musik, die den Bewohner z.B. über das Überschreiten einer Grenze oder den Wechsel eines Tarifs informieren.
- **Andere:** Man könnte sich auch andere Alltagsgegenstände, die man mit sich herumträgt, wie z.B. ein Schlüsselanhänger etc. vorstellen oder auch Smart Home Geräte wie ein Spiegel im Badzimmer.

Für den MEGA-Prototyp sind folgende Ausgabetypen relevant (Reihenfolge entspricht der Priorität):



#### Multifunktionsdisplay

Ein Display für direktes Feedback, das in ungefähr die Eigenschaften eines elektronischen Bilderrahmens mit einem Touchscreen und evtl. einem Ambient Element annehmen haben könnte.  
 Displaygrösse: 18.9 cm x 7.4 cm  
 Auflösung: 800x600  
 Farbraum: 16-Bit



#### Smart Phone

Ein iPhone oder ähnliches SmartPhone, das je nachdem für direktes oder indirektes Feedback (ausser Haus) eingesetzt werden kann.  
 Displaygrösse: 7.5 cm x 5.1 cm  
 Auflösung: 480x320 (163 ppi)  
 Farbraum: 16-Bit



### Laptop

Ein Laptop, das detaillierte Energiedaten über ein WebInterface oder eine eigene Applikation auswerten und anzeigen kann. Auch denkbar sind kleine Internetapplikationen (Widgets, Gadgets), die am Rand des Bildschirms angezeigt werden.

Displaygrösse: 17.9 cm x 28.7 cm

Auflösung: 1280x800

Farbraum: 32-Bit



### HD-Fernseher

Kann evtl. für Hinweise oder einfache Energiebulletins hinzugezogen werden.

Displaygrösse: 52.5 cm x 93.5 cm

Auflösung: 1920x1080p

Farbraum: 32-Bit

## Oberflächentypen und Implementation

Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen drei Arten von Oberflächen, die sich in erster Linie dadurch unterscheiden, wo in einem Client-Server System das Gros an Arbeit anfällt.

- **Thickclients** sind Applikationen bei denen praktisch die ganze Arbeit auf der Clientmaschine erledigt wird, auf der sie installiert wurden. Sie laufen autonom und wenn sie den Server benötigen, dann in der Regel „nur“ als Datenspeicher. Thickclients sind recht flott zu bedienen und stellen komfortable Oberflächen zur Verfügung. Thickclients benötigen viel Rechenleistung und Platz auf der lokalen Maschine. Gibt es eine neue Version der Software, muss sie komplett neu installiert werden. Möchte man den Thickclient auf einer anderen Plattform laufen lassen, muss er portiert und neu kompiliert werden. Beispiele für Thickclients sind Desktopapplikationen wie die Microsoft Office Programme Word und Excel oder auch iPhone oder Android Applikationen.
- **Thinclients** sind mehr oder weniger das Gegenteil von Thickclients. Die Applikationslogik wird hier vom Server ausgeführt, die lokale Clientmaschine wird praktisch nur als Anzeige benutzt. Thinclients sind klein, benötigen weniger Leistung auf der lokalen Maschine und müssen nicht installiert werden (zero-install). Thinclients werden immer up-to-date sein und unabhängig von der Plattform auf der sie ausgeführt werden. Jede Aktion des Benutzers resultiert in einer neuen Server Anfrage und der damit verbundenen Wartezeit. Ohne Netzwerk und Server ist ein Thinclient nutzlos. Leider sind Thinclients oft auch sehr eingeschränkt in den Möglichkeiten, die ihre Benutzeroberfläche dem Benutzer bietet (statische Internetseiten). Jede HTML Internetapplikation, die in einem Browserfenster angezeigt wird, ist eine Thinclient Applikation.
- **Richclients** gehören zu einer neueren Strömung (ca. um 2003). Es wird versucht die besten Eigenschaften von Thick- und Thinclients zu vereinen. Bei der Richclientarchitektur wird die Leistung besser auf Client und Server verteilt. Die Anwendung hat eine komfortable, recht autonome Oberfläche und trotzdem werden wichtige Teile davon auf dem Server ausgeführt. Richclients sind portabel. Erreicht wird dies durch eine Richclientplattform, welche auf der Clientmaschine vorhanden sein muss.

Diese Plattform stellt eine Laufzeitumgebung bereit, die in den Internetbrowser eingebunden werden kann (z.B. als Plugin). Für die Darstellung wird in der Regel mit Skript- und Beschreibungssprachen gearbeitet. Die Server stellen ihre Dienste z.B. mit Hilfe von Web Services bereit. Fertige, wieder verwendbare Komponenten unterstützen die effiziente Entwicklung neuer Applikationen. Glaubt man den Verfechtern wie z.B. MP3.com Gründer Michael Robertson oder auch Google, sollen Richclient Applikationen dereinst die herkömmlichen Desktopapplikationen ersetzen. Aktuelle Beispiele dazu sind z.B. Google Service wie gMail, Google Maps oder die Office Suite.

**Für MEGA sollte am ehesten die Form des Richclient basierend auf einer Technologie wie Flash oder Silverlight verwendet werden. Richclients sind relativ gut portabel und bieten komfortable State-Of-The-Art Möglichkeiten um Oberflächen darzustellen.** Ausserdem stellen sie z.T. Oberflächenbeschreibungstechnologien bereit, die den MEGA-Applikationen die nötige Flexibilität bieten. Es wird sich allerdings zeigen, ob und wo diese Technologien sinnvoll zum Einsatz kommen können. Evtl. kommt man gerade beim SmartPhone nicht um eine native Applikation herum und für den PC eignet sich eine AJAX basierte WebApplikation besser. Ein Kriterium ist sicher die Performance. Welche Technologie sich am besten eignet wird sich wohl erst während der Technologieevaluation im Zuge der Entwicklung des Prototyps herausstellen.

## Präsentationsformen und Inhalt

Welche Präsentationsformen verwendet werden und was präsentiert werden soll, wird sich in der Konzept- und Testphase des Prototyps zeigen. **Aus technischer Sicht und bezogen auf die Oberflächen scheint es wichtig, nicht zu viel auf einmal zeigen zu wollen, sondern „schichtweise“ vorzugehen. Also auf der obersten Schicht für alle einfach und verständlich eine Art Status und evtl. ein Motivationswerkzeug und nicht mehr. Erst auf einer nächsten, tieferen Schicht, sollen eigentliche Energiedaten auftauchen und vielleicht sogar erst auf einem anderen Ausgabegerät etwas komplexere Ansichten angeboten werden.** Im nächsten Kapitel der Systemfeatures finden sich alle Formen und Inhalte, die im Zuge der Recherchen für das MEGA-Projekt identifiziert wurden.

## Systemfeatures

Aus den Erfahrungen anderer, Existierendem, den Benutzergruppen und den idealen bzw. technischen Anforderungen wurde versucht, eine Liste aller möglichen Features für MEGA aufzustellen.

Die Liste ist noch ungefiltert. Es wird wohl nicht möglich sein, alle Features in MEGA einzubauen. Für die definitive Featureliste, die in Kapitel Systemkonzept präsentiert wird, wurden also die unten stehenden Features gewichtet, bei Bedarf zusammengefasst und schlussendlich diejenigen ausgewählt, die im System berücksichtigt werden sollen (Priorität: 1 unwichtig, 6 zwingend).

| Nr.                  | Feature                        | Beschreibung, das System...                        | Pri. |
|----------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|------|
| <b>Energieformen</b> |                                |                                                    |      |
| 1                    | Elektrizität                   | ...zeigt den Elektrizitätsverbrauch an             | 6    |
| 2                    | Gas                            | ...zeigt den Gasverbrauch an                       | 5    |
| 3                    | Wärme/Heizung                  | ...zeigt den Wärmeverbrauch an (evtl. Ölverbrauch) | 4    |
| 4                    | Wasser                         | ...zeigt den Wasserverbrauch an                    | 5    |
| <b>Periodizität</b>  |                                |                                                    |      |
| 5                    | Echtzeit <sup>12</sup> Messung | ...misst und speichert die Daten in Echtzeit       | 5    |

<sup>12</sup> Unter Echtzeit verstehen wir hier je nach Energieform etwas anderes. Bei Elektrizität oder Wasser kann das 1s oder gar schneller sein, bei den anderen sind das längere Intervalle.

|                                 |                               |                                                                                                       |   |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 6                               | Echtzeit Anzeige              | ...zeigt die Daten in Echtzeit an                                                                     | 5 |
| 7                               | Ereignisse                    | ...hat die Möglichkeit, den Benutzer Ereignis-gesteuert zu informieren                                | 6 |
| 8                               | Adaptiv manuell               | ...erlaubt es, die Mess- und Anzeigeintervalle selbst zu wählen (z.B. mit Angabe des Eigenverbrauchs) | 2 |
| 9                               | Adaptiv automatisch           | ...kann seine Mess- und Anzeigeintervalle je nach Betriebszustand und Aktivitäten selbst wählen       | 5 |
| <b>Messkategorien</b>           |                               |                                                                                                       |   |
| 10                              | Gesamtverbrauch               | ...zeigt den Gesamtverbrauch an                                                                       | 6 |
| 11                              | Verbrauch Geräte              | ...zeigt den Verbrauch für jedes Gerät bzw. Verbraucher                                               | 5 |
| 12                              | Verbrauch Zimmer              | ...zeigt den Verbrauch für jedes Zimmer an                                                            | 3 |
| 13                              | Verbrauch Aktivität           | ...zeigt den Verbrauch für jeden Bereich bzw. Aktivitäten an (Unterhaltung, Kochen, Hygiene...)       | 2 |
| 14                              | Verbrauch Person              | ... zeigt den Verbrauch für jeden Bewohner an                                                         | 3 |
| <b>Technische Anzeigegrößen</b> |                               |                                                                                                       |   |
| 15                              | Qualitativ                    | ...zeigt Daten qualitativ (ohne fixe Größen) an                                                       | 5 |
| 16                              | Quantitativ                   | ...zeigt Daten quantitativ an                                                                         | 5 |
| 17                              | kWh (Liter, m <sup>3</sup> )  | ...zeigt Daten mit den offiziell verwendeten Einheiten an                                             | 3 |
| 18                              | CO <sub>2</sub>               | ...zeigt den Kohlendioxidausstoß an                                                                   | 1 |
| 19                              | Kosten                        | ...zeigt die Kosten an                                                                                | 5 |
| 20                              | Tarife                        | ...zeigt aktuelle Tarife an                                                                           | 4 |
| <b>Andere Anzeigegrößen</b>     |                               |                                                                                                       |   |
| 21                              | Theo. Sparpotential           | ...errechnet das theoretische Sparpotential                                                           | 3 |
| 22                              | Prak. Sparpotential           | ...zeigt das erreichte Sparpotential an                                                               | 3 |
| 23                              | Trend                         | ...zeigt Trends an                                                                                    | 5 |
| 24                              | Prognosen                     | ...gibt Prognosen ab                                                                                  | 3 |
| 25                              | Analogien                     | ...verwendet Analogien zu Bekanntem (Wetter, etc.)                                                    | 5 |
| 26                              | Tipps allgemein               | ...gibt allgemeine Energiespartipps                                                                   | 4 |
| 27                              | Tipps angepasst               | ...gibt dem Benutzer angepasste Energiespartipps an                                                   | 5 |
| 28                              | Tipps Beispiele               | ...gibt Tipps anhand von Beispielen oder Vergleichen                                                  | 4 |
| 29                              | Indirekte Energie             | ...bringt Hinweise auf die indirekte Energie                                                          | 2 |
| 30                              | Statusanzeige                 | ...zeigt in schneller und einfacher Form, ob viel oder wenig Energie verbraucht wird                  | 6 |
| 31                              | Ökologische Größen            | ...bietet anstelle von kWh Größen wie „Anzahl Erden“, Regenwald, etc. an                              | 4 |
| 32                              | Ökoindex, Rating              | ...bietet eine Skala an, die den Haushalt anhand eines Index bewertet                                 | 5 |
| 33                              | Informationen Textnachrichten | ... bietet die Möglichkeiten, Informationen und Textnachrichten „von fern“ auszugeben                 | 5 |
| <b>Anzeigeform</b>              |                               |                                                                                                       |   |
| 34                              | Graphen                       | ...zeigt Daten in Form von Graphen an                                                                 | 3 |
| 35                              | Diagramme                     | ...zeigt Daten in Form von Diagrammen an                                                              | 2 |
| 36                              | Numerisch                     | ...zeigt Daten numerisch an                                                                           | 5 |
| 37                              | Tabellen                      | ...zeigt Daten in Tabellen an                                                                         | 3 |
| 38                              | Listen                        | ...zeigt Daten in Listen an                                                                           | 5 |
| 39                              | Bilder                        | ...zeigt Daten in statischen Bildern an                                                               | 4 |
| 40                              | Animationen                   | ...zeigt Daten in animierten Bildern oder Filmen an                                                   | 5 |
| 41                              | Sound                         | ...bietet Möglichkeiten zur Sound und Sprachausgabe                                                   | 3 |
| 42                              | Licht                         | ...bietet Möglichkeiten zur Ausgabe über Lichteffekte                                                 | 4 |
| 43                              | Bewegung                      | ...bietet Möglichkeiten zur Ausgabe mittels Kinetik                                                   | 1 |
| 44                              | Avatar                        | ...stellt einen persönlichen Avatar zur Verfügung                                                     | 2 |
| <b>Anzeigeort</b>               |                               |                                                                                                       |   |
| 45                              | Display                       | ...bietet eine Displaykomponente für direktes Push-Feedback an                                        | 5 |

|                                     |                                  |                                                                                                                                       |   |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 46                                  | Portable Geräte                  | ...enthält Komponenten, die herum getragen werden können                                                                              | 5 |
| 47                                  | Existierende Geräte              | ...bietet eine Schnittstelle für existierende Anzeigegeräte                                                                           | 3 |
| 48                                  | PC Anzeige                       | ...zeigt Daten auf dem PC an                                                                                                          | 5 |
| 49                                  | Smart Phone                      | ...zeigt Daten auf dem Smart Phone an                                                                                                 | 4 |
| 50                                  | TV                               | ...zeigt Daten auf dem Fernseher an                                                                                                   | 3 |
| 51                                  | Ambient                          | ...zeigt Daten auf Ambientgeräten an                                                                                                  | 5 |
| 52                                  | Lautsprecher                     | ... vermittelt Daten über Lautsprecher von Radio, Stereoanlage, Piepser etc.                                                          | 2 |
| 53                                  | Andere                           | ...zeigt Daten auf anderen Geräten an als die oben genannten (Spiegel im Bad, Beleuchtung, Schlüsselanhänger, Tapete...)              | 1 |
| 54                                  | Remote                           | ... zeigt Daten auch an, wenn ich unterwegs bin                                                                                       | 4 |
| <b>Motivationsinstrumente</b>       |                                  |                                                                                                                                       |   |
| 55                                  | Eigenvergleich                   | ...erlaubt das Vergleichen des Energieverbrauchs mit dem eigenen aus Vorperioden und historischen Daten                               | 3 |
| 56                                  | Fremdvergleich                   | ...erlaubt das Vergleichen des Energieverbrauchs mit ähnlichen Haushalten                                                             | 3 |
| 57                                  | Historie                         | ...speichert die Werte zwischen und erlaubt das erneute Auslesen davon in verschiedenen Zeitskalen                                    | 5 |
| 58                                  | Ziele setzen                     | ...erlaubt das Setzen und Kontrollieren von Sparzielen                                                                                | 5 |
| 59                                  | Limiten setzen                   | ...erlaubt das Setzen von Limiten und Grenzen, die nicht überschritten werden sollen                                                  | 3 |
| 60                                  | Spiele                           | ...erlaubt einen spielerischen Zugang zu Energiesparmassnahmen                                                                        | 5 |
| 61                                  | Gemeinschaft, Community          | ...bindet die Gemeinschaft der Energiesparenden mit ein (Communitygedanke)                                                            | 5 |
| 62                                  | Sammeltrieb                      | ...bindet den natürlichen Sammeltrieb der Menschen mit ein (Cumulussystem)                                                            | 5 |
| 63                                  | Anerkennung, Lob                 | ... erkennt Verbesserungen und lobt den Benutzer                                                                                      | 3 |
| 64                                  | Nachbarn                         | ...bindet die direkten Nachbarn mit ein                                                                                               | 2 |
| 65                                  | Solar bzw. Windenergiekraftwerke | ...enthält Hinweise darauf, wann es günstig ist, Solar- bzw. Windenergie zu nutzen                                                    | 2 |
| <b>Oberfläche</b>                   |                                  |                                                                                                                                       |   |
| 66                                  | State-of-the-Art                 | ...entspricht dem State-of-the-Art von heutigen Oberflächen und ist nicht zu technisch                                                | 5 |
| 67                                  | Das Wesentliche                  | ...ist nicht überladen und zeigt nur das wesentliche (je nach Ebene und Benutzer)                                                     | 5 |
| 68                                  | Anzeigeebenen                    | ...bietet verschiedene Anzeigeebenen angefangen von sehr einfach (oberste Ebene) bis zu relativ komplex                               | 5 |
| 69                                  | Skins                            | ...erlaubt das Anpassen der Oberflächen über Skins                                                                                    | 5 |
| 70                                  | Konfigurierbarkeit               | ...erlaubt das Umkonfigurieren von Oberflächen oder bietet eigene SDKs, um Neue zu bauen                                              | 2 |
| <b>Dienste und Zusatzfunktionen</b> |                                  |                                                                                                                                       |   |
| 71                                  | Dienste                          | ...bietet andere Dienste ausser Energieanzeige an (Wetter, Bilder, SBB Fahrplan, Wikipedia, Twitter, Agenda, Gemeindeabfahrplan etc.) | 6 |
| 72                                  | AppStore                         | ... bietet die Möglichkeit neue Dienste über einen Internetladen (ähnlich iTunes) zu erstellen und zu benutzen                        | 5 |
| 73                                  | Features freischalten            | ... bietet die Möglichkeit, gewisse Features selektiv nachträglich zu aktivieren                                                      | 4 |
| 74                                  | Zusatzfunktionen                 | ...bietet noch andere Hardwarefunktionen an (Telefon, Streaming Client, Radio, Uhr/Wecker, Ladegerät, iPod Dock)                      | 5 |
| 75                                  | Wetterdaten                      | ...zeigt Innentemperatur oder andere Wetterdaten (inkl.                                                                               | 5 |

|                                           |                                    |                                                                                                                                      |   |
|-------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|                                           |                                    | Forecast) an                                                                                                                         |   |
| 76                                        | Uhr/Kalender                       | ... bietet eine Uhr und/oder eine Kalenderfunktion                                                                                   | 4 |
| 77                                        | Unterstützende Dienste             | ... AAL, Notruf usw.                                                                                                                 | 4 |
| <b>Adaptivität Benutzer</b>               |                                    |                                                                                                                                      |   |
| 78                                        | Benutzergruppen                    | ...bietet die Möglichkeit für verschiedene Benutzergruppen anders auszusehen                                                         | 4 |
| 79                                        | Benutzertypen                      | ... bietet die Möglichkeit sich für verschiedenen Benutzertypen anders zu verhalten (Rechner, Spieler, Grüne)                        | 5 |
| 80                                        | Sprachen                           | ...ist für verschiedene Sprachen ausgelegt                                                                                           | 6 |
| 81                                        | Junge Leute                        | ... bietet eine spezielle Oberfläche und Funktionen für junge Leute                                                                  | 3 |
| 82                                        | Familien                           | ... bietet eine spezielle Oberfläche und Funktionen für Familien                                                                     | 3 |
| 83                                        | Ältere Leute                       | ... bietet eine spezielle Oberfläche und Funktionen für ältere Leute                                                                 | 3 |
| 84                                        | Technik-Fremde                     | ... bietet eine spezielle Oberfläche und Funktionen für Leute, die nichts mit Technik anfangen können                                | 5 |
| 85                                        | Geeks                              | ... bietet spezielle Möglichkeiten für Technik affine Leute, die gerne selbst Hand anlegen                                           | 2 |
| 86                                        | Lernfähig                          | ... kann von den Benutzern lernen und entsprechend reagieren                                                                         | 3 |
| <b>Interaktivität / Kontrolle</b>         |                                    |                                                                                                                                      |   |
| 87                                        | Interaktiv allgemein               | ...zeigt nicht nur an, sondern ist interaktiv aufgebaut, so dass der Benutzer gewisse Einstellungen oder Aktionen vornehmen kann     | 6 |
| 88                                        | Interaktiv Ansichten               | ...der Benutzer kann selbst aus bestimmten Ansichten auswählen, bzw. Zeitskalen etc. wählen                                          | 5 |
| 89                                        | Interaktiv Hilfe                   | ... bietet ein interaktives Hilfesystem                                                                                              | 4 |
| 90                                        | Interaktiv Kontakt                 | ... erlaubt es, Kontakt mit dem EVU aufzunehmen und fragen zu stellen, bzw. Feedback zu geben                                        | 5 |
| 91                                        | Kontrolle/Steuerung                | ...kann auch als Steuerungsgerät (Fernbedienung, Haussteuerung) eingesetzt werden, bzw. kann Geräte schalten                         | 3 |
| 92                                        | Kontrolle haptische Bedienelemente | ...kann über haptische Bedienelemente wie Knöpfe, Schieber, Räder etc. bedient werden                                                | 2 |
| 93                                        | Kontrolle Touch                    | ... kann über Touchscreens bedient werden                                                                                            | 5 |
| 94                                        | Kontrolle Multitouch               | ... kann über Multitouchscreens bedient werden                                                                                       | 2 |
| 95                                        | Kontrolle Tastatur/Maus            | ... kann über Tastatur und Maus bedient werden                                                                                       | 2 |
| 96                                        | Kontrolle Gesten                   | ... kann über Gesten gesteuert werden                                                                                                | 1 |
| 97                                        | Kontrolle Sprache                  | ... kann über die Sprache gesteuert werden                                                                                           | 1 |
| <b>Speicherung</b>                        |                                    |                                                                                                                                      |   |
| 98                                        | Lokale Speicherung                 | ...speichert die Daten nur lokal                                                                                                     | 2 |
| 99                                        | Backup                             | ...erlaubt ein Backup der lokal gespeicherten Daten                                                                                  | 5 |
| 100                                       | Fernspeicherung                    | ...überträgt die Daten zur fernen Speicherung                                                                                        | 2 |
| <b>Erweiterbarkeit und Schnittstellen</b> |                                    |                                                                                                                                      |   |
| 101                                       | Web Interface                      | ...bietet ein Webinterface an                                                                                                        | 3 |
| 102                                       | Web Services                       | ...bietet eine WebServices Schnittstelle an                                                                                          | 2 |
| 103                                       | Internet                           | ...ist extern mit dem Internet verbunden                                                                                             | 5 |
| 104                                       | Existierende Web-Dienste           | ...nutzt existierende Dienste und Schnittstellen aus dem Internet (Twitter, Facebook, Blogs, Google PowerMeter, Wetterdaten und Co.) | 3 |
| 105                                       | Existierende Applikationen         | ...nutzt Schnittstellen zu existierenden Applikationen wie SAP, MS Office etc.                                                       | 3 |
| 106                                       | Import/Export                      | ...bietet Funktionen zum Importieren und Exportieren der Energiedaten an                                                             | 4 |

|                                      |                               |                                                                                                                                                        |   |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 107                                  | HW Modular                    | ...besitzt Hardwarekomponenten, die modular aufgebaut sind (z.B. Kommunikationspart)                                                                   | 5 |
| 108                                  | SW Modular                    | ...besitzt Softwarekomponenten, die einfach austauschbar und erweiterbar sind                                                                          | 6 |
| 109                                  | Automation                    | ... bietet Schnittstellen zur Einbindung in eine Heimautomationsanlage                                                                                 | 3 |
| 110                                  | Lastkontrolle- und Management | ... sieht Erweiterungsmöglichkeiten für Lastkontroll- und Demand Response Funktionen vor                                                               | 3 |
| 111                                  | Tarifanzeige                  | Anzeige verschiedener Tarife oder einfache „Ampelanzeige“ ob die Energie jetzt gerade günstig oder teuer ist und wann der nächste Tarifwechsel ansteht | 3 |
| 112                                  | Prepaid                       | ... sieht Erweiterungsmöglichkeiten für Prepaid-Metering vor                                                                                           | 1 |
| 113                                  | Microgeneration               | ...kann so erweitert werden, dass auch lokal erzeugte Energie angezeigt werden kann                                                                    | 3 |
| 114                                  | Unabhängigkeit                | ...ist unabhängig von der Technologie der Energiemessung                                                                                               | 3 |
| 115                                  | Standards                     | ...basiert auf internationalen Standards                                                                                                               | 3 |
| <b>Konfiguration und Wartbarkeit</b> |                               |                                                                                                                                                        |   |
| 116                                  | Plug'n'Play                   | ...ist so einfach zu installieren, dass man es nur einzustecken braucht und es läuft                                                                   | 6 |
| 117                                  | Systemparameter               | ... erlaubt das Verändern von Systemparametern                                                                                                         | 3 |
| 118                                  | Unterhalt                     | ... erfordert keine spezielle Wartung oder Aktionen wie Batteriewechsel durch den Kunden                                                               | 6 |
| 119                                  | Updates                       | ... kann von Fern aktualisiert werden                                                                                                                  | 5 |
| <b>Eigenverbrauch</b>                |                               |                                                                                                                                                        |   |
| 120                                  | Betriebsmodis                 | ...unterstützt verschiedene Betriebsmodis und kann sich den Gegebenheiten anpassen (und sich in einen anderen Modus versetzen).                        | 5 |
| 121                                  | Energiebedarf                 | ...benötigt selbst sehr wenig Energie                                                                                                                  | 5 |
| 122                                  | Energyharvesting              | ... kann die benötigte Energie selbst erzeugen                                                                                                         | 2 |
| <b>Sicherheit</b>                    |                               |                                                                                                                                                        |   |
| 123                                  | Sicherheit Übertragung        | ...überträgt die Daten verschlüsselt                                                                                                                   | 3 |
| 124                                  | Sicherheit Speicherung        | ...speichert die Daten verschlüsselt                                                                                                                   | 5 |
| 125                                  | Sicherheit Signatur           | ...signiert die Daten, damit sie nicht unbemerkt verändert werden können                                                                               | 3 |
| 126                                  | Anonymisierte Daten           | ...anonymisiert alle Daten, die das Haus verlassen                                                                                                     | 3 |
| 127                                  | Zugriffschutz                 | ...bietet einen Schutz auf den Zugriff der gespeicherten Daten                                                                                         | 5 |
| <b>Kosten</b>                        |                               |                                                                                                                                                        |   |
| 128                                  | Billig Segment                | <= 100 Fr.                                                                                                                                             | 2 |
| 129                                  | Unteres Segment               | 100-300 Fr.                                                                                                                                            | 5 |
| 130                                  | Mittleres Segment             | 300-500 Fr.                                                                                                                                            | 5 |
| 131                                  | Oberes Segment                | 500-1500 Fr.                                                                                                                                           | 4 |
| 132                                  | Luxus Segment                 | > 1500 Fr.                                                                                                                                             | 2 |

**Tabelle 16:** Potentielle Systemfeatures

# Systemkonzept

## Einführung

Nachdem in den vorhergehenden Kapiteln die wichtigsten Aspekte rund um Feedbacksysteme betrachtet wurden, sollen in diesem Kapitel anhand der gewonnenen Erkenntnisse konkrete Konzepte für die Umsetzung entwickelt werden. Die definitiven Systemfeatures des Wunschsystems werden präsentiert, die Komponenten aufgelistet und verschiedene Systemarchitekturen evaluiert. Schliesslich werden 3 Systemvorschläge skizziert. Sie reichen von einfachen, günstigen, heute relativ schnell realisierbaren Varianten bis zu einer allumfassenden SmartHome Variante, die sich erst in einigen Jahren wirtschaftlich umsetzen lässt.

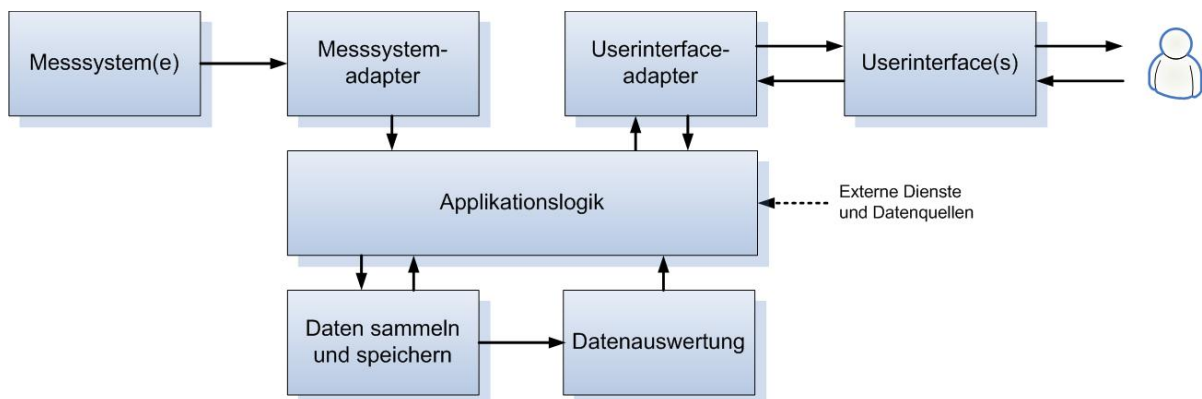
## Definitive Systemfeatures

Grundsätzlich soll das fertige MEGA System all jene Systemfeatures enthalten, die in der Tabelle 16 mit den Prioritäten 5 und 6 bewertet und blau eingefärbt wurden.

Die eingefärbten Features beziehen sich auf das Wunschsystem. Es kann also durchaus sein, dass die einfacheren der nachfolgend vorgeschlagenen Systemvarianten nicht alle Features implementieren werden, bzw. die weniger essentiellen Features im Sinne eines interaktiv inkrementellen Vorgehens erst später hinzugefügt werden.

## Systemkomponenten

Die untenstehende Abbildung zeigt das System aus logischer Sicht bestehend aus 5 Systemkomponenten.



Figur 16: Systemkomponenten

- **Messsystem(e):** Messen die Energie physikalisch und kommunizieren sie weiter.
- **Messsystemadapter:** Wandeln die Daten physikalisch und logisch so um, dass sie von der MEGA Applikation gespeichert und verarbeitet werden können.
- **Applikationslogik:** Beinhaltet die eigentliche MEGA Applikation. Nimmt Daten vom Messsystem entgegen und übergibt sie der Speicherinstanz. Holt Daten aus der Datenauswertung und leitet sie weiter an den Userinterfaceadapter. Reagiert auf Benutzereingaben und bindet externe Dienste ein. Die Applikation muss nicht zwingend monolithisch sein, sie kann auch im System verteilt sein.

- **Daten sammeln und speichern:** Speichert die Daten sicher und bietet Zugriff darauf. Auch der Datenkollektor bzw. Speicher kann sich auf verschiedene Hardwareinstanzen verteilen, falls nötig.
- **Datenauswertung:** Filterung und intelligente Auswertung der Daten mittels Methoden der künstlichen Intelligenz.
- **Userinterfaceadapter:** Anpassen der Daten an verschiedene Instanzen von Ausgabegeräten, Aufbereitung der Daten zur Visualisierung und Weiterleiten von Benutzereingaben.
- **Userinterfaces:** Grafische Benutzeroberfläche(n) auf verschiedenen Ausgabegeräten. Ausgabe der Visualisierung und Benutzerinteraktion.

## Systemarchitekturen

Als Erstes sollen die möglichen Systemarchitekturen bestimmt und evaluiert werden. Die untenstehende Tabelle stellt einen morphologischen Kasten dar, der die verschiedenen Varianten auf relativ hohem Abstraktionsniveau wiedergibt. Die einzelnen Aspekte sowie die wichtigsten Varianten für jeden Aspekt werden in diesem Abschnitt näher erläutert

| Aspekt                                 | Variante 1      | Variante 2              | Variante 3               | Variante 4                | Variante 5          |
|----------------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|
| <b>Dediziertes Feedback Display</b>    | Kein Display    | 1 Display               | 1..n Displays            |                           |                     |
| <b>Existierende Geräte als Display</b> | Keine           | PC                      | Mobilgeräte              | Andere (TV...)            |                     |
| <b>Lokaler Server oder Speicher</b>    | Kein Server     | MEGA-Server im Display  | Dedizierter MEGA-Server  | Fremd-Server              |                     |
| <b>Adapter zu Messsystem</b>           | Keine Adapter   | MEGA-Server als Plug-In | Dedizierter MEGA-Gateway | Dedizierter Fremd-Gateway | In jedem Messsystem |
| <b>Messsystem</b>                      | Kein Messsystem | MEGA-Messsystem         | 1 Fremd-messsystem       | 1..n Fremd-messsysteme    |                     |
| <b>Internetanbindung</b>               | Nein            | Bestehende Leitung      | MEGA Leitung             | Fremdleitung              |                     |
| <b>Remote Server</b>                   | Kein Server     | MEGA-Server             | Fremd-Server             |                           |                     |

**Tabelle 17:** Systemarchitekturvarianten

**Dediziertes Feedback Display:** Soll das System neue Geräte für das Feedback einführen oder nicht? Darunter versteht man Energiedisplays oder auch Ambientgeräte, die irgendwo im Haushalt platziert werden können und die die Energie direkt und in Echtzeit anzeigen. Zum einen haben Versuche gezeigt, dass solche Geräte recht wirkungsvoll sind, zum anderen verursachen sie Mehrkosten und ausserdem „steht ein Gerät mehr im Haushalt herum“. Es stellt sich die Frage, ob neue, dedizierte Geräte auch gekauft und (lohnend) eingesetzt werden? Etwas anders sieht die Situation aus, wenn man bereits im Haushalt existierende Geräte verwenden kann oder ein neues Display als Multifunktionsgerät auslegt. Wenn man sich für ein neues Gerät entscheidet muss man entscheiden, ob man auch mehrere solcher Displays im System zulassen will?

- **Vorteile** dediziertes Display
  - Direktes Feedback in Echtzeit
  - Push, d.h. Energiedaten immer präsent
  - Kann als Multifunktionsgerät andere Dienste anbieten

- Je nachdem attraktiv um Kunden zu werben (zu binden) oder neue Geschäftsmodelle anzupreisen
- **Nachteile** dediziertes Display
  - Verursacht Mehrkosten
  - Erhöht Systemkomplexität (muss eingebunden, konfiguriert werden etc.)
  - Akzeptanz und Nachhaltigkeit nicht per se gegeben
  - Benötigt selbst Energie
  - Ein Gerät mehr im Haushalt

**Existierende Geräte als Display:** Soll es möglich sein, im Haushalt bereits existierende Geräte für das Feedback zu verwenden? Beim PC und beim Mobiltelefon ist das ohne grösseren Aufwand über eine darauf installierte Applikation oder eine Weboberfläche möglich. Bei anderen Anzeigegeräten wie einem TV ist das heute noch eher umständlich oder nur mit Hilfe von Zusatzkomponenten realisierbar. Weiter ist es so, dass bei den aufgezählten Geräten in der Regel mehr Aktivität und Eigeninitiative (pull) vom Bewohner gefordert wird, als beim dedizierten Energiedisplay (push).

- **Vorteile existierende Displaygeräte**
  - Existierende Infrastruktur und gewohnte Geräte können wiederverwendet werden (Synergieeffekte, Komfort)
  - Keine zusätzlichen Geräte notwendig
  - Mehrere Zugangsmöglichkeiten, um an Energiedaten zu gelangen
  - Geräte mit verschiedenen Eigenschaften zur Bedienung und Visualisierung (verschiedene Displaygrössen, Eingabemöglichkeiten etc.)
  - Möglichkeiten von extern auf die Daten zuzugreifen
- **Nachteile existierende Displaygeräte**
  - Der Konsument muss sich die Daten holen (pull)
  - Aufwand, um die Bedienanwendung auf verschiedene Clients zu portieren
  - Bedingung, dass alle Haushalte über solche Geräte verfügen nicht zwingend gegeben
  - Einige vielversprechenden Geräte sind noch nicht soweit, dass sie ohne Zusatzkomponenten (Settop Box für TV) in ein Netzwerk eingebunden und zur Visualisierung verwendet werden können

**Lokaler Server oder Speicher:** Eine weitere Designentscheidung, die es zu treffen gilt, befasst sich damit, ob man lokal (d.h. in jedem Haushalt oder pro Haus) eine Serverkomponente benötigt oder nicht. Der Server kann Daten sammeln, zwischenspeichern, Auswertungen vornehmen und relativ schnell wieder zur Verfügung stellen. Die Hardware kann relativ klein sein. Es ist also auch möglich, dass man ein Energiedisplay mit der nötigen Software ausstattet, um als Server im Haushalt zu fungieren. Neben der höheren Verfügbarkeit der Daten ist durch einen lokalen Server auch eine höhere Datensicherheit gewährleistet, wenn die Daten innerhalb des Hauses bleiben. Entscheidet man sich für einen lokalen Server so stellt sich die Frage, ob man für MEGA einen eigenen Server entwickeln soll oder ob die Möglichkeit besteht, sich an einem Fremdsystem anzuhängen. Neue Varianten ergeben sich hier mit dem Aufkommen von SmartMetering Lösungen, die ihrerseits eigene konnektiven Gateways und Datenkollektoren in den Haushalten platzieren. Die Alternative zu einer lokalen Variante ist ein Server ausserhalb des Hauses beim EVU oder einem externen Internet Host. So oder so ist jedoch innerhalb des Hauses eine

Komponente (Gateway, Modem...) erforderlich, die die Verbindung nach aussen herstellt und gegen innen mit dem Messsystem kommuniziert.

- **Vorteile lokaler Server**

- Höhere Verfügbarkeit der Daten
- Höhere Datensicherheit
- Keine (konstante) Netzwerkverbindung nach aussen erforderlich
- Kann gleichzeitig auch Gateway zum Messsystem sein

- **Nachteile lokaler Server**

- Höhere Kosten (je nach Systemansatz)
- Aufwand, den Server in das System zu integrieren

**Adapter zu Messsystem:** Bei diesem Element geht es darum zu bestimmen, ob und wie das Energiemesssystem an das MEGA-System angepasst werden muss. Das gilt sowohl für die physikalischen wie auch für die logischen (Software) Schnittstellen. Die Entscheidung hängt vor allem davon ab, wie das Messsystem selbst aussieht (nächster Punkt). Die verschiedenen Varianten sehen aus unserer Sicht folgendermassen aus:

- **Keine Adapter:** Ist eigentlich nur möglich, wenn das MEGA System die Schnittstellen zu einem fremden Messsystem direkt unterstützt oder ein eigenes MEGA Messsystem entwickelt wird.
- **MEGA-Server als Plug-In:** Die Umwandlung erfolgt auf der Seite des MEGA-Systems. Das geschieht über modulare, austauschbare Plug-Ins im MEGA-Server.
- **Dedizierte(r) MEGA-Gateway(s):** Die Umwandlung erfolgt auf der Seite des MEGA-Systems. Es werden eigene Gatewaykomponenten entwickelt, die eine Verbindung zu den Messsystemen herstellen.
- **Dedizierte(r) Fremd-Gateway(s):** Die Umwandlung erfolgt auf der Seite der Messsysteme. Man geht also davon aus, dass man in MEGA keine besonderen Aufwände dafür treiben muss, sondern die Daten in einem verwertbaren Format vorliegen (z.B. IP Schnittstelle oder ZigBee Smart Energy Profile).
- **In jedem Messsystem:** Die Umwandlung erfolgt auf der Seite der Messsysteme. Jedes Messsystem stellt die Daten in einem für MEGA verwertbaren Format zur Verfügung.

**Messsystem:** Das Messsystem misst die Energie und stellt die gemessenen Daten MEGA zur Verfügung. Eine mögliche Designvariante wäre es, ein eigenes Messsystem für MEGA zu entwickeln. Andererseits könnte man auch eine bestehende Technologie verwenden. Oder man sieht eine Kombination mehrerer Messsysteme vor, je nachdem was sich gerade im Haushalt anbietet. Durch ein Plug-In Konzept könnte sich das MEGA System in bestehende Systeme einklinken.

- **Vorteile MEGA Messsystem**

- Spezifisch für das MEGA System anpassbar und optimierbar
- Messung einzelner Verbraucher und verschiedener Energieformen möglich
- Eindeutige Schnittstellen
- Unabhängigkeit von Fremdanbietern

- **Nachteile MEGA Messsystem**

- Aufwand und Kosten
- Evtl. nicht Standard konform (je nach Ansatz)

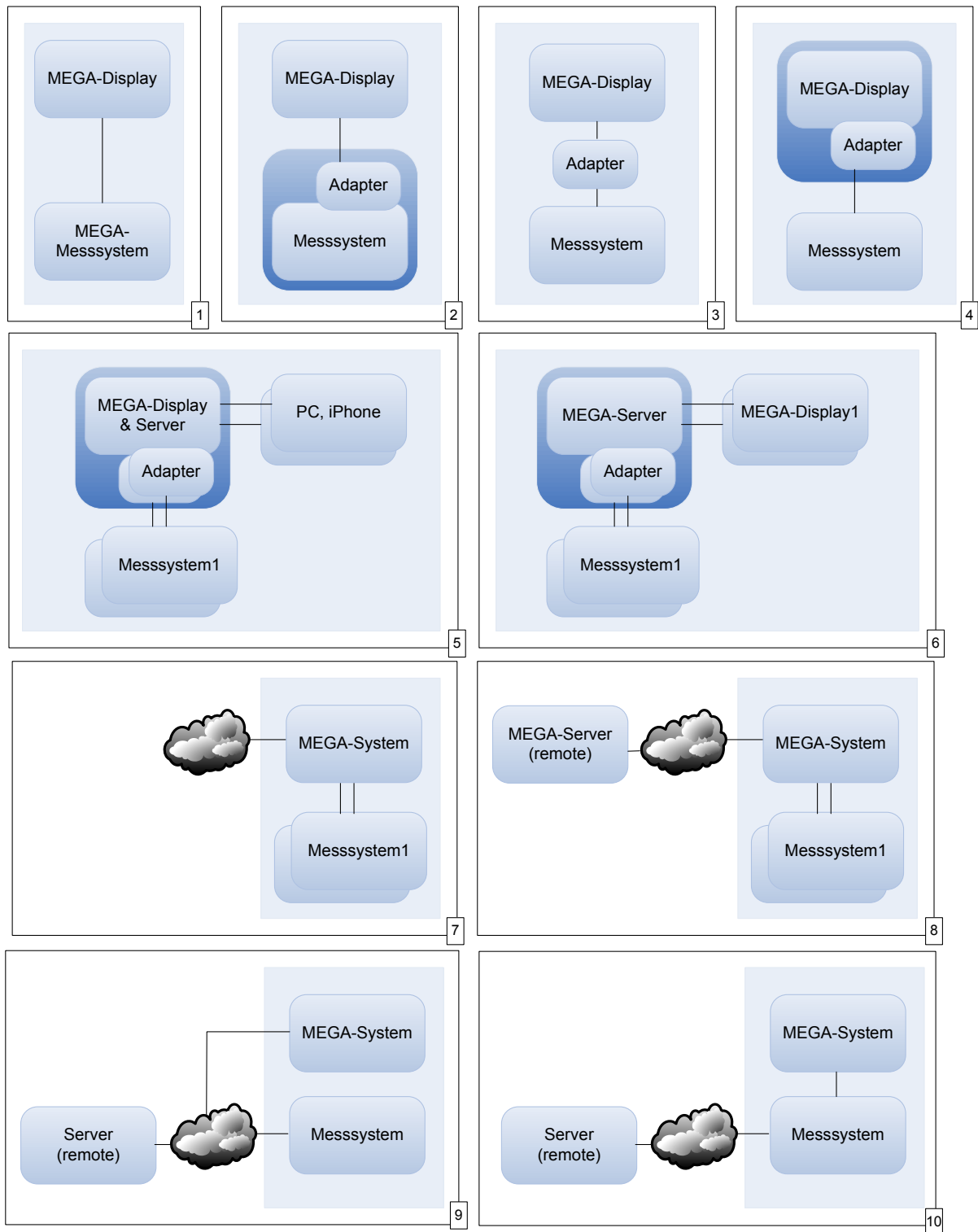
**Internetanbindung:** Ein Energie-Feedbacksystem kann rein lokal funktionieren. Wenn das Konzept jedoch einen externen Server vorsieht oder das System Informationen bzw. Dienste von aussen benötigt, ist eine Internetverbindung unumgänglich. Es liegt sicher auch im Interesse des Anbieters bzw. des Betreibers eines MEGA-Systems, einen Link zu den Kunden zu haben. Über diesen können zusätzliche Dienste angeboten werden oder er kann dazu verwendet werden, den Kunden besser kennen zu lernen sowie Support zu bieten. Mit einer Internetanbindung erhöht sich allerdings auch das Sicherheitsrisiko. Ausserdem muss entschieden werden, ob eine Internetanbindung für das System vorausgesetzt, eine Fremdleitung angezapft (e.g. SmartMetering AML) oder gar eine eigene Leitung für MEGA aufgebaut wird. Wenn das System über eine existierende Verbindung kommuniziert (ADSL, Cable, FTTH), so kann man nicht davon ausgehen, dass diese jederzeit zur Verfügung steht und zuverlässig arbeitet (der Kunde kann z.B. sein Modem jederzeit ausschalten).

- **Vorteile** Internetanbindung
  - Möglichkeit für externe Dienste, Informationen, Support (Kundenkontakt) etc.
  - Sammeln und Auswerten von spezifischen Kundendaten (auf Betreiberseite)
  - Möglichkeit zur Kombination mit Smart Metering Systemen und deren Vorteilen bezüglich Fernablesung, Last Management, Pricing etc.
  - Remoteupdates
- **Nachteile** Internetanbindung
  - Kosten
  - Sicherheits- und Privacyaspekte
  - Bedingt eine stehende Internetleitung

**Remote Server:** Wenn eine Internetverbindung besteht, liegt die Entscheidung nahe, einen Server zu betreiben, der Kontakt zu den verschiedenen MEGA-Systemen in den Haushalten aufnimmt. Dies erlaubt ihm, Daten abzufragen, Auswertungen über alle Haushalte hinweg zu vorzunehmen und Dienste anzubieten, die z.B. auch auf Communities basieren können (theoretisch könnte man sich für diese Dienste auch vorstellen ein Peer-to-Peer Netzwerk zwischen den lokalen MEGA Servern aufzubauen. Aber diese Möglichkeit soll hier nicht näher untersucht werden).

Auch hier stellt sich die Frage, ob für MEGA ein eigener Server entwickelt werden soll oder ob man vielleicht einen bereits (z.B. bei einem EVU) existierenden Server dazu verwenden kann. Schliesslich gibt es auch die Möglichkeit einer Internetanbindung ohne Server. Die Leitung erlaubt es dem System, auf existierende Internetdienste (Wetter, Twitter etc.) zuzugreifen. Ausserdem kann von aussen (z.B. über einen Browser) auf das System im Haushalt zugegriffen werden, um es dem Kunden zu erlauben, seine Energiedaten von auswärts anzuschauen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Auswahl der oben beschriebenen Systemvarianten.



**Figur 17:** Auswahl möglicher Systemvarianten

## Systemvorschläge

In diesem Abschnitt werden 4 Vorschläge für technisch umsetzbare Feedbacksysteme gegeben

1. **Prototyp im iHomeLab:** System zum Einsatz als Demonstrator im iHomeLab
2. **Smart Metering Ansatz:** Setzt einen Smart Meter im Haushalt voraus
3. **Dedizierte Einzelverbrauchsmessung:** Bietet Daten aufgeschlüsselt nach Verbraucher
4. **Smart Home Ansatz:** MEGA in einem komplett vernetzten Heim

### Prototyp im iHomeLab

#### Einführung

Für das Projekt MEGA wurde die Realisierung eines Feedbacksystems im iHomeLab geplant. Das iHomeLab eignet sich ideal als Testumgebung und Showroom für die in MEGA gewonnen Erkenntnisse. Die iHomeLab-Infrastruktur verfügt über verschiedene Smart Meter und ist - durch die Vernetzung mit KNX und die entsprechenden Aktoren - in der Lage, für beinahe jede Steckdose den Strom zu messen. Die Informationen können über das Netzwerk bezogen, verarbeitet und auf einem TV Gerät präsentiert werden. Ausserdem besteht die Möglichkeit, das Ganze auf einem Webserver über das Internet zur Verfügung zu stellen.

#### Annahmen

- Die gesamte Infrastruktur des iHomeLab steht für den MEGA-Prototyp zur Verfügung

#### Eigenschaften

- Der präzise Gesamtverbrauch (kW, kWh) wird von einem Smart Meter (Landis+Gyr oder Hager) im 5-Sekundentakt zur Verfügung gestellt (pull).
- Einzelwerte (Ampère) werden periodisch (~1s) von den KNX Aktoren über den Bus abgeholt. Dies geschieht aber nur in einem Modus, in dem die Visualisierung aktiv ist, sonst genügt es, die Werte im 10s Takt abzuholen. Im Ganzen sind 80 Aktoren verfügbar, für den Prototyp werden ~10 davon verwendet.
- Die Visualisierung geschieht auf dem TV-Bildschirm beim EnergyEfficiency Kubus.
- Der Server (Speicherung, Auswertung, Aufbereitung) läuft auf einem iHomeLab-PC

#### Optionen und Varianten

- Den L+G Gaszähler in das System einbinden, der sich im iHomeLab befindet
- MEGA mit digitalSTROM kombinieren, sobald die Technologie verfügbar ist
- Schnittstelle zur Automation
- Anwesenheitsdetektoren einbeziehen, um den System-Modus umzuschalten
- Webserver, um die Visualisierung im Browser lokal oder über das Internet anzubieten
- Internetdienste einbinden
- Lounge-Beamer und/oder Spiegeldisplay als Visualisierungseinheit mit einbeziehen

## Technologien

Wenn es mehrere Optionen gibt, wird grundsätzlich als erstes die Option 1 implementiert.

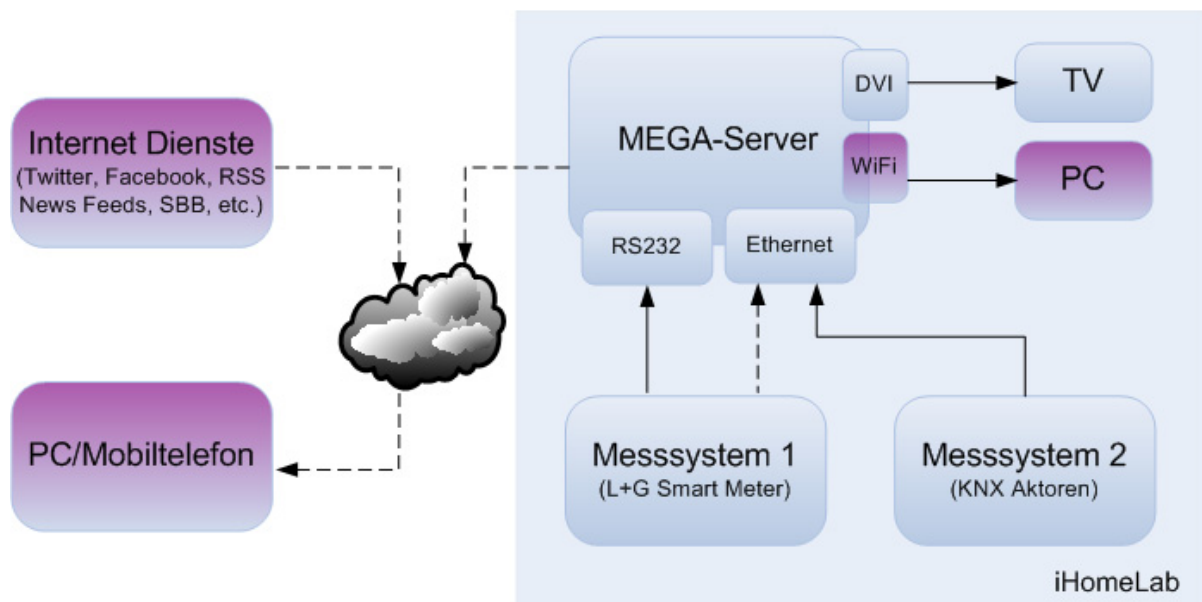
- **Kommunikationstechnologien Messsystem zu MEGA Server**
- **Smart Meter**
  - **Option 1 Drahtgebunden: RS232, Ethernet** Hardwareschnittstelle für die Kommunikation zwischen dem Smart Meter und dem MEGA Server. Protokoll: **IEC61107**
  - **Option 2 Drahtlos: ZigBee oder M-Bus** für Kommunikation zwischen L+G Zähler und dem MEGA Server
  - **Option 3 Drahtlos: KNX-RF** für die Kommunikation zwischen dem Hager Zähler und dem MEGA Server
- **Einzelverbrauchsmesssystem**
  - **Option 1 Drahtgebunden: Ethernet KNX über IP** (IP Gateway) für die Kommunikation zwischen den Aktoren und dem MEGA Server
  - **Option 2 Drahtgebunden: Ethernet** für die Kommunikation zwischen dem digitalSTROM DSS und dem MEGA Server
- **Kommunikationstechnologien PC/Mobiltelefon zu MEGA System**
  - **WiFi** für den Webzugriff vom PC/Mobiltelefon auf den MEGA Server für **lokalen** Zugriff
  - **Internetbreitbandanschluss** für den Webzugriff von **extern**
- **MEGA-Server**
  - **SQL Server Datenbank** für die Speicherung der Daten
  - **Java** für die Applikation auf dem Server
  - **Flash** für die Applikation auf dem Client

## Architektur

Bezogen auf die zuvor vorgestellten Systemarchitekturen sieht dieser Vorschlag so aus (Blau: Minimum Anforderung Violett: Optionen)

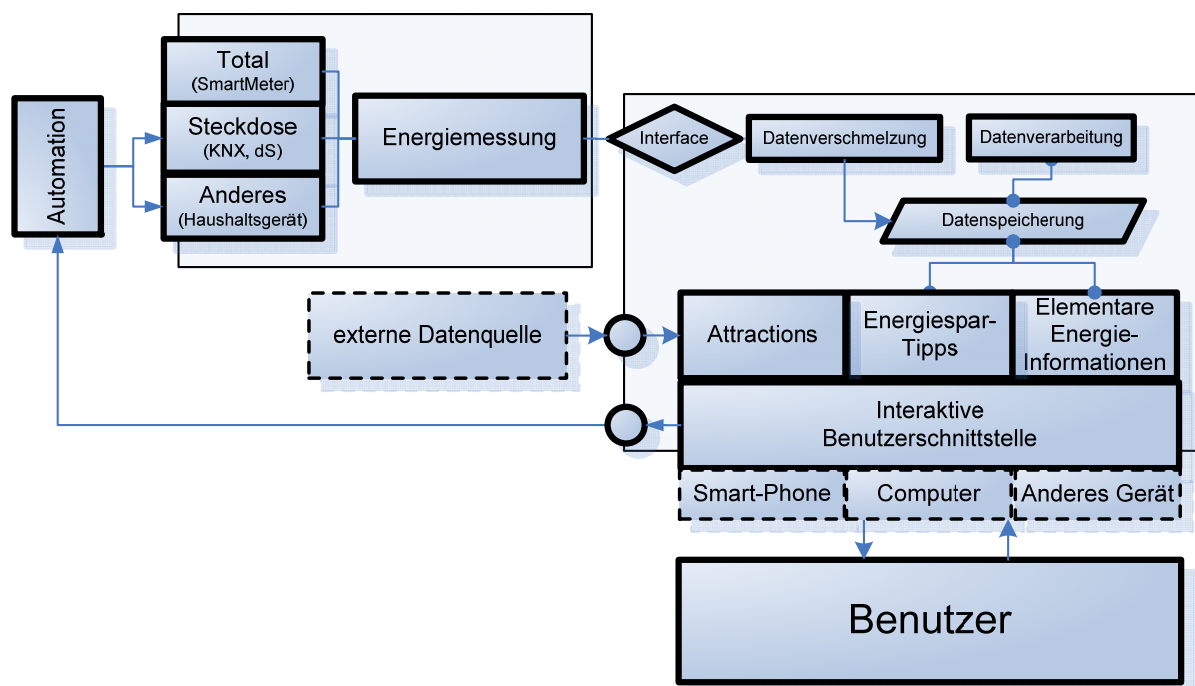
| Element                         | Lösungen                                   |                                    |
|---------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|
| Dediziertes Feedback Display    | Keines                                     |                                    |
| Existierende Geräte als Display | TV                                         | PC, Mobiltelefon (Beamer, Spiegel) |
| Lokaler Server oder Speicher    | Dediz. MEGA-Server                         |                                    |
| Adapter zu Messsystem           | MEGA-Server als Plug-In RS232/Ethernet/KNX | ZigBee, M-BUS, KNX-RF              |
| Messsystem                      | 2 Fremdmesssysteme SmartMeter, KNX         | 3 Fremdmesssysteme + digitalSTROM  |
| Internetanbindung               | Nein                                       | Bestehende Leitung                 |
| Remote Server                   | Nein                                       |                                    |

Tabelle 18: iHomeLab Prototyp Architektur



**Figur 18:** iHomeLab Prototyp Architektur

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Design des Prototyps im Detail. Vor allem sieht man rechts die einzelnen Funktionen des MEGA-Servers, der die Daten speichert, verarbeitet und auch anzeigt (inkl. Energiespartipps).



**Figur 19:** iHomeLab Prototyp Design Details

## Smart Metering Ansatz

### Einführung

Dieses Szenario geht davon aus, dass eine Smart Metering Infrastruktur im Haushalt vorhanden ist. Es wird also flächendeckend erst in einigen Jahren umgesetzt werden können. Als Aktion für interessierte Haushalte oder in Feldversuchen innerhalb von einzelnen Quartieren kann es aber relativ schnell umgesetzt werden. Im Prinzip basiert der Vorschlag auf dem YellowStrom Modell (*Anhang B: 12 EnBW und Yello*). Neben dem Feedback über ein lokales Display, wie im einfachsten Fall vorgesehen, sind je nach Ausbaustufe auch alle anderen Funktionen eines AML denkbar (Fernauslesung, Lastkontrolle, spezielle Tarife usw.).

### Annahmen

- Ein Smart Meter (Elektrizitätszähler) mit einem Kommunikationsmodul ist installiert
- Über drahtlose Kommunikation (evtl. in Kombination mit einer PLC-Technologie) ist der im Keller installierte Smart Meter vom Haushalt aus erreichbar

### Eigenschaften

- Ein Display wird zur direkten Visualisierung eingesetzt
- Ein Webinterface ermöglicht den Zugriff auf die Daten über den Browser eines PCs oder ein Mobiltelefons (lokal und evtl. auch von fern).
- Es wird der Gesamtverbrauch dargestellt
- Der Smart Meter stellt Werte im Sekundentakt zur Verfügung

### Optionen und Varianten

- Verbindung zum Internet und Server beim EVU. Alle 15 Minuten werden die lokalen Daten zum EVU übertragen. Ausserdem bietet der Server externe Dienste an.
- Submetering: Gas, Wärme, Wasser
- Smart Metering Funktionen (Lastkontrolle...)

### Technologien

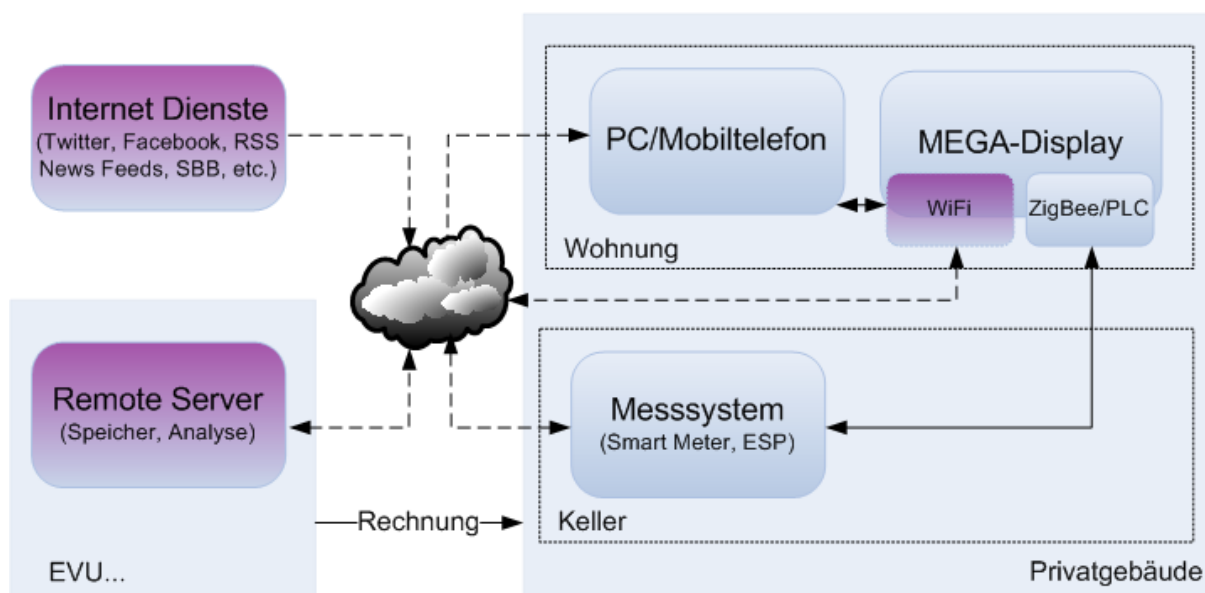
- Smart Meter
- Kommunikationstechnologien Messsystem zu MEGA Display/Server
  - **Option 1:** ZigBee kompatibel mit dem Smart Energy Profil als Kommunikationsstandard zwischen SmartMeter und Display
  - **Andere Optionen:** Wireless M-Bus oder KNX RF, je nach Smart Meter Hersteller.
  - Eine Technologie ähnlich **U-SNAP** wäre wünschenswert für den Einbau des Kommunikationsadapters im Display und evtl. auch im Smart Meter
  - **PLC** als optionale Möglichkeit vom Keller in die Wohnung zu gelangen (z.B. Watteco oder HomePlug)
- Kommunikationstechnologien PC/Mobiltelefon zu MEGA System
  - **Option 1:** WiFi für den Webzugriff vom PC oder Mobiltelefon auf den Server im Display bei einer lokalen Variante ohne Server beim EVU
  - **Option 2:** Internetbreitbandanschluss für den Webzugriff vom PC/Mobiltelefon bei der optionalen Variante mit einem Server beim EVU im Internet

- **Kommunikationstechnologien SmartMeter zu Remote Server.** Hier sollte erwähnt werden, dass es noch offen ist, wie die SmartMeter ihre Informationen nach aussen übermitteln. Sicher sollte es eine dedizierte Leitung sein, die unter der Kontrolle des EVU steht. Zur Debatte stehen: PLC, GPRS, FTTH.

#### Architektur

| Element                         | Lösungen                                                |                    |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|
| Dediziertes Feedback Display    | 1 Display                                               |                    |
| Existierende Geräte als Display | PC                                                      | Mobilgeräte        |
| Lokaler Server oder Speicher    | MEGA-Server im Display                                  |                    |
| Adapter zu Messsystem           | MEGA-Server als Plug-In<br><i>U-SNAP ZigBee, PLC...</i> |                    |
| Messsystem                      | 1 Fremdmesssystem<br><i>SmartMeter</i>                  |                    |
| Internetanbindung               | Nein                                                    | Bestehende Leitung |
| Remote Server                   | Kein Server                                             | AMI-Server         |

**Tabelle 19:** Smart Metering Architektur



**Figur 20:** SmartMetering Architektur

## Ansatz Dedizierte Einzelverbrauchsmessung

### Annahmen

Keine

### Eigenschaften

- Ein Display wird zur direkten Visualisierung eingesetzt
- Ein Webinterface ermöglicht den Zugriff auf die Daten über den Browser eines PCs oder eines Mobiltelefons (lokal oder von fern).
- Es werden der Gesamtverbrauch und Einzelverbrauchswerte im Sekundentakt dargestellt

### Optionen und Varianten

- Verbindung zum Internet und Server beim EVU. Alle 15 Minuten werden die lokalen Daten zum EVU übertragen. Ausserdem bietet der Server externe Dienste an.
- Submetering
- Gas, Wärme, Wasser
- Erweiterte Funktionen wie Lastkontrolle usw.

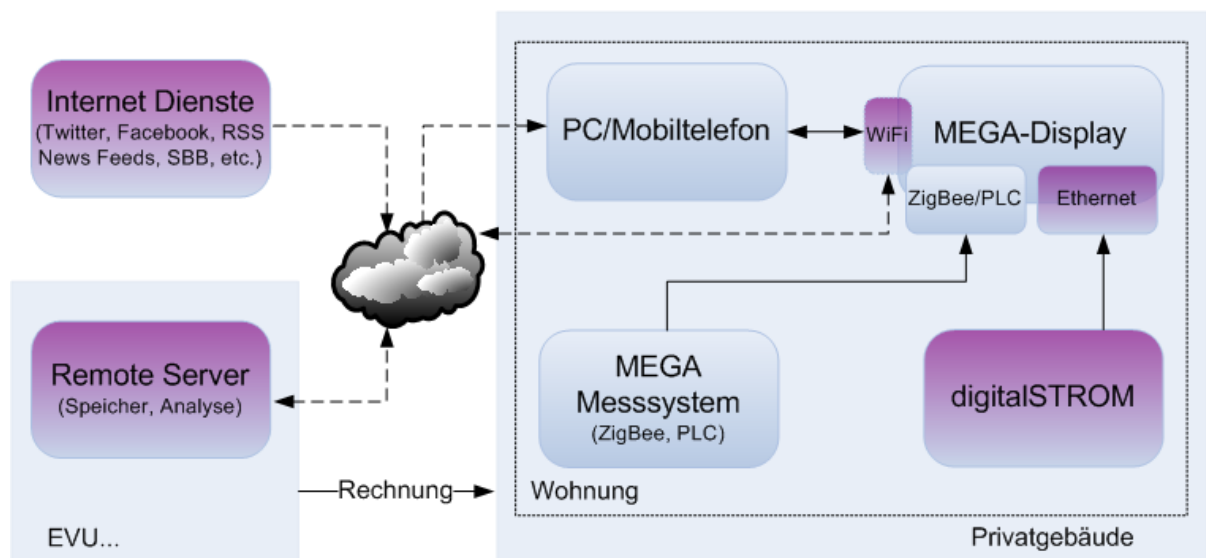
### Technologien

- **Einzelverbrauchszähler**
  - **Option 1:** Als separate Steckdosenzähler, die zwischen Steckdose und Verbraucher gesteckt werden (Plugwise Konzept)
  - **Option 2:** Als separate Lüsterklemme, die direkt am Verbraucher montiert wird (digitalSTROM Ansatz)
  - **Option 3:** Forschungsansatz über Fingerprinting der Universität Washington [60]
- **Kommunikationstechnologien Messsystem zu MEGA Display/Server**
  - **Option 1: ZigBee** kompatibel mit dem Smart Energy Profil als Kommunikations-Standard zwischen Zählern und Display.
  - **Option 2:** InHaus **PLC** Standard (z.B. HomePlug, Watteco) zur Kommunikation zwischen Zählern und Display.
  - **Option 3: Ethernet/WiFi** zur Kommunikation mit dem **digitalSTROM** Server und dem MEGA-Display
  - Eine Technologie ähnlich **U-SNAP** wäre wünschenswert für den Einbau des Kommunikationsadapters im Display
- **Kommunikationstechnologien PC/Mobiltelefon zu MEGA System**
  - **Option 1: WiFi** für den Webzugriff vom PC/Mobiltelefon auf den Server im Display bei einer lokalen Variante ohne Server beim EVU
  - **Option 2: Internetbreitbandanschluss** für den Webzugriff vom PC/Mobiltelefon mit einem Server beim EVU im Internet

## Architektur

| Element                         | Lösungen                                                                 |                                   |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Dediziertes Feedback Display    | 1 Display                                                                |                                   |
| Existierende Geräte als Display | PC                                                                       | Mobilgeräte                       |
| Lokaler Server oder Speicher    | MEGA-Server im Display                                                   |                                   |
| Adapter zu Messsystem           | MEGA-Server als Plug-In<br><i>U-SNAP mit ZigBee, Ethernet, PLC, WiFi</i> |                                   |
| Messsystem                      | MEGA-Messsystem<br>(ZigBee, PLC)                                         | 1 Fremdmesssystem<br>digitalSTROM |
| Internetanbindung               | Nein                                                                     | Bestehende Leitung                |
| Remote Server                   | Kein Server                                                              | MEGA-Server                       |

**Tabelle 20:** Architektur dedizierte Einzelverbrauchsmessung



**Figur 21:** Ansatz Dedizierte Einzelverbrauchsmessung

## Smart Home Ansatz

### Einführung

Dieser Ansatz spielt in einem Smart Home (*Trends und Grundlagen: Intelligentes Wohnen und Smart Homes*), wie man es heute erst in eher luxuriösen Eigenheimen vorfindet. Einige Optionen sind auch noch Zukunftsmusik. Die Hoffnung besteht, dass die Lösung in einigen Jahr-(zehnten) für jedermann erschwinglich oder gar zum Standard geworden ist. Im perfekten Smart Home sind alle Geräte durchgängig untereinander vernetzt und zugänglich. Die Verbraucher selbst, oder zumindest die Steckdosen, sind Energy-Aware. D.h. sie wissen zu jeder Zeit, wie viel Energie sie verbrauchen und können dieses Wissen mit den anderen Geräten im Smart Home teilen. Im Haus befindet sich ein Home Server, der für die Speicherung und Verarbeitung der Daten zuständig ist. Alle verfügbaren Anzeigegeräte können zur Visualisierung eingesetzt werden. Per Plug-and-Play sind alle Geräte im Haus erkenn- und steuerbar. Auch neue Geräte werden ohne Zutun des Benutzers erkannt und in das System eingebunden. MEGA ist voll in die Gebäudesteuerung integriert.

### Annahmen

- Jedes Gerät im Smart Home ist vernetzt und zugänglich
  - Alle Verbraucher sind Teil des Netzes (oder alle Steckdosen) sind „Energy-Aware“
  - Alle Anzeige- bzw. Präsentationsgeräte (PC, TV, Wandpanel, Fotorahmen, Mobiltelefon, Stereoanlage...) sind Teil des Netzes und können zur Visualisierung eingesetzt werden
- Es existiert ein Home Server, auf dem einfach neue Dienste installiert werden können
- Es existiert eine Smart Metering Infrastruktur
- Alle existierenden und neuen Geräte sind Plug-and-Play fähig (Haushaltsgeräte, Fernseher, Energiedisplay, Solaranlage, Elektroauto, etc.)

### Eigenschaften

- Es werden der Gesamtverbrauch und die Einzelverbrauchswerte in Echtzeit dargestellt
- Der Energieverbrauch kann angepasst auf den Benutzer auf jedem Gerät, das über eine Präsentationsmöglichkeit verfügt, dem Besucher vermittelt werden
- Alle Möglichkeiten der Gebäudesteuerung in Bezug auf Optimierung von Energieeffizienz und Kosten sind verfügbar
- Microgeneration, eMobility usw. sind Realität. Man produziert Energie lokal und das Auto kann als externer Speicher verwendet werden
- Es werden alle für MEGA identifizierten Features unterstützt

### Optionen und Varianten

- Keine

### Technologien

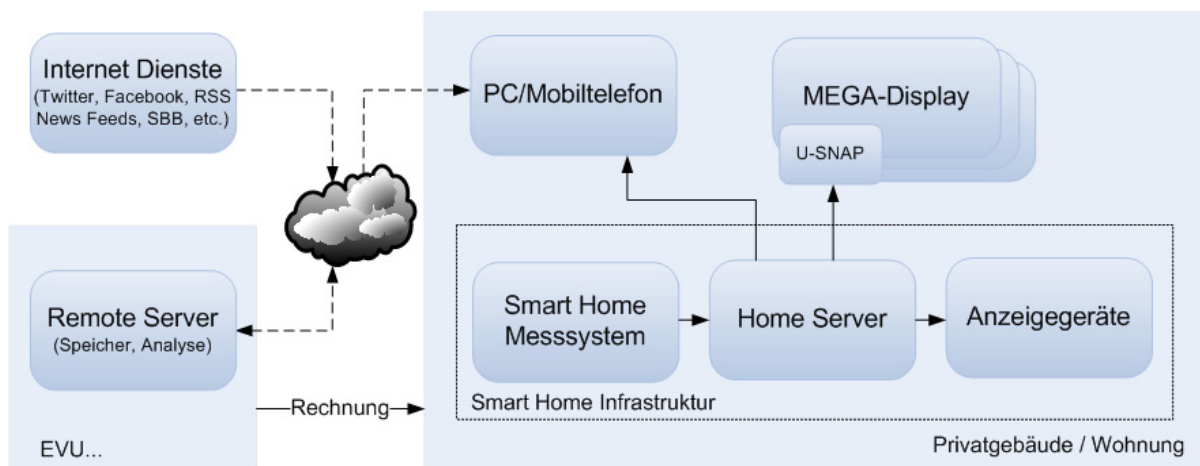
- Einzelverbrauchszähler
  - **Option 1:** Bereits eingebaut in den Steckdosen
  - **Option 2:** Bereits eingebaut in den Geräten
- Kommunikationstechnologien Messsystem zu MEGA Display/Server

- Eine Technologie ähnlich **U-SNAP** wird verwendet für den Einbau des Kommunikationsadapters im Display
- Kommunikationstechnologien PC/Mobiltelefon zu MEGA System
  - **WiFi** für den Webzugriff vom PC/Mobiltelefon auf den Server
- **Gebäudeautomation**
- **Plug-and-Play Protokolle**
- ...

## Architektur

| Element                         | Lösungen               |
|---------------------------------|------------------------|
| Dediziertes Feedback Display    | n Displays             |
| Existierende Geräte als Display | Alle                   |
| Lokaler Server oder Speicher    | Home Server            |
| Adapter zu Messsystem           | U-SNAP oder Ähnliches  |
| Messsystem                      | Smart Home Messsysteme |
| Internetanbindung               | Bestehende Leitung     |
| Remote Server                   | MEGA-Server            |

**Tabelle 21:** Architektur Smart Home



**Figur 22:** Architektur Smart Home

## Visualisierung & Interaction Konzept

Für die Visualisierung wurde mit Herrn Ralph Eichenberger ein Szenograf in das MEGA Projekt einbezogen. Seine Konzeptstudie der „Energy Cloud“ soll hier kurz vorgestellt werden. Das gesamte Konzept ist hier einzusehen [61].

### Einleitung

#### Die Zielsetzungen

Die Ziele des Forschungsprojektes MEGA sind mit den folgenden wichtigsten Stichworten zusammen zu fassen:

- Massentaugliche Lösungen
- Verbesserung der Energieeffizienz in privaten Haushalten
- Energiedaten aller Verbraucher
- Intelligente Aufbereitung der Daten in Echtzeit
- Angepasste Information des Bewohners

Ziel ist es, ein Produkt (Prototyp) zu entwickeln, das im iHomeLab implementiert und dort auf seine Tauglichkeit geprüft werden kann. Das Produkt basiert auf heute erhältlicher Technologie. Die Systemarchitektur soll jedoch auf künftige Entwicklungen adaptierbar/erweiterbar sein.

#### Die Aufgabenstellung

Die vorliegende Konzeptstudie soll Visualisierungsvorschläge für ein «GUI» präsentieren, insbesondere für die Darstellung von:

- Energie
- Benutzerführung

Die Visualisierung soll emotional ansprechen und zur regelmässigen Benutzung motivieren. Die Benutzerführung soll einfach und intuitiv gestaltet werden.

### Konzeptansatz Visualisierung Energie

#### Energie ist ein dynamisches Element

Energie fließt, sei es Strom, Wasser, Gas, Öl, Wärme, Kälte. Deshalb sollte die Darstellung/das Bild für Energie zwingend dynamisch aufgebaut sein.

#### Vorschlag

Ein Ring torkelt um sein Zentrum und bildet so eine Kugelform. In einem ersten Schritt wird ein einzelner, gelber Ring seine Runden drehen. Er steht für den Stromverbrauch. Für weitere Energieformen, wie Wasser und Gas werden zusätzliche Ringe eingeführt, die sich innerhalb des Ersten drehen und mit einer eigenen Farbe kodiert sind. Umgeben ist der torkelnde Ring von einer hauchdünnen, sehr transparenten Hülle, die unterschiedlich schnell pulsieren kann. Das Tempo des Hüllen-Pulses und des Ring-Torkelns ist ein erster Indikator dafür, wie hoch der aktuelle Energieverbrauch ist.

Folgende Ring-Farbkodierung ist vorgesehen:

Gelb = Strom / Blau = Wasser / Rot = Gas

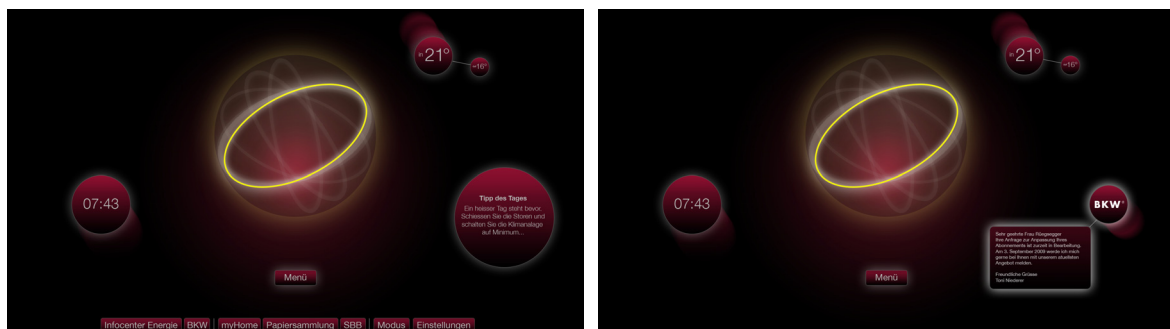
## Visualisierung Benutzerführung Startseite

### Weniger ist mehr

Die Startseite zeigt drei Elemente:

- Energy Cloud (Anzeige aktueller Verbrauch über Pulsstärke, Tempo)
- Schwebende Info Bubbles (Benutzerdefinierte Informationen)
- Menüzugang (Services führt zu Menüleiste)

Zusätzlich können «Tipp Bubbles» einblenden. Sie erscheinen jeweils, wenn bestimmte Kriterien erfüllt sind. In unserem Beispiel – eine Kombination von Zeit, aktueller Temperatur und dem Wetterbericht für den Tag. Klick/Touch auf Zeitbubble öffnet Kalender in Popup – dasselbe auf Temperaturbubble öffnet den aktuellen Wetterbericht. «Services» lässt die benutzerdefinierten Dienste und vordefinierte Buttons, am unteren Rand des Screens, erscheinen (könnten auch permanent sichtbar sein). Mit einem Klick/Touch auf die «Energy Cloud» kann das «Infocenter Energie» auch direkt angewählt werden.

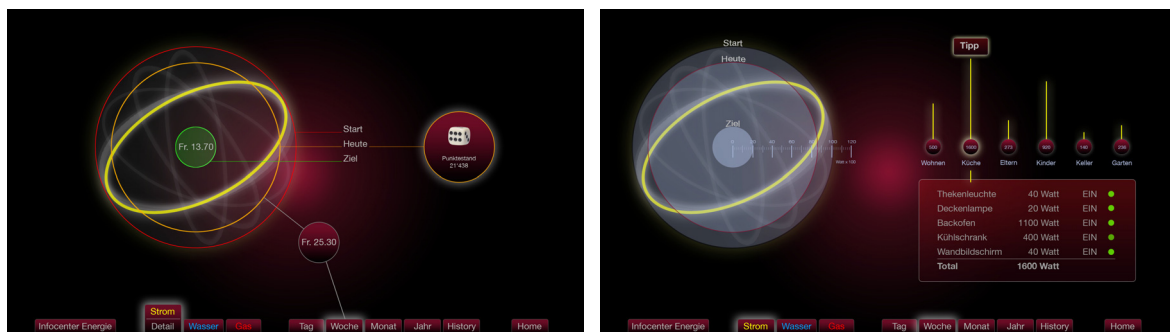


### Das wichtigste auf einen Blick

**Figur 23:** Hauptscreen mit (a) Tipp, (b) Nachricht vom EVU

## Visualisierung Benutzerführung Infocenter Energie

Die «Energy Cloud» spielt auch hier, im Infocenter, die Hauptrolle. Drei Kreise visualisieren den Stand der eigenen «Sparanstrengungen». Der rote Kreis zeigt den Ausgangs-/Startverbrauch, der grüne Kern markiert das Ziel, inklusive einer variablen Kostenangabe. Diese beiden Kreise sind statisch, basierend auf einem zu Beginn definierten Wert. Der orange Kreis symbolisiert den aktuellen Stand und ist dementsprechend dynamisch, d.h. er kann sich von Sekunde zu Sekunde oder von Tag zu Tag ändern. Gekoppelt an diesen Kreis und die Zeitachse ist ein Infobubble, der dynamisch jeweils den aktuellen Stand der Kosten anzeigt. Die Angaben wechseln, je nachdem ob in der Menüleiste Tag, Woche, Monat oder Jahr angewählt wird und wie sich der aktuelle Strompreis verändert. Diese Form der Darstellung ist komplett frei von Angaben in Kilowatt oder Kilowattstunden, oder Kubikmeter, etc.



**Figur 24:** Detailscreen mit (a) Wochenverbrauch (b) und Detailverbrauch der Küche

## Konzeptansatz Motivation

### Sie ist entscheidend für den Erfolg

Neben einer attraktiven und einfach verständlichen Visualisierung des persönlichen Energieverbrauchs, gilt es die Benutzer nachhaltig auf die Nutzung des Energieeffizienz-Systems zu konditionieren. Das gelingt am Besten über die Motivation mit einem sogenannten Nudge. Der Marketingbegriff Nudge (Deutsch: ein Schubser) erregt Aufmerksamkeit und bewirkt, ohne Druck, eine Verhaltensänderung. Entscheiden dabei ist, dass die Verhaltensänderung auf einem freiwilligen, selbstgewählten Entscheid beruht... nur dann besteht die Chance auf eine bleibende Anpassung des persönlichen Verhaltens.

In unserem Fall soll der Nudge auf Eigenschaften und Verhaltensmuster von Menschen gerichtet werden. Folgende drei Beispiele sollen illustrieren, was damit konkret gemeint ist.

1. **Rechner:** Seine/ihre Hauptmotivation liegt beim Geldsparen. Ein kühler Rechner, bei dem der Umweltschutz und die Ressourcenschonung ein angenehmer Nebeneffekt, aber nicht die primäre Motivation darstellen. Ein allfälliger, kleiner Wettbewerb mit anderen Sparern kann eingebaut werden (Community-Effekt). Der Erfolg kann in Franken gemessen werden.
2. **Spieler:** Seine/ihre Hauptmotivation heisst FUN. Unterhaltsam muss das Energiesparen sein, sonst geht gar nichts. Auch hier ist die Ressourcenschonung sekundär, der Spass steht im Zentrum. Der Community-Effekt sollte hier unbedingt integriert werden. Es kann das «World-Energy-Game» gespielt werden. Der Erfolg wird in Punkten gemessen, die sich in barer Münze oder in einem Lifestyle-Gewinn auszahlen.
3. **Grüne:** Seine/ihre Hauptmotivation liegt im Umweltschutz und in der Ressourcenschonung. Der Community-Effekt ist hier zentral. In der Gemeinschaft arbeiten wir für eine bessere Welt... Die Kosten sind definitiv sekundär. Der Erfolg misst sich in der Bestätigung durch die Gemeinschaft Gleichgesinnter, durch Investitionen des Energieanbieters in alternative Energieerzeugung und allenfalls im Pflanzen von Bäumen...

### Nutzungsmodi

Bereits auf der Startseite wird das entsprechende «Modus-Symbol» wechselnd, innerhalb der «energy cloud» angezeigt. Je nachdem in welchem Moment die Wolke angeklickt oder berührt wird, landet der Benutzer im entsprechenden Modus. Mit Hilfe der Menüleiste können die Modi auch jederzeit gewechselt werden. Es ist auch denkbar, dass im «Infocenter Energie» immer alle drei Nutzungsvarianten angeboten werden.

### Skins

In dieser Konzeptstudie wird eine Bild- und Gestaltungswelt vorgeschlagen. Denkbar ist, dass unter «Einstellungen» weitere Skins abgerufen werden können. Ein spezielles Tool könnte auch das Erstellen eigener Skins erlauben. Das personalisieren/ individualisieren der Gestaltung ist vor allem bei Jungen beliebt.

### Gadget

Die Frage eines eigenen Energieverbrauchs-Anzeigegerätes ist noch nicht abschliessend geklärt. Der gewählte Konzeptansatz erlaubt jedoch die Darstellung der «energy-cloud» auf Kleinstanzeigen, wie einem Schlüsselanhänger, Steckdosenadaptoren oder auf magnetischen Kleinstmonitoren (à la Eieruhr). Solche Kleinstgadgets könnten allenfalls, vom Energieanbieter, gratis abgegeben werden, quasi als Dankeschön für's mitmachen.

### Weitere Anzeigegeräte

Durch seine Einfachheit erlaubt das Konzept die weitgehend identische Umsetzung auf sämtlichen anderen Multicolor-Anzeigegeräten. Hier gilt: Je kleiner der Bildschirm, umso eingeschränkter die Interaktion (Fokus auf Anzeige).

## Demonstration Prototyp

In diesem Projekt wurde als Letztes ein Proof-of-Concept Feedback System implementiert, welches die Funktionalität des MEGA-Systems demonstrieren soll. Dieses System ist für das iHomeLab einsatzbereit. Das System Proposal wurde bereits zuvor beschrieben; es werden die wichtigsten der identifizierten Features demonstriert. Die Hauptkomponente des Systems ist ein Software-Framework, welches durch eine Hardware- und Sensorkonfiguration im iHomeLab unterstützt wird. Die Ziele dieses Prototyps sind:

- Implementation der vorgeschlagenen MEGA-Architektur
- Einsetzen von Programmiersprachen und Technologien welche auf eine grosse Bandbreite von Embedded Plattformen einsetzbar ist (Kapitel 0). Ein spezielles Augenmerk soll auf interaktive und View-Only Devices gelegt werden.
- Implementation eines Software-Frameworks, das offen, modular und als Package downloadbar ist.
- Visuell ansprechend, mit Konzept-Designs von Ralph Eichenberger

In den Folgenden Abschnitten werden die Gründe für die gewählten Technologien, System-Features und visuelle Elemente den Prototypen beschrieben.

## Prototyp Architektur

| Element                         | Lösungen                                             |                    |
|---------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|
| Dediziertes Feedback Display    | Keines                                               |                    |
| Existierende Geräte als Display | TV                                                   | Touchscreen PC     |
| Lokaler Server oder Speicher    | Dediz. MEGA-Server                                   |                    |
| Adapter zu Messsystem           | MEGA-Server als Plug-In<br><i>RS232/Ethernet/KNX</i> |                    |
| Messsystem                      | 2 Fremdmesssysteme<br><i>SmartMeter, KNX</i>         |                    |
| Internetanbindung               | Nein                                                 | Bestehende Leitung |
| Remote Server                   | Nein                                                 | In-home server     |

**Tabelle 22:** iHomeLab Prototyp Architektur

## Hardwarebeschreibung

Die folgenden Sensoren und Geräte wurden konfiguriert und im Prototyp eingesetzt.

| Name                        | Interface                     | Typ            | Use      |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------|----------|
| 5 x KNX meter & actuator    | TCP/IP: EIBd daemon & KNX-IP. | Sensor         | Ja       |
| 1 x Smart Meter (IEC)       | TCP/IP / RS-232               |                | Optional |
| 1 x Server x86 PC           | TCP/IP / RS-232 / COM         | Processor      | Ja       |
| 1 x Tablet PC               | TCP/IP                        | Display Client | Optional |
| 1 x Handheld PC             | TCP/IP                        |                | Optional |
| 1 x TV (see 0)              | DVI-D                         | Display        | Ja       |
| 1 x iPhone/iPad/Web-browser | TCP/IP                        | Remote Control | Ja       |

**Tabelle 23:** iHomeLab Sensoren und Geräte

## Sensoren und Aktoren

Da zum Zeitpunkt des Prototypenbaus leider noch keine digitalSTROM [74] Komponenten erhältlich waren und auch die Geroco [75] Steckdosenadapter nicht für uns offen zugänglich

waren, wurden die folgenden, bereits in die iHomeLab integrierten Sensor-Systeme wurden verwendet:

- **SmartMeter:** Im Einsatz ist ein Smartmeter welcher die elektrische Leistung misst. Die gemessenen Werte werden über das IEC Protokoll übertragen. Mit der aktuellen Version des Protokolls können die Daten alle 25 Sekunden gelesen werden. Die Development-Version des Protokolls ermöglicht ein Intervall von 10 Sekunden. Schnellere Versionen mit einem adaptierten IEC, das kürzere, spezifisch für die Einzelenergiewertauslesung optimierte, Befehlssequenzen unterstützt sind bei Landis+Gyr in der Entwicklung, konnten uns jedoch leider noch nicht zur Verfügung gestellt werden.
- **KNX über IP:** 5 von 80 der zurzeit erhältlichen Amperemeter und Leistungsmessgeräten sind für diesen Prototypen konfiguriert. Die gemessenen Daten sind
  - Das KNX Messgerät misst rein Ohmische Lasten zuverlässig, welche einen Strom von höher als 250mA aufweisen (55W, Fehler: 10-25%). Grössere Lasten können genauer gemessen werden (500mA, Fehler: 5%). Kleinere Lasten unter 100mA (~22W) sind nicht messbar. Somit kann dieses Messgerät nicht für die Messung des Standby-Verbrauchs gebraucht werden. Das Messgerät konnte weder kapazitive Lasten (z.B. CFL) noch induktive Lasten zuverlässig messen (Fehler: > 50%). Das schnellste Lese-Intervall ist 700ms.
  - Die Messungen von Leistung und Strom werden über ein KNX-IP Router/Gateway zur Verfügung gestellt.

## Prozesseinheit und Display

Der Prototyp beruht auf einem x86 Computer welcher nur für den Energy Efficiency Showcase im iHomeLab eingesetzt wird. Die Schnittstellen des Computers sind:

- **Ethernet Adapter:** Für den Zugriff auf das Netzwerk und Internet Services mittels TCP/IP. Kommuniziert mit Sensoren und Aktoren, stellt Daten den Clients im iHomeLab Netzwerk zur Verfügung, empfängt Befehle vom Netzwerk. Kommuniziert mit Internet Services.
- **RS-232 COM Ports:** Für die Übermittlung von Messwerten und anderen Kommunikationsgeräten
- **USB Ports:** Für USB Geräte und USB-Dongles wie die ZigBee Gateways von Geroco
- **DVI-D Port:** Verbindung zum Hauptbildschirm

Die Hauptaufgabe des Prozessors besteht darin, Sensordaten zu sammeln, diese zu verarbeiten und sie dem am Netzwerk befindenden Clients verfügbar zu machen (z.B. MEGA-server Backend, see 0). Auf diesem Computer läuft parallel zudem noch ein GUI-Client, welcher die gemessenen Werte auf dem Display visualisiert. Das Display ist ein Philips Aurea 42" LCD TV (1920x1080p, 52.5 cm x 93.5 cm, AmbiLight) welcher über das DVI-D Interface verbunden ist.

## Optionale Geräte

Als Client für die Visualisierung wurden verschiedene Plattformen getestet, unter anderem:

- **VGA:** 10.4", 1024x768, GeForce2 Go. CPU: TM5800 1GHz (2003). Dieses System überhitzte sich und verursachte Lärm durch den Lüfter. Ausserdem wurden Frame Skips beobachtet. Die physikalische Dimension erwies sich als zu gross.
- **UMPC:** VGA: 7", 800x480, Intel 915GMS. CPU: 1.0GHz Pentium M. Gute Performance; jedoch schlechte Farbeigenschaften und zu kleiner Display machte die Interaktion uninteressant.

Laptops und Touch-Screen UMPC's hatten eine gute Performance, waren jedoch schwer zu transportieren. iPhone, iPad, Android Geräte und Webbrowser können als Fernbedienung eingesetzt werden.

## Software Design

### Technologie

Die Technologien Java-OSGi und Adobe-Flash wurden für die Implementation gewählt. Diese zwei Technologien sind für viele populäre Endgeräte und Betriebssysteme erhältlich, wie die nachfolgende Tabelle aufzeigt.

| Platfrm | Embed.  | Embed.  | Mobile  | Mobile  | PC/MC   | PC/MC   | Embed.  | Mobile  |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| OSGi    | Equinox | Equinox | Equinox | Equinox | Equinox | Equinox | Prosyst | Prosyst |
| Java    | Java    | IBM J9  | Jalimo  | Dalvik* | Java    | Java    | IBM J9  | IBM J9  |
| Flash   | Flash 9 | Lite 3  | Flash 9 | Lite 3  | Flash 9 | Flash 9 | Flash 7 | Flash 7 |
| Variant | DSM     | QNX     | Maemo   | Android | Generic | WinXP+  | WinCE 6 | WinM6   |
| OS      | Linux   |         |         |         |         | Windows |         |         |

**Tabelle 24:** Java, OSGi und Flash Varianten für verschiedene Plattformen (Prototyp in blau)

### Java & OSGi Technologie

Das OSGi Framework ist eine populäre Serviceplattform die auf Java basiert und in verschiedener Hinsicht neue, erweiterte Funktionalitäten mitbringt, die für die Zentraleinheit von MEGA sehr gut eingesetzt werden können (<http://www.osgi.org>). So gehören z.B. Features wie der komplett modulare Aufbau, ein Lifecycle Management (installieren, entfernen von Komponenten zur Laufzeit, ohne andere Applikationen zu beeinträchtigen), Service Management, integrierte Sicherheitsmechanismen oder diverse bereits vorkonfektionierte Dienste und Protokolle zum Lieferumfang von OSGi. Die offene, im Jahr 1999 gegründete OSGi Allianz zeichnet sich verantwortlich für den Standard.

Die OSGi Framework Implementation Equinox 3.5.2, die für die beliebte Entwicklungsumgebung Eclipse (basiert ebenfalls auf OSGi) entwickelt wurde, wird für MEGA verwendet.

In der Implementation des MEGA Prototyps sind OSGi-Module (sog. Bundles) für die Messdatensammlung, -speicherung, -verarbeitung, -analyse und die Steuerung der Visualisierung auf den Clients zuständig.

### Adobe Flash

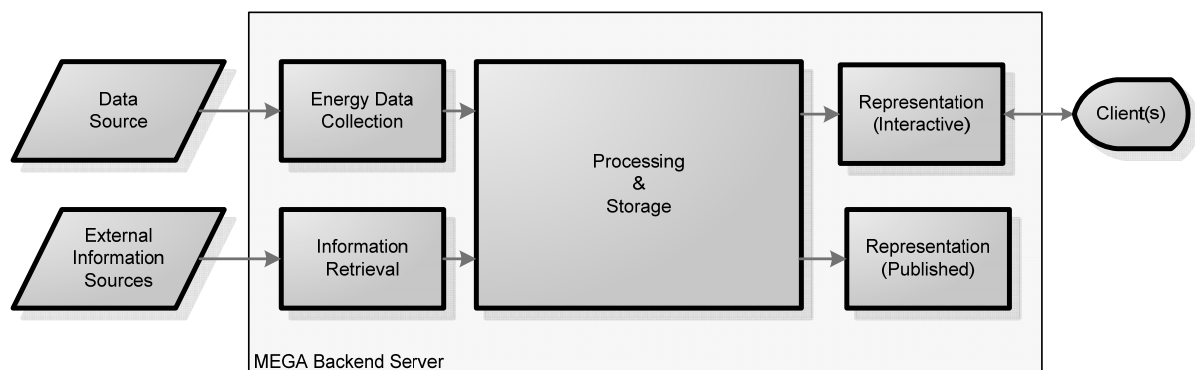
Flash ist eine weit verbreitete Technologie, die sogenannte Richclient Webapplikationen ermöglicht (<http://www.adobe.com/de/products/flashplayer/>). Die auf Vektorgrafik basierenden, meist hübsch ausgestatteten Applikationen können mit einem Plug-In im Webbrowser oder als Standalone-Applikationen aufgeführt werden. Mit Flash Lite steht eine schlanke Version von Flash für Mobiltelefone zum Download bei Adobe bereit. Eine Alternative zu Flash wäre z.B. die von Microsoft als Konkurrenz ins Rennen geschickte Silverlight Technologie, die in naher Zukunft auch für mobile Endgeräte erscheinen soll. Ein Nachteil von Flash ist sicher, dass Apple das Format, aus verschiedenen politischen und technischen Gründen, nicht unterstützt. Es ist also leider (noch) nicht möglich, den MEGA Prototyp in einem iPhone oder iPad auszuführen. Dafür müsste eine eigene App oder eine auf JavaScript/AJAX basierende Lösung entwickelt werden. In MEGA wird Flash für die animierte grafische Benutzeroberfläche auf den Endgeräten (Display, Laptop, etc.) verwendet.

## XML-RPC

Das Protokoll zwischen dem Backend-Server (Zentraleinheit) und den Endgeräten, die das GUI rendern basiert auf XML-RPC ([www.xmlrpc.com](http://www.xmlrpc.com)). XML-RPC ist eine einfache, offene, von Menschen lesbare, XML basierte Spezifikation um Remote Procedure Calls - also entfernte Funktionsaufrufe - auszuführen und somit verteilte Applikationen über das Netzwerk zu erlauben.

## **Software Architektur**

Die Architektur des iHomeLab Prototyps sieht einen zentralen Backendserver (MEGA-Server) vor, der die Messdaten von den verschiedenen Quellen sammelt, verarbeitet, aufbereitet und sie schliesslich den Endgeräten zur Visualisierung zur Verfügung stellt.



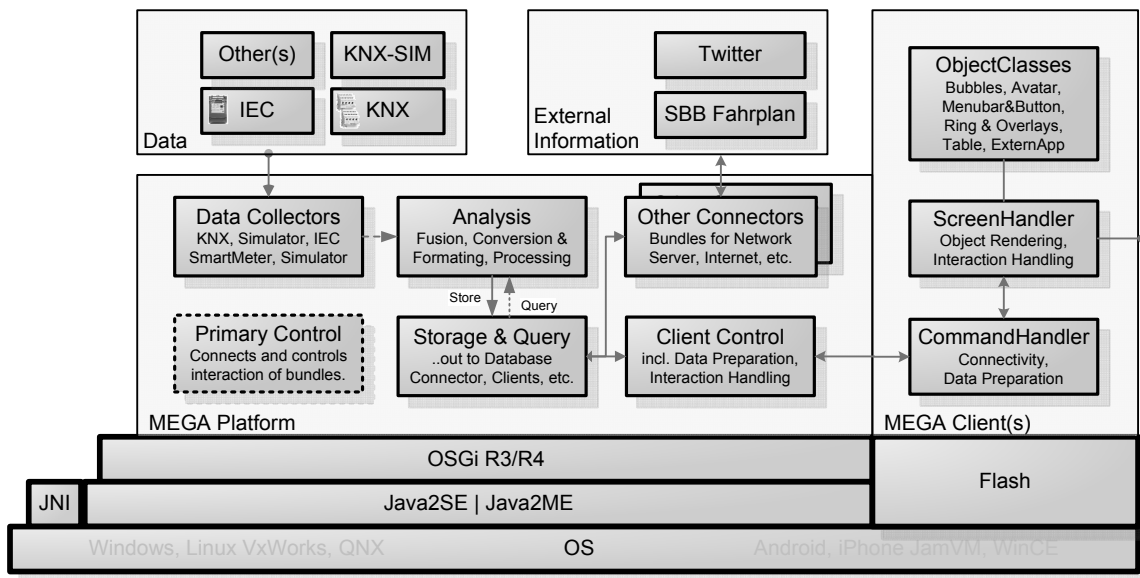
**Figur 25:** MEGA Systemübersicht

Die Module des MEGA-Server führen die folgenden Funktionen aus:

1. Sammeln von Daten von Sensoren und Eingabegeräten. Wenn diese keine Push-Funktionen unterstützen, müssen Datenanfragen in den entsprechenden Protokollen versandt und die Antworten der Sensoren in Empfang genommen werden (Pull).
2. Verbinden und kombinieren von verschiedenen Daten, um das gewünschte Datenformat zu erhalten oder neue Aussagen machen zu können. So muss z.T. die Leistung oder die Energie aus Einzelmessdaten wie Strom, Spannung und Zeit errechnet werden.
3. Datenanalysen ausführen, um weiterführende nutzbringende Informationen zu erhalten.
4. Die gesammelten Daten anderen Modulen zur weiteren Verwendung zur Verfügung stellen.
5. Daten für die Visualisierung aufbereiten und zu den Endgeräten übermitteln.
6. Die interaktiven Endgeräte steuern, auf Benutzereingaben reagieren und Funktionen darauf ausführen.

Die Interaktionen zwischen den einzelnen Komponenten sind aus der folgenden Abbildung ersichtlich.

Jedes grafische Benutzerendgerät (MEGA-Display) verbindet sich mit dem MEGA-Server und wird über diesen kontrolliert. Vom Server werden über XML-RPC Befehle an das Endgerät gesendet, die diesem mitteilen, welche grafischen Elemente (Tasten, Menüs etc.) angezeigt werden sollen. Das Endgerät gibt auf jeden Befehl eine Antwort zurück um dem Server mitzuteilen, ob die Aktionen erfolgreich ausgeführt werden konnte oder nicht. Das Endgerät selbst sendet Events wie Benutzereingaben automatisch an den Server, sobald diese auftreten. Die Software im Endgerät wurde so ausgelegt, dass sie einfach und modular handhabbar ist – robust, schnelle Reaktionszeiten, klein und schnell zu ändern.



Figur 26: Das MEGA Software Framework

### Architektur MEGA-Server (OSGi)

Die Architektur des Backend-Servers basiert auf einem modularen, lose gekoppelten, objekt-orientierten, mutli-threaded Modell. Dieses Model, das von OSGi unterstützt wird, erleichtert die Entwicklung, Erweiterung und den Betrieb einer doch mittlerweile recht komplexen Software erheblich.

Die Modularität wird durch die Kapselung der unterschiedlichen Aufgaben in einzelnen OSGi Bundels, wie die nachfolgende Abbildung zeigt. Jedes der Bundles stellt seine Schnittstellen den anderen zur Verwendung zur Verfügung und im Verbund führen sie so alle Aufgaben aus, die die gesamte MEGA-Applikation ausmacht, von der Sammlung und Speicherung der Daten bis zur Steuerung der Visualisierung.

Die Architektur ist so aufgebaut, dass die Bundles grundsätzlich unabhängig voneinander funktionieren und wie bereits erwähnt, gewisse von anderen Bundles benötigte Funktionen über die sogenannte OSGi Registry veröffentlichen. Ein zentrales Controller-Bundle übernimmt dabei eine Koordinationsfunktion. Es sucht die anderen Bundles wie die verschiedenen *Collectors* (Datensammler), *Processors* (Datenverarbeiter, Analysebundles) sowie *Storagemanagers* (Datenspeicherung) und *Representers* (Darstellung). Dabei wird wie folgt vorgegangen:

1. **Rohdatensammlung.** Die Daten werden von den Sensoren über die Collector-Bundles akquiriert. Die Schnittstelle *CollectorContentProvider* erlaubt es dabei jedem *Collector* sich selbst als Dienst zu registrieren und seine Daten in einem Standarddatenformat (*Sensor\_ID*, *Zeitstempel*, *Wert*, *Masseinheit*) anderen zur Verfügung zu stellen. Das *Contoller-Bundle* wird dann periodisch in der OSGi Registrierung (eine Art Telefonbuch, indem alle angemeldeten Bundles eingetragen sind) nach solchen *Collector-Bundles* suchen, diese in die Applikation mit einbinden und Daten von ihnen anfragen. Bis jetzt wurden die folgenden *Collector-Bundles* für MEGA implementiert:
  - Collector für elektrischen Smart Meter basierend auf IEC
  - Collector für KNX Aktoren mit Strommessfunktion sammelt den Strom, der durch den Aktor fließt und den Schaltzustand. Es ist auch möglich, diese Aktoren zu schalten (wird bis jetzt nicht in MEGA verwendet).
  - Collector für simulierte Messdaten, der für Testzwecke verwendet wird.
  - Generisches Template um die Implementation von weiteren, eigenen Collector-Bundles zu vereinfachen



2. **Datenintegration.** Daten, die über die Kollektoren gesammelt wurden, werden an Bundles weitergeleitet, die die Schnittstelle *DataIntegrationContentProvider* zur Verfügung stellen. Diese Daten-Integratoren sind dafür zuständig, die Daten zu kombinieren und so neu zusammen zu setzen, dass daraus später neue aussagekräftigere Informationen gewonnen und erweiterte Schlüsse gezogen werden können.
3. **Datendistribution.** Die Originaldaten aus den Kollektoren sowie die neu aufbereiteten Daten aus den Integratoren werden schliesslich weiter an Bundles mit der Schnittstelle *StorageContentProvider* weitergeleitet. Solche Bundles sind zum Beispiel:
  - **Flash Server:** Hier werden die Daten so aufbereitet, dass sie den Endgeräten zur Visualisierung weitergeschickt werden können.
  - **Datenbank:** Hier werden die Daten gespeichert, damit man später jederzeit noch Zugriff darauf hat und Historien erzeugen oder diese extern weiter verarbeiten kann.
  - **Logging:** Ein „leeres“ Bundle, das alle eingehenden Daten loggt und auf der Konsole ausgibt. Es kann für Debuggingzwecke oder als Template für neue, eigene solcher *StorageContentProvider* Bundles eingesetzt werden.

Das zentrale Controller-Bundle ist bewusst recht einfach gehalten, um die Chance eines Fehlers oder eines Blockieren des Systems zu minimieren, das das Auftreten einer solchen Situation für das Gesamtsystem kritischer ist, als wenn eines der darum herum gruppierten Bundles versagt (der Controller kann diese von sich aus neu starten).

Ein zweites wichtiges Bundle ist das das *FlashControl-Bundle*. Seine Aufgabe ist die Kontrolle aller laufenden, Flash-basierten Visualisierungen. Das Bundle besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

- Die OSGi-Schnittstelle
  - Hört sich nach neuen Daten um, die über die *StorageContentProvider*-Bundles in das System eingespeist werden.
  - Fragt die Datenbank nach bestimmten für die Visualisierung notwendigen Daten ab.
  - Fragt Internetdienste nach weiteren, ergänzenden Daten (z.B. Wetterdaten, SBB Fahrplan, usw.)
- Bereitet die gesammelten Daten so auf, wie sie für die Repräsentation und Visualisierung auf dem Endgerät benötigt werden.
- Schickt Kommandos an die mit einer Flash-Applikation ausgestatteten Endgeräte und reagiert auf Nachrichten und Events die von dort beim Server eintreffen.
  - Verbindungsmanagement der TCP/IP Sockets und Verarbeitung von XML-RPC Befehlen
  - Kommandos, die das Zeichnen und Darstellen von Objekten auf der Flash-Oberfläche veranlassen wie Ringe, Tasten, Tabellen, Graphen usw.
  - Verarbeiten von Benutzereingaben, die mit der Oberfläche interagieren

## Architektur MEGA-Client

Die Flash-basierte Software auf dem Endgerät, das für die Visualisierung und Bedienung von MEGA zuständig ist (Client), ist recht einfach gehalten und funktioniert folgendermassen:

1. Der Client stellt eine Verbindung zum vorkonfigurierten Server her und beginnt, XML-RPC Nachrichten von dort zu empfangen.
2. Danach empfängt der Client Kommandos vom Server für diverse Aktionen wie z.B. dem Kreieren, Aktualisieren oder Entfernen eines grafischen Elements auf der Oberfläche. Dazu können den Kommandos diverse Parameter mitgegeben werden, die die Aktionen, die auf den Befehl im Client ausgeführt werden sollen, genauer spezifizieren. Der sogenannte *CommandHandler* nimmt den Befehl entgegen, parst ihn und führt ihn aus, indem er z.B. ein neues „Bubble-Objekt“ kreiert und auf dem Bildschirm darstellt. Der Text, den das Bubble-Objekt darstellt ist ein Beispiel für einen solchen Parameter und wurde im Befehl vom Server mitgegeben. Es gibt verschiedene solcher darstellbaren Objekte:
  - a. Ein „Avatar“, eine Art Assistentin auf der Oberfläche. Um ihn darzustellen werden Angaben wie Gefühlslage (zufrieden, wütend) oder Trend (wird es besser oder schlechter) benötigt.
  - b. Schwebende, klickbare Blasen (Bubbles) in diversen Grössen mit Textinhalt. Zum Beispiel: Eine Zeitblase, die evtl. auch Informationen zum Tarif enthält (wann wird der Strom wieder günstiger), eine Temperaturblase zur Anzeige von Aussen- und Innentemperatur, Informations- oder Tippblasen für Nachrichten vom EVU, Energiespartipps etc.
  - c. Ein farbiger Ring, der in verschiedenen Geschwindigkeiten rotiert
  - d. Balkendiagramme und andere Diagrammtypen
  - e. Tasten und Knöpfe für Menüs, Tipps usw.
  - f. Elemente für externe Applikationen wie ein SSB Fahrplan usw.
3. Nach der Ausführung eines Befehls vom Server (erfolgreich oder nicht) antwortet der Client mit einer weiteren XML-RPC Nachricht, die den Status und bei einem neuen Objekt, weitere Informationen dazu dem Server zurück meldet.

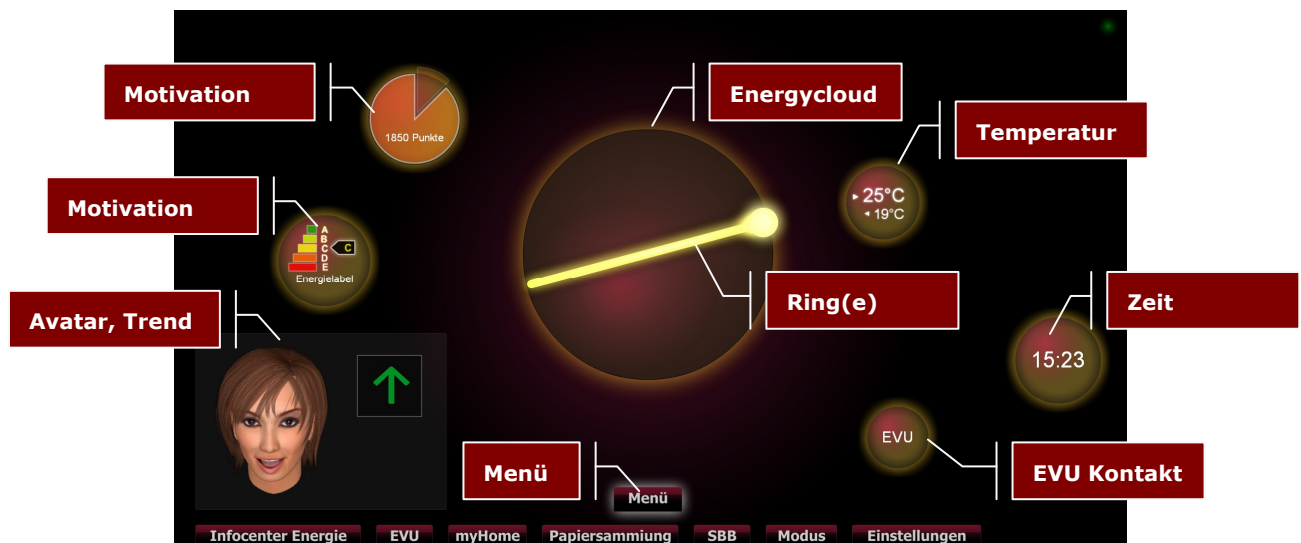
## Prototyp im iHomeLab

Im iHomeLab wurde ein spezieller Showcase implementiert, der einen nicht-interaktiven Demonstrator zeigt, der auch in Führungen gezeigt wird. Er demonstriert die meisten Ideen, die im Projekt gesammelt wurden und versucht auch die Erkenntnisse aus anderen Projekten zu berücksichtigen [107]. Auf einem TV (Auflösung 1080i) werden die verschiedenen Screens gezeigt, die automatisch von dem OSGi Controller oder dem Vorführenden über ein iPhone gesteuert werden.



Figur 28: Prototyp im iHomeLab

### Die verschiedenen Ansichten



Figur 29: Ansicht 1 – Einfacher Informationsscreen

**Die Hauptansicht**, welche oben dargestellt ist, zeigt die folgenden Objekte:

- **Bubbles**
  - **Ring und Energycloud:** Der gelbe Ring bietet das direkte Feedback und stellt den elektrischen Momentanenergieverbrauch dar. Die Geschwindigkeit des sich drehenden Rings nimmt mit steigendem Energieverbrauch zu. Insgesamt gibt es 6 verschiedene Zustände, die den Momentanenergieverbrauch von 0Wh bis zu einer zu definierenden Maximalenergie (könnte auch vom System gelernt werden aufgrund des Haushalts) repräsentieren.
  - **Ziele setzen und spielerisch erreichen als Motivation:** Ein Bubble zeigt ein Kuchendiagramm. Es repräsentiert die gesamte Energie, die innerhalb einer Woche

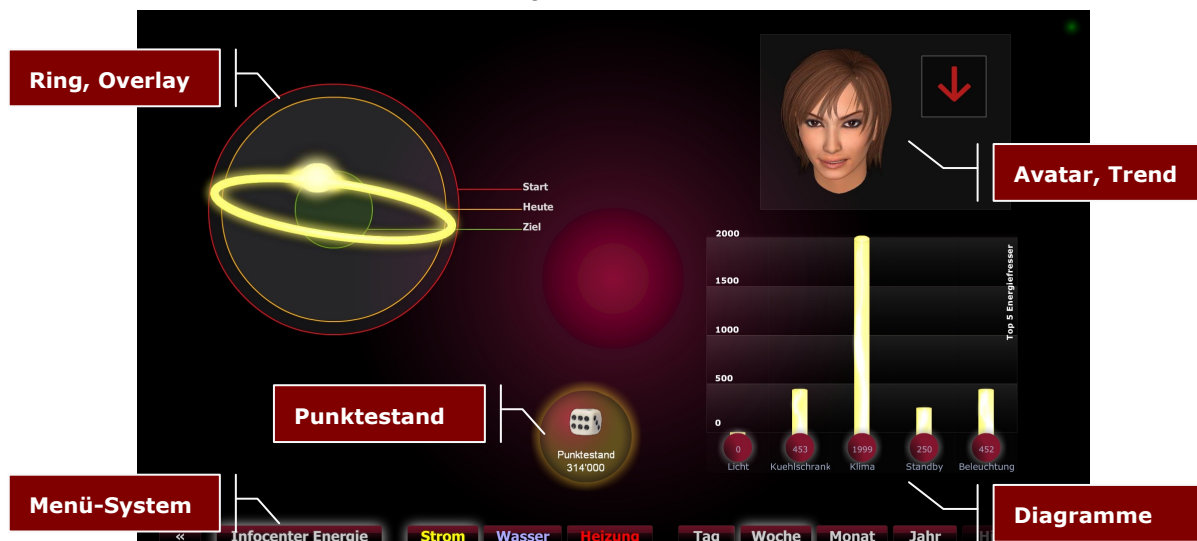
verbraucht werden darf, damit ein durch das EVU gesetztes Ziel vollständig erreicht wird. Zu gewinnen gibt es Spielpunkte, die schlussendlich gegen Ware, Gutscheine oder Bares eingetauscht werden können. Gestartet wird also zu Beginn der Woche mit einem vollen „Energiekreis“ der 2000 Punkten entspricht. Mit anderen Worten, wenn man die ganze Woche keine Energie verbrauchen würde, hätte man 2000 Punkte gewonnen. Sobald man jedoch damit anfängt, wird auch das Kuchenstück kleiner. Wenn man es schafft, das Ziel exakt zu erreichen, bis Ende Woche den ganzen Kuchen aufgebraucht hat, dann gewinnt man 1000 Punkte. Wenn man sogar noch weniger benötigt hat, kriegt man entsprechen sogar noch mehr (bleibt 1/5 Kuchen übrig, sind es 1200 Punkte). Verpasst man sein Ziel, so nehmen die Punkte drastisch ab und man ist bereits wenig später bei 0 angelangt. Negativ Punkte (Bestrafung) sind nicht vorgesehen. Da das System nur intern, jedoch noch nicht in einem Feldversuch getestet wurde, gibt es sicher noch einige offenen Fragen und Optimierungen bei einer Umsetzung (Anzahl Punkte, personalisiertes Setzen von Zielen, Tuning von Punkten zu Energieverbrauch usw.). Ziel wäre es, das Spiel fair zu gestalten, was im Alltag nicht ganz einfach sein dürfte. Zum Beispiel sollte jemand, der einen extrem hohen Energieverbrauch aufweist und sehr einfach viel sparen kann nicht wirklich viel mehr Punkte erhalten als jemand, der sich schon vorher viel Mühe gegeben hat und nun nur noch mit relativ viel Aufwand relativ wenig optimieren kann.

- **Energielabel:** Das „Energielabel“ ist ähnlich zu verstehen wie die mittlerweile recht weit verbreiteten und akzeptierten Energielabels an Elektrogeräten und Autos. Es wird sozusagen der ganze Haushalt bewertet und eine Aussage über dessen Qualität in Bezug auf den Energieverbrauch gemacht. Das ist keine Momentanaufnahmen sondern wird über den Langzeitverbrauch bestimmt. Auch hier ist die Umsetzung weiter zu diskutieren. Wer erhält wann welches Prädikat? Ausserdem wäre es schön, wenn man alle Faktoren, z.B. auch den indirekten Energieverbrauch miteinbeziehen könnte (den das MEGA-System nicht messen kann). Wenn also jemand brav das Licht ausschaltet, dafür Produkte kauft, die in der Herstellung sehr viel Energie benötigen und ausserdem jedes Jahr 2x nach Australien fliegt, so wäre keine sehr gute Energiebewertung angebracht.
- **Temperatur:** Die Innen- und die Aussentemperatur wird als Information angezeigt. Sie kann durch Wetterdaten und Prognosen aus dem Internet ergänzt werden. Ausserdem könnte man Tipps abgeben, sollte die Innentemperatur zu hoch sein oder wenn das System merkt, dass man wenig zu Hause ist, jedoch immer heizt. Eine Aussage wie „Ihre Wohnung ist 25°C warm. Wahrscheinlich wären auch 22°C für Sie noch angenehm. Mit jedem 1°C, das Sie nach unten korrigieren, können 6-7% Heizöl eingespart werden.“ Im Prinzip könnte man sogar sofort ausrechnen, was das innerhalb eines Jahres in Liter und Fr. etwa ausmachen könnte.
- **Zeit:** Die aktuelle Zeit, gegebenenfalls ergänzt mit einer Information zu den Tarifen. Dabei sieht man nicht nur, wie der Tarif momentan steht, sondern man erhält ein Bild der Tarifentwicklung innerhalb eines Tages. Man weiss also, wann z.B. der Strom wieder billiger wird und kann entscheiden, die Spülmaschine doch sofort oder eben erst in 2h einzuschalten.
- **EVU Kontakt:** Ein Button mit dem EVU-Namen befindet sich auf der Oberfläche. Die Idee hier ist, dass man als Kunde jederzeit einen direkten Kontakt zum EVU herstellen kann (und umgekehrt). Es ist also einerseits möglich, darüber eine Anfrage zu stellen. Andererseits kann das EVU jederzeit eine Meldung an das MEGA-System absetzen, die dann als Text auf dem Bildschirm oberhalb dieses Buttons erscheint.
- **Tipp:** Je nach dem wie sich der Bewohner verhält, wird ein konkreter Tipp zum Energiesparen angezeigt. Ein Beispiel dafür, wie konkret ein MEGA-System Tipps und Anregungen geben kann ist der folgende Text, der erscheint, wenn man eine bestimmte Lampe anzündet: „Sie haben soeben eine Glühbirne angezündet. Mit einer Philips Master LEDbulb sparen Sie 90% an Energie bei gleichem Komfort. Die Birne hält mindestens 15 Jahre und zahlt sich innerhalb von 3.5 Jahren aus. 5 Punkte zusätzlich pro Woche und 100 Zusatzpunkte pro Birne. Bestellen?“. Die Angabe des

Sparpotentials und die 3.5 Jahre Amortisationsdauer errechnen sich direkt aus den aktuellen Daten. MEGA weiss, wie viel Leistung die Birne benötigt und wie lange diese pro Tag leuchtet, es kennt die aktuellen Stromtarife und kann sogar aktuellen Preis der beiden Lampentypen nachschlagen. Das System motiviert und bietet direkt an, eine (oder mehrere) dieser Birnen über einen Link zu bestellen. Das könnte auch für den Leuchtmitteldistributor oder Hersteller interessant sein.

- **Avatar:** Ein „Avatar“, eine Figur, zeigt mittels 6 verschiedenen Zuständen an, wie es um die Wochenzielerreichung des Haushalts steht. Zurzeit wird dieser Avatar durch den Kopf einer Dame repräsentiert, die 6 verschiedene Stimmungszustände (von sehr böse/traurig bis sehr glücklich/fröhlich) annehmen kann. Das System ist so aufgebaut, dass dieser Avatar als eine Art „Plug-In“ aufgebaut ist. D.h. theoretisch können Dritte ohne grossen Aufwand selbst irgendeine Figur oder Darstellung entwickeln, die mittels 6 verschiedenen Bildern (oder auch Animationen) eine entsprechende Aussage machen können. Wenn also jemand eher Darth Vader, George Clooney oder einen Gegenstand motiviert werden kann, so kann er sich ein solches „Theme“ selbst über das MEGA-Display auswählen und herunterladen (ähnlich den „Themes“ oder „Skins“ wie man sie von Browsern wie Firefox kennt).
- **Trend:** Zusätzlich zum Avatar gibt ein Pfeil einen Trend an. Vergleichbar mit einer Wetterstation sieht man also sofort, wie sich der Energiebedarf entwickelt, werde ich eher besser oder schlechter. Es ist also möglich, dass der Avatar glücklich ist, der Trend jedoch nach unten zeigt (entsprechend „Schönes Wetter“ aber morgen wird es regnen).
- **Menü:** Öffnet die Menüübersicht am unteren Bildschirmrand.

Zur **zweiten Ansicht** wird automatisch gewechselt:



**Figur 30:** Ansicht 2 – Detaillierte Ansicht der Energie-Informationen

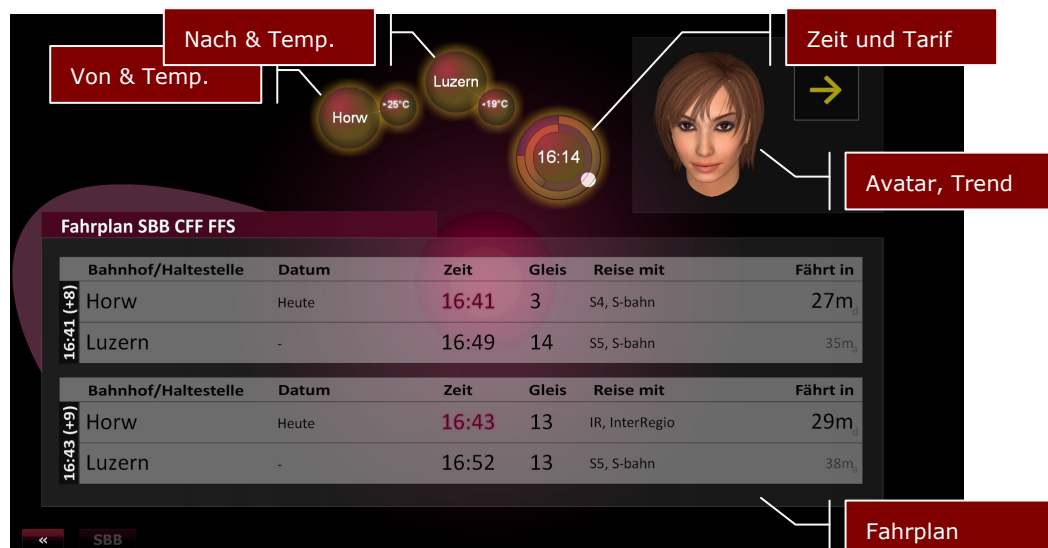
- **Bubble Punktestand:** Akkumulierte Punkte, Gesamtpunktestand.
- **Balkendiagramme:** Zeigen die verschiedenen, ins System eingebundenen elektrischen Verbraucher im iHomeLab als Balken in einem Balkendiagramm einzeln an. Es werden die 5 innerhalb der Woche als schlimmsten Stromfresser identifizierten Verbrauch angezeigt. Ausserdem ist es möglich, Verbrauch zu gruppieren (Licht, Multimedia), wenn dies zur Vereinfachung oder Aussagekräftigkeit des Diagramms notwendig sein sollte. Wird also an einer Steckdose etwas eingesteckt, so ändert sich der Graph nach kurzer Zeit. Sowohl die Höhe des Balkens wie auch der numerische Wert darunter werden aktualisiert. Die Abszisse, die die Momentanlast darstellt, zeigt einen Maximalwert von 2000 an. Obwohl bewusst nicht von einer Einheit gesprochen wird, entspricht dies 2000W. Die Lasten sollen also absolut und nicht verfälscht oder skaliert angezeigt

werden. Die Angabe, wo wieviel Sparpotential liegt, könne noch in das Diagramm einbezogen werden, da diese Information zurzeit im Prinzip fehlt. Die 60 Glühbirne zum Beispiel, die 90% Sparpotential aufweist, ist im Vergleich zum einem A++ Spülmaschine nur relativ klein dargestellt.

- **Zielanzeige, Ring Overlay:** Drei verschiedenfarbige Ringe werden dargestellt: Start, Heute und Ziel. Die internen Werte werden mit dem aktuellen Kosten verknüpft.
- **Avatar, Trend und Ring:** Sie werden auch hier wie im ersten Screen dargestellt.
- **Menüübersicht:** Für das jeweilige Menü können nebenstehend verschiedene Ansichten gewählt werden, die entsprechende Informationen präsentieren.

**Der dritte Screen** wird bei Tourende angezeigt. Anhand eines SBB-Fahrplans soll aufgezeigt werden, dass der Nutzer durch das Angebot nützlicher einfacher Zusatzdienste zur Verwendung des Displays animiert werden kann und er dabei gleichzeitig auch für den Energieverbrauch sensibilisiert werden kann.

- **Bubbles**
  - **Von:** Der Name des aktuellen Ortes (Default: Horw Bahnhof).
  - **Aktuelle Temperatur:** Die Temperatur des aktuellen Ortes.
  - **Zielort:** Der Name des Zielortes (Default: Luzern Bahnhof).
  - **Temperatur am Zielort:** Die Temperatur welche am Zielort herrscht.
  - **Zeit und Tarif:** Die aktuelle Zeit und der aktuelle Tarif und wann er endet.
- **Avatar:** Wechsel von Stimmung und Trend je nach dem elektrischen Energieverbrauch.
- **SBB Fahrplan:** Wann die nächsten Züge fahren.



Figur 31: Externe Applikation: SBB Fahrplan

### Interaktive Displays

Interaktive Displays, wie unten dargestellt, eignen sich ideal zur Visualisierung des Energieverbrauchs. Die Bubbles werden interaktiv über einen Touchscreen bedient.



**Figur 32:** Interaktive Prototyp-Plattformen

Im interaktiven Modus besitzen einige Komponenten neue Funktionen:

- **Menü:** Über den Menü Button wird ein Menü am unteren Ende den Screens dargestellt. Über das Menü kann die Anordnung der Informationen geändert werden.
- **Bubbles:** Wenn man ein Bubble auswählt werden die relevanten Informationen dargestellt. Bei der Auswahl des EVU Bubbles erscheint beispielsweise eine Nachricht des EVU.
- **Balkendiagramme:** Wenn ein Balken mehrere Einzelkomponenten umfasst, so wird dieser bei seiner Auswahl auseinander gefahren und alle Komponenten werden separat in Balkenform dargestellt.

Durch die Interaktivität wird die Motivation auf eine spielerische Art gesteigert.

# Schlussfolgerungen

Das MEGA Projekt hatte sich zur Aufgabe gestellt, ein System zu erforschen, das Menschen im Alltag durch ein gezieltes Feedback über ihren persönlichen Energieverbrauch dazu motiviert, bis zu 15% elektrische Energie einzusparen. Man hat versucht, einen umfassenden Ansatz zu verfolgen und das Projekt in verschiedene Etappen gegliedert, die nachfolgend noch einmal kurz zusammengefasst werden sollen:

1. Aus der Literatur geht hervor, dass das durchschnittliche erwartete Einsparungspotential bei einem privaten Haushalt bei ca. 5-15% liegt. Der entstandene Literaturüberblick umfasst Publikationen und internationale EVU Projekte, welche im Zusammenhang mit Energieeffizienz, Energiesparen und der Motivation dazu stehen. Die wertvollsten Erfahrungen sind ebenfalls in der Recherche enthalten. In der Literatur ist man ebenfalls der Ansicht, dass eine Echtzeit-Anzeige über den Energiehaushalt die wirksamste Methode ist, um Leute im Haushalt zu informieren und zum Sparen zu motivieren. Aus der Recherche ergaben sich 131 potentielle Systemfeatures für das MEGA-System.
2. Eine umfangreiche Recherche ergab einen Katalog von Technologien und Methoden um Energie zu sparen und wie Informationen darüber bereitgestellt werden können. Bestehende Technologien zur Darstellung von Energieinformationen und grundlegende Technologien um neue, zukünftige System zu entwickeln wurden gesucht und deren Details veröffentlicht. Trends wurden bei der Recherche ebenfalls aufgezeigt und veröffentlicht.
3. Mögliche technische Systeme wurden erarbeitet. Existierende und in der nahen Zukunft verfügbare Hard-/Software wurde im Detail geprüft und die Ergebnisse dokumentiert. Die Features sind priorisiert in den Systemanforderungen. Trend- und Technologiebewertungen wurden dazu verwendet, die grosse Anzahl von System-Architekturen auf 4 ausgewählte Konzepte zu reduzieren. Ein Szenario davon wurde für die Umsetzung als Prototyp ausgewählt.
4. Ein MEGA-System Prototyp wurde aufgebaut. Die grafische Benutzeroberfläche ist so konzipiert, dass sie spielerisch und informativ aber trotzdem sauber und nicht überladen wirkt. Die Software-Architektur ist robust und modular sowie plattformunabhängig aufgebaut. Als Software Technologien wurden Java-OSGi und Flash eingesetzt.
5. Für die Präsentation der Ergebnisse und zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit wurde im iHomeLab im Themenbereich Energieeffizienz ein Prototyp eingerichtet. Bei Führungen durch das iHomeLab wird die grafische Oberfläche der Öffentlichkeit gezeigt und ihr die Funktionalität erörtert. Der Prototyp wurde in seinem Konzept so einfach wie möglich, ohne eine Vielzahl von zusätzlichen Funktionen gehalten. In Einheit mit den interaktiven Displays führt dies dazu, dass die Besucher nach der Show anfangen, damit zu spielen, sich mit dem Thema auseinandersetzen und dazu Fragen zu stellen.

Zusammenfassend gilt es zu sagen, dass man in den letzten gut 18 Monaten sehr viel dazugelernt hat. Wir selber im Verlauf des Projekts und auch andere Beteiligte. Denn es ist erstaunlich, welche Entwicklung in dieser kurzen Zeit in Bezug auf solche Feedback-Systeme stattgefunden hat. Im Zuge der Suche nach Wegen, die Energieeffizienz zu erhöhen und neue Märkte zu eröffnen wurde ein regelrechter Feedback- und Smart Metering Boom ausgelöst. Den kompletten Überblick über alle alten und Lösungen und laufende Initiativen zu behalten, ist sehr schwierig geworden. Global Players wie Google, Intel oder Microsoft, Cisco haben sich dem Thema angenommen. Unzählige kleine Firmen drängen auf den Markt mit ihren proprietären Lösungen (z.B. PlugWise, Plogg, Geroco). Auch die ersten Versuche, solche Applikationen zu standardisieren werden unternommen (z.B. ZigBee Smart Energy, IEC). Im Ausland und auch in der Schweiz finden (z.B. mit iSMART) auch die ersten von EVU durchgeführten und von spezialisierten Beratungsfirmen begleiteten Feldtests statt.

Bei den Schnittstellen zum Benutzer hat man gelernt, wie das Thema angegangen werden muss, um den maximalen Effekt zu erzielen. Und so berücksichtigen viele der neuen Lösungen die Psychologie der Menschen und basieren auf dem durchschlagenden Erfolg der neueren Smart Phones und deren Bedienung (vor allem dem iPhone zu verdanken). Wie sich die vielen neuen Produkte im Markt behaupten und welche sich schlussendlich durchsetzen werden, wird man in den nächsten Jahren sehen.

Ein Wermutstropfen jedoch bleibt, der auch das MEGA Projekt etwas eingeschränkt hat: Die Infrastruktur. Es fehlt noch immer an der nötigen günstigen, einfachen, zuverlässigen und gut integrierbaren Messinfrastruktur um zu den Daten zu gelangen, die schliesslich ansprechend und motivierend visualisiert werden sollen. Mit der Einführung von Smart Meters, die jedoch gerade in der Schweiz noch eher zögerlich vonstatten geht, könnte sich die Situation in den nächsten Jahren verbessern. Doch vor allem wenn man die Messung verteilt auf einzelne Verbraucher vornehmen möchte, sind die heutigen Lösungen noch einen grossen Schritt von der Massentauglichkeit entfernt, die man sich für ein solches System wünscht.

# Danksagungen

Die Autoren danken dem Bundesamt für Energie (BFE) und den iHomeLab Partnern für die Finanzierung sowie Roland Brüniger, Michael Moser, Daniel Dähler, Martin Stöckli, Hans-Peter Broger, Thomas Fisch, Res Witschi, Andreas Jarosch, Ralph Eichenberger, Jörn Hopf, Christian Jost und Jan S. Hussmann für die verschiedenen anregenden Diskussionen sowie die Unterstützung.

## Symbolverzeichnis

|       |                                                        |
|-------|--------------------------------------------------------|
| AMI   | Advanced Metering Infrastructure                       |
| AMR   | Automated Meter Reading                                |
| AMM   | Advanced Meter Management                              |
| BDEW  | Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft        |
| COSEM | COmpanion Specification for Energy Metering            |
| DLMS  | Device Language Message Specification                  |
| DSL   | Digital Subscriber Line                                |
| EIB   | European Installation Bus                              |
| ESP   | Energy Service Portal                                  |
| EVU   | Energie Versorgungsunternehmen                         |
| FTTH  | Fibre To The Home                                      |
| GPRS  | General Packet Radio Service                           |
| GSM   | Global System for Mobile                               |
| ISM   | Industrial Scientific Medical                          |
| MUC   | Multi Utility Controller                               |
| NGO   | Non Government Organisation                            |
| PLC   | Power Line Carrier                                     |
| POTS  | Plain Old Telephone System                             |
| SMIQ  | Smart Meter Initiative Querverbund                     |
| SML   | Smart Message Language                                 |
| TOU   | Time Of Use                                            |
| WSN   | Wireless Sensor Networks                               |
| XML   | eXtensible Markup Language / eXtenden Message Language |

## Referenzen

- [1] BFE - Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2006 nach Verwendungszwecken, Bundesamt für Energie BFE, Energiewirtschaft, April 2008
- [2] Nipkow, Jürg; Togni, Giuse; Braunwalder, Armin – Verminderung der Standby-Verluste, Hindernisse und Massnahmen zur Überwindung, *BFE Schlussbericht, Dezember 2007*
- [3] Topten - [Online] <http://www.topten.ch>
- [4] iHomeLab - Denkfabrik und Forschungslabor für Intelligentes Wohnen – Hochschule Luzern, [Online] <http://www.iHomeLab>
- [5] Wikipedia - Energieeffizienz, [Online] <http://de.wikipedia.org/wiki/Energieeffizienz>
- [6] Wikipedia - Rebound, [Online] [http://de.wikipedia.org/wiki/Rebound\\_\(%C3%96konomie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Rebound_(%C3%96konomie))
- [7] Lovins AB - Energy strategy: the road not taken? *Foreign Affairs: 65-96. 1976*
- [8] Michael Jefferson – Accelerating the transition to sustainable energy systems, *Published by Elsevier Energy Policy 36 (2008) p. 4116-4125*
- [9] BFE - Rationelle Energienutzung in Gebäuden, [Online] <http://www.bfe.admin.ch/themen/00507/00607/index.html?lang=de>

- [10] EURLEX - Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/EWG des Rates (Text von Bedeutung für den EWR) [Online] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0032:DE:NOT>
- [11] Logica – Smart Metering for Dummies, [Online] <http://www.logica.com/download+smart+metering+for+dummies/400013834>
- [12] Owen, Gill and Ward Judith - Smart Meters: Commercial, Policy and Regulatory Drivers, *Published by Sustainability First (2006)*
- [13] Owen Gill and Ward Judith - Smart Meters: Commercial, Policy and Regulatory Drivers Appendices, *Published by Sustainability First (2006)*
- [14] Special Interest Group Smart Metering – Smart Metering and Energy-Aware Devices: The Gateway to Energy Efficiency Services, Bits to Energy Lab, 2008
- [15] Ministerial Council on Energy Australia - Smart Meters, Information Paper on the Development of an Implementation Plan for the Roll-Out of Smart Meters, *Januar 2007*
- [16] MacDonald Mott - Appraisal of Costs & Benefits of Smart Meter Roll Out Options, *Final Report BERR, April 2007*
- [17] Thomes Rob - Impact Assessment of Smart Metering Roll Out for Domestic Consumers and for Small Businesses, *Summary: Intervention & Options, BERR April 2008*
- [18] BBC News Business – New smart meter plan is unveiled, [Online] <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/8042716.stm>
- [19] BFE, econcept, EnCT – Smart Metering für die Schweiz – Potentiale, Erfolgsfaktoren und Massnahmen für eine erfolgreiche Einführung, 1. Arbeitspapier, 16. Juni 2009
- [20] Metering.com – Smart meters not to be compulsory in Netherlands, [Online] <http://www.metering.com/Smart/meters/not/compulsory/Netherlands>
- [21] GWF – Smart Metering Umfeld und Technologie, *Präsentation vom 8. Januar 2009*
- [22] Scott Faye - Teaching Homes to be Green: Smart Homes and the Environment, *Green Alliance Publication, November 2008*
- [23] Steg Linda - Promoting household energy conservation, Department of Psychology, *Faculty of Behavioural and Social Sciences, University of Groningen*
- [24] Abrahamse Wokje – Energy conservation through behavioral change: Examining the effectiveness of a tailor-made approach, *Doctoral Thesis, University of Groningen, 2007*
- [25] Rolls J.M - A review of strategies promoting energy related behaviour change, *Department for Transport, Energy and Infrastructure, Australia*
- [26] Tools of change: Proven Methods for Promoting Health, Savety and Environmental Citizenship, [Online] <http://www.toolsofchange.com>
- [27] Darby Sarah - Making it obvious: designing feedback into energy consumption, *University of Oxford, Proceedings, 2nd International Conference on Energy Efficiency in Household Appliances and Lighting. Italian Association of Energy Economists/ EC-SAVE programme (2000).*
- [28] Darby Sarah - The effectiveness of feedback on energy consumption, *Environmental Change Institute, University of Oxford A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays. Environmental Change Institute, University of Oxford (2006)*
- [29] Darby Sarah – Findings from customer feedback trials, *Presentation ESMA Conference (2009)*
- [30] Fischer Corinna - Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy? *Energy Efficiency, Vol. 1, No. 1. (3 February 2008), pp. 79-104.*
- [31] Fischer Corinna - Influencing Electricity Consumption via Consumer Feedback. A review of experience. *Berlin, Februar 2007*
- [32] Matthies E. – Wie können PsychologInnen ihr Wissen besser and die PraktikerIn bringen? Vorschlag eines neuen integrativen Einflusschemas umweltgerechten Alltagshandelns, *Umweltpsychologie 9(1), p. 62-81, 2005*
- [33] Park Hi-Chun, Heo Eunyeong - The direct and indirect household energy requirements in the Republic of Korea from 1980 to 2000—An input-output analysis, *Published by Elsevier Ltd. 2006*
- [34] Reinders, A.H.M.E. and Vringer, K. and Blok, K. -The direct and indirect energy requirement of households in the European Union. *Energy Policy, 31 (2). pp. 139-153. ISSN 0301-4215, 2003*
- [35] I. Stadler, Dialogfähige Energiemanagementsysteme im Kontext von Energieverbrauch und Nutzerverhalten, *Dissertation, Universität Gesamthochschule Kassel, April 2001, Kassel*
- [36] Schramm, Martina - Smart Metering – die Zukunft hat begonnen, *Landis+Gyr GmbH Deutschland, Präsentation anlässlich der e/home Konferenz 2008 in Berlin, [Online] [http://www.ehome-berlin.de/download\\_praesentationen](http://www.ehome-berlin.de/download_praesentationen)*
- [37] BFE - Bundesamt für Energie BFE – Rationelle Energienutzung in Gebäuden, [Online] <http://www.bfe.admin.ch/themen/00507/00607/index.html?lang=de>
- [38] BFE - Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2006 nach Verwendungszwecken, *Energiewirtschaft, April 2008*
- [39] BFE - Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2009, *August 2010*
- [40] BFE – Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2009, *August 2010*
- [41] Becker, Martin - Energieeffizienz durch Einsatz von Raum- und Gebäudeautomation mit Bezug zur DIN V 18599 und EN 15232, Fakultät Architektur & Gebäudetechnik, *Hochschule Biberach, Präsentation GLT-Anwendertagung 2007, Berlin*

- [42] European Commission - EPBD Energy Performance of Buildings Directive, [Online] <http://www.buildingsplatform.org/cms/>
- [43] U.S. Department of Energy - Building Technologies Program, [Online] <http://www.energy.gov/energyefficiency/buildings.htm>
- [44] KNX - Energieeffizienz mit KNX, [Online] KNX Association, <http://www.knx.org>
- [45] LonMark Deutschland - Energieeffizienz automatisieren, [Online] [http://www.lno.de/termine/marketingmat/0706\\_LMD\\_Brosch-Energieeffizienz\\_lowres.pdf](http://www.lno.de/termine/marketingmat/0706_LMD_Brosch-Energieeffizienz_lowres.pdf)
- [46] Schumann Thomas - Adaptive Automation: brachliegendes Energiesparpotential für Wohngebäude, Dr. Thomas Schumann, Adhoco AG, Präsentation anlässlich der e/home Konferenz 2008 in Berlin, [Online] [http://www.ehome-berlin.de/download\\_praesentationen](http://www.ehome-berlin.de/download_praesentationen)
- [47] Nipkow Jürg, Elektrizitäts-Sparpotentiale Schweiz, S.A.F.E. 2007 (Daten aus 2005), [Online] [http://www.energieeffizienz.ch/files/SAFE\\_Sparpotential\\_Strom\\_2005\\_JN.pdf](http://www.energieeffizienz.ch/files/SAFE_Sparpotential_Strom_2005_JN.pdf)
- [48] Gasser Stefan, www.energybox.ch – Auswertung des Stromverbrauchs von 13'000 Haushalten, S.A.F.E. 2007 [Online] [http://www.energieeffizienz.ch/files/Auswertung\\_Energybox\\_050507.pdf](http://www.energieeffizienz.ch/files/Auswertung_Energybox_050507.pdf)
- [49] Bush Eric, Josephy Barbara, Nipkow Jürg, Stromsparpotential von Kaffeemaschinen, Bush Energie GmbH, ARENA, 2007 [Online] [http://www.energieeffizienz.ch/files/Ber\\_Kaffeemaschinen\\_Sparpotential\\_07\\_d.pdf](http://www.energieeffizienz.ch/files/Ber_Kaffeemaschinen_Sparpotential_07_d.pdf)
- [50] CEN, EN 15232:2007 Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management
- [51] BFE – Electrical Appliances, [Online] <http://www.bfe.admin.ch/energie/00572/00574/index.html?lang=en>
- [52] Iten Rolf, Hammer Stephan, Bernhard Oetli, Christian Schneider - Instrumente für Energieeffizienz im Elektrizitätsbereich, INFRAS im Auftrag des BFE, Juni 200
- [53] Roth Kurt W., McKenney K., Ponoum R., Paetsch C. - Residential Miscellaneous Electric Loads: Energy Consumption Characterization and Savings Potential, Building Technologies Program, TIAX LLC Final Report, July 2007
- [54] Williams Eric D., Matthews H. Scott - Scoping the potential of monitoring and control technologies to reduce energy use in homes, Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics & the Environment, p 239-244, May 200
- [55] Leisch Dr. Wilfried - Energie Sparen Umwelt und Konto schonen, Energiesparbroschüre Oesterreichische Arbeiterkammer [Online] <http://www.arbeiterkammer.at/bilder/d85/Energiesparbroschure.PDF>
- [56] BFE - Mehrfamilienhäuser energetisch richtig erneuern, Broschüre gratis zu beziehen [Online] [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_794744386.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_794744386.pdf)
- [57] Topten.ch, Der Klick zum besten Produkt!, [Online] <http://www.topten.ch>
- [58] Energybox.ch – Das interaktive Beratungswerkzeug für den optimalen Einsatz von Energie, [Online] <http://www.energybox.ch/>
- [59] Jürg Nipkow, Giuse Togni, Armin Braunwalder – Verminderung der Standby-Verluste, Hindernisse und Massnahmen zur Überwindung, BFE Schlussbericht, Dezember 2007
- [60] Shwetak N. Patel, Thomas Robertson, Julie A. Kientz, Matthew S. Reynolds, and Gregory D. Abowd - At the Flick of a Switch: Detecting and Classifying Unique Electrical Events on the Residential Power Line, Proceedings of Ubicomp 2007
- [61] Ralph Eichenberger – Energy Cloud Konzeptstudie Visualisierung MEGA für CEESAR-iHomeLab, Juli 2009
- [62] EU JRC - End-use Energy Efficiency Activities at the European Commission Joint Research Center [Online] [http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby\\_initiative.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative.htm)
- [63] Wilde-Ramsing Joseph, Steinweg Tim, Kokke Maaïke – Sustainability in the Dutch Power Sector, Somo, September 2008, [Online] [http://somo.nl/publications-en/Publication\\_2673/at\\_download/fullfile](http://somo.nl/publications-en/Publication_2673/at_download/fullfile)
- [64] wik Consult, Fraunhofer Institute ISI, ISE – Potenziale der Informations- und Kommunikations-Technologien zur Optimierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs (eEnergy), Studie für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Dezember 2008
- [65] BMWi - E-Energy, ICT-based Energy System of the Future, Federal Ministry of Economics and Technology, Germany, April 2008, [Online] [http://www.e-energie.info/pdf/2008\\_04\\_%20Broschuere%20BMW%20Leuchtturm\\_EEnergy.pdf](http://www.e-energie.info/pdf/2008_04_%20Broschuere%20BMW%20Leuchtturm_EEnergy.pdf)
- [66] Schäffler Harald – Der Wettbewerb E-Energy – ein Förderprogramm des BMWi, EnCT, Präsentation anlässlich der e/home Konferenz 2008 in Berlin, Oktober 2008, [Online] [http://www.ehome-berlin.de/download\\_praesentationen](http://www.ehome-berlin.de/download_praesentationen)
- [67] IBM - Preis, Verbrauch und Umwelt versus Komfort – der mündige Energie-verbraucher, Verbrauchsverhalten und neue Möglichkeiten zur Kundenbindung und Kundengewinnung für Energieversorger, IBM Global Business Services, August 2007
- [68] BERR - Energy Demand Research Project (Smart Meter Trials), [Online] <http://www.berr.gov.uk/whatwedo/energy/environment/smart-metering/demand-project/page45556.html>
- [69] Ofgem - Energy Demand Research Project, Review of progress, June 2008 Ref: 110/08 [Online] [http://www.ofgem.gov.uk/MARKETS/RETMKTS/METRNG/SMART/Documents1/EDRP\\_June\\_2008\\_Public\\_progress\\_report\\_final.pdf](http://www.ofgem.gov.uk/MARKETS/RETMKTS/METRNG/SMART/Documents1/EDRP_June_2008_Public_progress_report_final.pdf)
- [70] Pius Achermann – Ist die EU intelligenter?, Home Electronic, 7-8/2009, S. 46-49
- [71] DOE - Energy Calculators & Software, Energy Efficiency and Renewable Energy [Online] <http://www1.eere.energy.gov/calculators/homes.html>
- [72] Jürg Nipkow, Stefan Gasser, Eric Bush – Der typische Haushalt-Stromverbrauch, Bulletin SEV/VSE 19/2007, S. 24-26
- [73] Jost Christian, digitalSTROM & IP über Zweidrahtleitung, Hochschule Luzern Technik & Architektur, Industrieprojekt Elektrotechnik, 22.11.2007

- [74] digitalSTROM.org – digitalSTROM, [Online] <http://www.digitalSTROM.org>
- [75] Geroco – Geroco Control Your Energy, [Online] <http://www.geroco.com/>
- [76] ZES Zimmer Electronic Systems GmbH – LMG500 1 to 8 Channel Precision Power Analyzer, [Online] [http://www.zes.com/products/lmg500\\_e.html](http://www.zes.com/products/lmg500_e.html)
- [77] Landis+Gyr – Elektronische Haushaltzähler ZMD100/SMF100, [Online] [http://www.landisgyr.ch/de/pub/produkte\\_und\\_loesungen.htm](http://www.landisgyr.ch/de/pub/produkte_und_loesungen.htm)
- [78] Echelon – NES Smart Metering System, [Online] <http://www.echelon.com/metering/default.htm>
- [79] Emu Elektronik – Emu Energie- und Leistungsmessgeräte, Stromzähler, [Online] <http://www.emuag.ch>
- [80] EnBW AG – EnBW Stromzähler-Technologie, [Online] [http://www.enbw.com/content/de/impulse/forschung\\_umwelt/intelligenter\\_Zaehler/pioniertechnologien/index.jsp](http://www.enbw.com/content/de/impulse/forschung_umwelt/intelligenter_Zaehler/pioniertechnologien/index.jsp)
- [81] Microsoft Environment – Yellow Strom Meter Tracks Electrical Usage, [Online] [http://www.microsoft.com/environment/software\\_showcase/articles/yello\\_strom.aspx](http://www.microsoft.com/environment/software_showcase/articles/yello_strom.aspx)
- [82] ZigBee Alliance – Smart Energy Features [Online] <http://www.zigbee.org/Markets/ZigBeeSmartEnergy/tabid/224/Default.aspx>
- [83] Plugwise – Plugwise Homepage [Online] <http://www.plugwise.com/de/zu-hause/heimanwendung>
- [84] Adafruit Industries - Tweet-a-Watt starter pack [Online] [http://www.adafruit.com/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=32&products\\_id=143&sessid=1be482b561adc7df6e1b718dda9dc2e2](http://www.adafruit.com/index.php?main_page=product_info&cPath=32&products_id=143&sessid=1be482b561adc7df6e1b718dda9dc2e2)
- [85] Intel Energy Solutions – HEC Home Energy Console [Online] <http://www.intel.com/embedded/energy/index.htm>
- [86] IHS – Utility Companies, ZigBee, HomePlug Team to Develop Wired HAN Standard, [Online] <http://electronics.ihs.com/news/2008/zigbee-wired-han-091108.htm>
- [87] Wikipedia – Datenspeicher, [Online] <http://de.wikipedia.org/wiki/Datenspeicher>
- [88] Wikipedia – Artificial Intelligence, [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_intelligence](http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence)
- [89] Jiang Xiaofan, Dawson-Haggerty Stephen, Dutta Prabal, Culler David – Design and Implementation of a High-Fidelity AC Metering Network, *IPSN'09, April 15-18 2009*
- [90] Berkeley - „ACme“ Platform, [Online] <http://acme.cs.berkeley.edu/>
- [91] Lifton Joshua, Feldmeier Mark, Ono Yashuhiro, Lewis Cemeran, Paradiso Joseph A., A Platform for Ubiquitous Sensor Deployment in Occupational and Domestic Environments, *IPSN'07, April 25-27, 2007*
- [92] Priyantha Nissanka B., Kansal Aman, Goraczko Michel, Zhao Feng - Tiny Web Services: Design and Implementation of Interoperable and Evolvable Sensor Networks, *SenSys'08 November 5-7 2008*
- [93] Tendril – Tendril, [Online] <http://www.tendrilinc.com/>
- [94] GreenBox – GreenBox Technology – Interactive Energy Management, [Online] <http://www.getgreenbox.com/>
- [95] Energyhub – EnergyHub – Bringing the Smart Grid home, [Online] <http://www.energyhub.net/>
- [96] MyEex – My Emmission Exchange, Redusing your Carbon Footprint [Online] <http://www.myemissionsexchange.com/>
- [97] Earth Aid – Earth Aid, Reduce your home energy usage [Online] <http://www.earthaid.net/>
- [98] Positive Energy – Positive Energy USA [Online] <http://www.positiveenergyusa.com/>
- [99] Springwise – Eco & Sustainability Archives [Online] [http://springwise.com/eco\\_sustainability/](http://springwise.com/eco_sustainability/)
- [100] Heinrich Nold, Rolf Kistler – Vorstudie CARUSO, HTA Hochschule für Technik+Architektur Luzern, V1.06
- [101] BFS – Schweiz, Menschen mit Behinderungen [Online] <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/20/06/blank/key/01.html>
- [102] BFS – Haushaltseinkommen und –ausgaben 2007 [Online] <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/20/02/blank/key/einkommen0/niveau.html>
- [103] BFS – Detaillierte Ergebnisse der SAKE [Online] [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/03/02/blank/data/03.html#parsys\\_00811](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/03/02/blank/data/03.html#parsys_00811)
- [104] BFS – Eidgenössische Volkszählung 2000 Gebäude, Wohnungen und Wohnverhältnisse
- [105] BFS – Informationsgesellschaft Indikatoren, [Online] [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/16/04/key/approche\\_globale.approach.301.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/16/04/key/approche_globale.approach.301.html)
- [106] Helsinki Institute for Information Technology - Comparison of End-User Electric Power Meters for Accuracy, [Online] [http://www.hiit.fi/files/admin/publications/Technical\\_Reports/hiit-tr-2009-1.pdf](http://www.hiit.fi/files/admin/publications/Technical_Reports/hiit-tr-2009-1.pdf)
- [107] Energy Savings Trust - The Smart Way To Display. [Online] <http://www.energysavingtrust.org.uk/corporate/Corporate-and-media-site/Library/Publications-and-reports/The-smart-way-to-display>
- [108] ESMA – D6.2 - Report on Effective Customer Feedback Mechanisms, *European Smart Metering Alliance*, June 2008, [Online] <http://www.esma-home.eu/downloads/>

- [109] ESMA – Annual Report on the Progress in Smart Metering 2009, Version 2.0, *European Smart Metering Alliance*, Jan. 2010, [Online] <http://www.esma-home.eu/downloads/>
- [110] NIST – Smart Grid Interoperability Standards [Online] <http://www.nist.gov/smartgrid/>
- [111] Energie-Plattform.ch des Energie-Cluster.ch - Metering Installations, Switzerland, [Online] <http://www.energie-plattform.ch/me/metering-installationen>
- [112] BKW - iSMART – Die zukunftsweisende Pilotstudie der BKW [Online] <http://www.inergie.ch/projekte/ismart.html>
- [113] European Technology Platform for the Electricity Networks of the Future (SmartGrids) - European SmartGrids Strategic Deployment Document (SDD), May 2010, [Online] <http://www.smartgrids.eu/?q=node/65>
- [114] Rolf Kistler, Michael Fercu – Comparison of energy efficiency solutions for households applying electrical energy measurement of individual consumers; Vergleich verschiedener Effizienzlösungen mit Einzelverbrauchermessung für Haushalte Schlussbericht - [http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/01740/01748/01751/02313/index.html?dossier\\_id=04327&lang=en](http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/01740/01748/01751/02313/index.html?dossier_id=04327&lang=en)
- [115] IEEE – IEEE Smart Grid Standards [Online], <http://smartgrid.ieee.org/standards/>
- [116] SGIC – U.S. Smart Grid Information Clearinghouse [Online], <http://www.sgiclearinghouse.org>
- [117] OfGem - Smart Metering Implementation Programme - Prospectus, [Online], <http://www.ofgem.gov.uk/Pages/MoreInformation.aspx?docid=40&refer=e-serve/sm/Documentation>
- [118] Hannu Pihala - Non-intrusive appliance load monitoring system NIALMS, licentiate thesis Technical Research Centre of Finland, ESPOO 1998 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/1998/P356.pdf>

# Anhang A

## Projekte und Studien: Energieeffizienzprojekte

### Norwegen (1996-1999, 4..10%, Energie Feedback Display)

Die Lyse Energy Studie ist die am längsten durchgeführte Studie. Sie dauerte rund 3 Jahre und untersuchte 50'000 Haushalte in Oslo, Helsinki und Stavanger. Zuvor war bereits von 1987-1989 eine Studie im Gang.

Man sparte rund 8% durch die verbesserte Darstellung bei Energierechnungen und 10% wenn man auf diesen Rechnungen zusätzlich noch Tipps zum Energiesparen gab. Vor der Studie wurden die Zähler einmal jährlich abgelesen und vier Rechnungen gestellt (drei basierten auf Schätzungen). Den verbesserten Rechnungen wurde eine einfache Informationsbroschüre beigelegt, die erklärte wie die Rechnungen zu lesen sind. Die Rechnungen selbst waren genauer, enthielten Grafiken, und boten Vergleiche basierend auf historischen Daten und mit ähnlichen Haushalten an. Ausserdem wurden die Aktivitäten speziell erwähnt, die am meisten Energie benötigt hatten. Man fand heraus, dass diese Rechnungen besser und öfter gelesen wurden und dazu beitrugen, das Verhalten der Bewohner zu ändern.

Eines der wichtigsten Resultate der Studie war, dass 90% der Leute ein Kuchendiagramm verstehen und die Informationen daraus verwenden können. Norwegen hat rund 2.1 Millionen Haushalte.

### Schweden (1998, 2003, 20% gespart, Prepaid Zähler und Rechnungen)

Schweden hat im Jahre 1998 eine Studie durchgeführt, für die Prepaid Zähler installiert wurden. Zu den Prepaid Zählern gehörte eine Smart-Card (Plastikkarte im Kreditkartenformat), die man in Lebensmittelläden kaufen und aufladen konnte. Der Zähler selbst hat verschiedene Informationen auf seinen Display angezeigt: kWh, Kosten, Tarif und CO<sub>2</sub> Ausstoss. Der Pilot wurde von Birka Teknik & Miljö AB in Stockholm durchgeführt.

Ein anderer Versuch fand in 2003 statt und wurde vom Energy Economics of Lund Institute für die Swedish Energy Agency durchgeführt. Auch hier spielte die Präsentation von (Elektrizitäts-)Rechnungen eine grosse Rolle. 90% der Kunden mochten es, wenn sie auf den Rechnungen gewarnt wurden, dass ihr Energiebedarf zugenommen hat. 75% wollten eine Grafik, die den Verbrauch mit dem des letzten Jahres verglich, 65% wollten Energiespartipps, 50% fanden Vergleiche mit ähnlichen Haushalten gut und nur etwa 33% sahen ein Internet-Display als sinnvoll an.

BySys ist ein Webpage gesteuertes, EIB basiertes Gebäudeautomationssystem (BEMS), das von der Universität von Kassel und BOSCH zwischen 1998 und 2001 entwickelt wurde [35]. Es wurde speziell darauf ausgelegt, den Gesamtenergieverbrauch von Gebäuden durch Visualisierung von Energieflüssen und Kosten sowie durch Fernsteuerung und Management zu senken. Das BySys Gebäudeenergie-Managementsystem besteht aus einer Gebäudeautomations-Einheit über die die gesammelten Gebäudedaten in eine Datenbank einfließen. Aus der Datenbank (DBMS) gelangen diese über eine ODBC Schnittstelle zu einem Webserver, der sie schlussendlich dem Benutzer über den Browser in Form von XHTML/Flash Seiten zur Verfügung stellt.

Im Europäischen FP5 Projekt EUBART wurde es als Basis für den sogenannten BEMS, den Energy Butler verwendet. Man kombinierte bio-klimatische Architektur, erneuerbare Energien, elektronische Energiezähler und BEMS in neu erbaute Gebäude. Neben einem Web basierten Feedback (Verbrauch, Emissionen, Kosten) wurden die Benutzer über ein Stimmsystem zu ihrem Komfortempfinden befragt. Die Resultate konnten manuell durch einen Gebäudewart oder automatisch durch einen Algorithmus in das System zurückfliessen.

Das System wurde in Schweden, UK und Griechenland getestet und brachte 10%, vereinzelt bis zu 50% Einsparungen.

#### **Nordirland (1999, 3..10%)**

Northern Ireland Electricity (NIE) installierte Prepaid Zähler mit Magnetkarte und Pinnummer zwischen 1990 und 1999. Man wollte damit in erster Linie Betriebskosten senken, der Druck kam jedoch auch von der Politik. Es wurde das „Liberty Keypad System“ getestet. Der Zähler hat (1) ein einfaches Display ohne komplizierte Icons, (2) zeigt Informationen an wie aktueller Verbrauch, Guthaben, aktuelle und ältere Rechnungen und die Anzahl Tage, bis der Zähler abgeschaltet wird (weil das Guthaben aufgebraucht wurde) und (3) bietet die Funktion die Last zu Reduzieren anstatt komplett abzuschalten. Man erreichte dadurch eine Einsparung von zwischen 3 und 10%.

#### **Italien (2005..2009, 5% Spitzenlast, Load Management)**

Das Telegestore Projekt, das von Enel durchgeführt wird, war eines der ersten grossen Smart Metering Projekte der Welt, das von einem Energieunternehmen initiiert wurde. Noch bevor die Deregulierung des Marktes in Italien zwischen 2006..2011. Enel ist Italiens grösstes Energieunternehmen. Es wurde vom Staat 1962 gegründet, gehört ihm noch immer zu 31.2% und hat in Italien rund 87% Marktanteil. Alles andere sind kleinere Unternehmen, die zum Teil den Gemeinden gehören. Zwischen 2001..2005 hat Enel 27 Millionen Echelon Zähler installiert, gefolgt von rund 353'000 Datenkonzentratoren bis 2008. So kann nun auf praktisch alle Zähler von fern zugegriffen werden. Das System erlaubt halb-monatliche Auslesung, Last Management und Demand Response Aktionen zu Spitzenlastzeiten, Fernabschaltung und spart so rund 2 zusätzliche Kraftwerke. Die Zähler kommunizieren via PLC mit dem nächsten Konzentrador, der die Daten danach per GPRS weiterleitet. Die Fehlerrate soll bei rund 0.3% liegen und das System rund 15 Jahre arbeiten. Die Initialkosten waren rund 2.1 Milliarden verteilt auf 5 Jahre, mit voraussichtlichen Einsparungen von 0.5 Milliarden pro Jahr. Das einzige Feedback bietet das LCD Display des Smart Meters. Die Demand Response Massnahmen, die von Enel gesteuert werden zeigten eine Reduktion zu Spitzenlastzeiten von rund 5%.

#### **Niederlande (2007, 10%)**

Zehn Energieunternehmen teilen sich die 7.9 Millionen niederländischen Haushalte. Die niederländische Regierung hat einen Standard für Smart Meters ausgearbeitet und bis 2014 sollen alle Haushalte mit solchen ausgestattet werden. So wollen Oxxio/Centrica/British Gas ihren Kunden helfen 10% weniger Energie innerhalb von drei Jahren zu sparen durch Online Beratung (<http://www.oxxbbox.nl>), Smart Meters und Preisanreize. Oxxio (7% Anteil, 4. grösster Provider) hat eine erste kombinierte Elektrizitäts- und Gaslösung herausgebracht, in Zusammenarbeit mit IBM und ENEL.

Ein interessanter Überblick über die sogenannten „Demand-Side Initiatives“, die die Energieversorgungsunternehmen ihren Kunden bieten um Energie zu sparen, findet sich in [63].

#### **Deutschland**

Die grösste Initiative in Deutschland ist **eEnergy**. Sie wurde vom BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) mit einer Studie initiiert, die im Januar 2007 veröffentlicht wurde [64]. Das 200-seitige Dokument untersucht „Potentiale der Informations- und Kommunikations-Technologien zur Optimierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs( eEnergy). Die Studie kam zu folgenden Resultaten [66]:

- Im Prinzip sind die Basistechnologien vorhanden

- Die Integration wird erschwert durch proprietäre Kommunikationsstandards, -technologien und -protokolle
- Das Messwesen, die dezentrale Erzeugung von Energie und die Gebäudetechnik sind in weiten Teilen noch getrennte Welten
- Smart Metering hat eine Schlüsselposition

In Bezug auf das „MEGA“ Thema erwähnt die Studie dass im „Haushaltbereich Potentiale durch Visualisierung des tatsächlichen Energieverbrauchs und die hieraus folgenden Einsparungen der Verbraucher und Einführung zeitabhängige Tarife nach konservative Schätzungen etwa 9.5 TWh pro Jahr eingespart werden können.“

Schliesslich macht die Studie 7 Vorschläge für Modellprojekte. Aufgrund der Studie wurde ein Wettbewerb ausgeschrieben, zu dem 28 Beiträge eingereicht und schliesslich 6 Förderregionen ausgewählt wurden. Diese befassen sich mit dem Thema Smart Energy ganz allgemein, gehen also weit über reines Smart Metering oder Feedback hinaus. Es werden auch Smart Grids, Online Marktplätze, Energiebörsen etc. realisiert. Eine kurze Auflistung der 6 Projekte:

| Name                 | Region                           | Partner                                                                           | Themen                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E-DeMa               | Mühlheim an der Ruhr und Krefeld | RWE, Stadtwerke Krefeld, Siemens, Prosyst, Miele, ef.ruhr                         | IKT-Gateway, Preissignale, Steuerung von Weissware und dezentralen Erzeuger, IT-Plattform für den Marktplatz, Netzbetriebsführung, Neue Geschäfts- und Abrechnungsprozesse, Integration modernster Kommunikation                                 |
| eTelligence          | Cuxhaven                         | EWE, BTC, energy & meteo systems, OF-FIS, Fraunhofer Allianz energy, Öko-Institut | Automatisierungsarchitektur, Business Middleware, Marktplattform, Intelligente Betriebsführung, Dienste, Standardisierung                                                                                                                        |
| MEREGIO              | Karlsruhe-Stuttgart              | EnBW, ABB, IBM, SAP, Systemplan, Uni Karlsruhe                                    | Intelligente Zähler, hybride Energieerzeugung, Homeautomation, Netztechnik, Preissignal an Steckdose, Mehrwertdienste, Systemdienstleistungen, Echtzeit-Datenerfassung, Steuerung und Abrechnung, Safety & Security, Rechtssichere Transaktionen |
| Modellstadt Mannheim | Rhein-Neckar                     | MVV, DREWAG, IBM, Power PLUG Pendorf, Uni Karlsruhe                               | BEMI-Energiebutler für Multisparten-Metering, Breitband-PLC, CORE-Plattform, Echtzeit-Information über aktuellen Verbrauch und Erzeugung, kostenorientierte Tarifmodelle                                                                         |
| RegModHarz           | Landkreis Harz                   | Regenerativ Kraftwerk Harz, E.ON, Vattenfall, Siemens, in.power, ISET             | „RegenerativKraftwerk Harz“, Integration von Speichern und regenerativen Erzeugern, Marktplattform, Unterstützung des Netzbetriebs durch Systemdienstleistungen, Flexibilisierung Nachfrage, Elektrofahrzeuge, Energie- und Leistungsmanagement  |
| Smart Watts          | Aachen                           | Utilicount, Stadtwerke Aachen, Soptim, Kelendonk, PSI Büsing & Buchwald, FIR      | Energie-Internet, Marktmodell für dezentralen Energiemarkt, Smart-Watts-Zähler als Smart-Home-Gateway, angebotsgesteuerte, Preissignale, Heimautomation, Abrechnung von zeitvariablen Tarifen, Geschäftsmodelle                                  |

**Tabelle 25:** Auswahl Energieeffizienzprojekte

Daneben gibt einige kleineren, bereits umgesetzten Smart Metering Projekte in Deutschland, die z.B. von Vattenfall, der Deutschen Telecom oder Hager durchgeführt wurden.

**Vattenfall** hat einen Pilotversuch in 1000 Wohnungen in Berlin und Hamburg durchgeführt. Die Daten wurden im 15 Minuten Takt mittels PLC und GPRS an einen Server bei Vattenfall gesendet und waren erst am anderen Tag einsehbar. Das hat sich als zu spät erwiesen. Man musste das System so erweitern, dass ein lokaler Server die Daten sofort zur Verfügung stellen konnte. Weitere Erfahrungen, die man in diesem Projekt gemacht hat:

- Bei einer Akquise bei 5000 Kunden wollten nur ca. 4% eine Smart Metering Lösung
- Die Kunden erkennen noch nicht den Zusammenhang zwischen Klima und Smart Metering
- Kunden ohne Internetanschluss waren in diesem Versuch ausgegrenzt
- Die interessierten Kunden waren bereits schon vorher aktiv
- Es gab Bedenken des Landesdatenschutzbeauftragten

**Hager** hat einen Versuch mit 100 Tarifkunden über 8 Monate durchgeführt. Bei dem Versuch wurde eine Art „Tachometer“ zur Visualisierung des Momentanwerts eingesetzt. Man hat also versucht, den Energieverbrauch mit etwas vom Alltag eher bekannten (Autocockpit) zu vergleichen. Daneben hat man mit dem Kunden zusammen eine Zielvorgabe (Einsparwunsch) definiert, die Verbrauchsdaten zur späteren Einsicht gespeichert und Vergleichsmöglichkeiten angeboten. Erfahrungen:

- 70% der Teilnehmer haben ihr Verbrauchsverhalten geändert
- Energieeffizienz = Intelligente Technik + Intelligente persönliche Beratung

Eine Studie von **IBM** [67] hat das „Verbrauchsverhalten und neue Möglichkeiten zur Kundenbindung und Kundengewinnung für Energieversorger“ untersucht. Dabei ging es unter anderem auch um den Zusammenhang von Preis-/Umweltbewusstsein versus Komfort. Es wurden 1003 Personen zwischen 14 und 69 Jahren befragt. Die Studie liefert interessante Aussagen zum Bewusstsein und Verhalten der Kunden, zur Motivation und Änderungsbereitschaft und zu den Informationskanälen. Kurz zusammengefasst kam sie zu den folgenden Schlüssen:

- Heutige Kunden sind in der Regel preissensitiv, verbrauchs- und umweltbewusst, grundsätzlich aufgeschlossen gegenüber Neuerungen und bereit zu agieren.
- Sie sind aber auch sehr bequem und abwartend.
- Aufwendige Messverfahren und bürokratische Anbieterwechsel wirken hemmend.
- Sie wollen keine komplexen Tarife und Änderungen der Lebensgewohnheiten
- Mögliche Aktionen für Energieversorger
  - Monatliche Rechnungsinformationen
  - Intuitiv erfassbare Anzeigegeräte
  - Komfortable Unterstützung beim Energiesparen
  - Einfache und nachvollziehbare Tarife
  - Spürbare Reduzierung der Rechnung

Seit dem ersten Januar 2010 sind mehrere kleinere Projekte in Deutschland am laufen, welche die Installation von Smart Meter für elektrische Energie und Gas bei Neubauten obligatorisch machen. Bereits existierende Gebäude sind von dieser Regelung nicht betroffen. E.ON hat im Q4 2009 ein Projekt zur Messung der Heizenergie in 50 Gebäuden gestartet. Ausserdem hat diese Firma seit 2008 ein Smart-Metering Pilotprojekt am laufen, in welchem 1000 Wohnungen in Bayern involviert sind.

Zu den aktuellen Forschungsprojekten gehört das FP7 Project SmartHouse/SmartGrid ([www.smarthouse-smartgrid.eu](http://www.smarthouse-smartgrid.eu)) welches eine Kooperation zwischen Deutschland, Holland

und Griechenland ist. Das Ziel ist die Validierung und der Test wie ICT den Energieverbrauch durch soziale Motivation innerhalb Nachbarschaft. Die Resultate werden dann in das Endprodukt einfließen.

### **United Kingdom (2007..2010)**

Die UK sind sehr aktiv auf dem Gebiet. Viele gute Studien kommen von dort. Im Auftrag der BERR (früher DTI) hat Ofgem im Jahre 2007 das „Energy Demand Research Project (EDRP)“ gestartet. Es ist noch im Gang und dauert bis 2010. In dem Projekt kooperieren vier grosse Energieunternehmen (EDF, E.ON, SSE und Scottish Power (SP)) zusammen mit dem Staat (Ofgem) um die Effizienz der folgenden kombinierten Massnahmen zu untersuchen [68]:

- Smart Meters (Elektrizität und Gas) in 18'000 Haushalten mit 6 verschiedenen Arten von Feedback
- Einfache mobile Echtzeitdisplays in 8500 Haushalten
- Verbesserte und monatliche Rechnungen mit zusätzlichen Informationen (Histogramme, Graphen) in 10'000 Haushalten
- Informationen zu Energieeffizienz und Spartipps in 14'000 Haushalten
- Gemeinschaftsaktionen, Events und Anreize um in der Gruppe Energie zu sparen

Dabei wurden bereits die ersten Resultate publiziert [69]:

- Informationen zur Energieeffizienz: Briten schauen vor allem aufs Geld beim Energiesparen. Die Informationen werden aufgenommen über TV (55%), aus der Presse (40%), über Familie und Freunde (30%) oder das Energieunternehmen (26%).
- In-Haus Displays: Viele Gräte konnten aus technischen Gründen nicht installiert und in Betrieb genommen werden. Von den installierten Geräten wurden viele von Anfang an nicht benutzt oder dann nicht mehr, weil die Batterie verbraucht war und man keine neue einsetzen mochte. Eine Befragung zeigte, dass bei 87% der Haushalte, die das Gerät benutzt haben, Energie durch weniger Standby-Verbrauch und die Beleuchtung gespart wurde.

Smart Metering Lösungen, die E- und Gaszähler und ein Display beinhalten sind neu und hatten einigen technischen Verzögerungen zufolge (1 Monat). Der Bericht erwähnt ausserdem, dass man Probleme mit inkompatiblen Geräten von verschiedenen Herstellern hatte.

### **Frankreich (15-45%)**

Frankreichs zentralisierter Elektrizitätskonzern *Électricité de France* hat drei Typen von Verträgen geschaffen: *Option Base*, *Option Heures Creuses*, and *Option Tempo*. EDF hat *Tempo* so ausgelegt, dass die Spitzenlasten von grösseren Haushalten gesenkt werden. 2004 haben 20% der Haushalte *Tempo* verwendet. Der *Tempo* Tarif kennt 6 Raten die 300 blauen Tagen (5.77 Cents), 43 weissen Tagen (11.25 Cents) und 22 roten Tagen (49.29 Cents) zugewiesen wurden. Trotz oder gerade wegen der hohen Preisdifferenz von 930% haben 59% der Haushalte 10% Geld gespart, was 15% Energieeinsparungen an weissen und 45% an roten Tagen entsprach oder im Durchschnitt 1kW pro Kunde.

Die Preisstruktur basiert auf dem Einfluss des Wetters bzw. der Aussentemperatur auf die Beheizung und Kühlung von Räumen. Die Reaktionen auf die Preise waren stark, die Kunden reduzierten die elektrische Heizungsleistung und kompensierten sie anders oder akzeptierten eine niedrigere Raumtemperatur. Fast alle (90%) waren zufrieden oder sehr zufrieden.

Zu bedenken gibt es allerdings, dass das System im monopolistischen Frankreich und bis jetzt noch nicht in keinem offenen Markt eingesetzt wurde. Folgende Infrastruktur wurde

verwendet:

- Elektronischer Intervallzähler, um die Energie zu messen
- Rundsteuerung mit unidirektionaler Powerline Kommunikation, die dazu benutzt wurde, die Tarife nach Hause zu übermitteln
- Geräte zur Visualisierung und Benachrichtigung, die man in die Steckdose stecken konnte, um die aktuellen Tarife von heute und von morgen zu sehen. Diese waren gleichzeitig via Telefon und über das Internet verfügbar.
- Energiekontroller: Wenn die Leistung 3, 6, 9, 18, 30 oder 36 kVA überschreitet, wird der angeschlossene Verbraucher bis zu einem Reset abgeschaltet. Je höher die kVA Zahl, umso höher die monatliche Rechnung
- Erweiterte Lastkontrolle (für die vier verschiedenen Versionen von *Tempo*). Beinhaltet automatische Thermostate, Dual-Energie Boiler und Steuerung von grossen Lasten.

Dieses Jahr (2009) hat EDF mit der Installation von Mikrogenerationsgeräten in privaten Haushalten begonnen.

### **Kanada (2007, 4..7.4%, bis zu 21.5%)**

Ein bekanntes Projekt wurde von der Ontario Hydro One koordiniert. Der Ontario Energy Board Smart Price Pilotversuch wurde zusammen mit IBM zwischen August 2006 und Februar 2008 durchgeführt. Es wurde 4 verschiedene Preissysteme analysiert. Freiwillige Haushalte wurden mit Smart Meters und In-Home Displays ausgerüstet. Es gab sogar einen Kühlschrank mit integriertem Display. Ausserdem wurden Informationsbroschüren verteilt, die Statistiken und Grafiken enthielten. Von den 373 Haushalten würden 78% das TOU Pricing empfehlen. 6% würden dies nicht tun, da sie fanden dass ihnen der Aufwand für die dadurch erreichten Einsparungen zu gross ist. Die Spitzenlasten konnten im Durchschnitt um bis zu 21.5% reduziert werden, der Energieverbrauch selbst nahm um rund 6% ab. Im November 2009 hat das EVU eine Karte vorgestellt welche Informationen über die Ausfallhäufigkeit, konzentrierte Informationen zu Energieeffizienz sowie Programme zur umweltgerechten Entsorgung von alten Geräten. Ausserdem sind sie dem Peaksaver Programm beigetreten, welche das Lastmanagement optimieren soll.

Ein älteres Programm von Woodstock Hydro in Ontario, das 1989-2008 lief, installierte auf freiwilliger Basis Prepaid Zähler. Das System zeigte das Guthaben in Dollars oder kWh an, bot historische Daten und schätzte die Dauer bis zum nächsten Aufladen ab. Woodstock Hydro rapportierte 15-20% Einsparungen gegenüber Haushalten ohne solche Zähler.

## **USA**

### **Kalifornien (2003-2005, -2..14.4%)**

Ebenfalls durch den Regulator getriebene, bekannte Projekte wurden von Edison in Kalifornien durchgeführt. Bei der „California Smart Pricing Pilot (SPP)“ zum Beispiel handelt es sich um eine Langzeitstudie, die darauf abzielt an heissen Tagen den Verbrauch der Klimaanlage zu reduzieren. Dazu wurden 3 Modelle ausprobiert:

- TOU Pricing: 0..6%
- CPP-Fixed Preis: 16..27%. Arbeitete mit einer Vorankündigung einen Tag vorher (vor dem heissen Tag)
- CPP-Variable Preis: 10..15%. Gleich wie der Fixed Preis, aber mit Vorankündigungen im 4h Takt.

Damit eine gute Sparquote erreicht wurde, musste relative grosse Preisdifferenzen zwischen den Tarifen eingeführt werden. Es gab sogar Situationen, in denen mehr Energie verbraucht wurde.

Phoenix Arizona (12%, Prepaid, Variable Tarife, Displays)

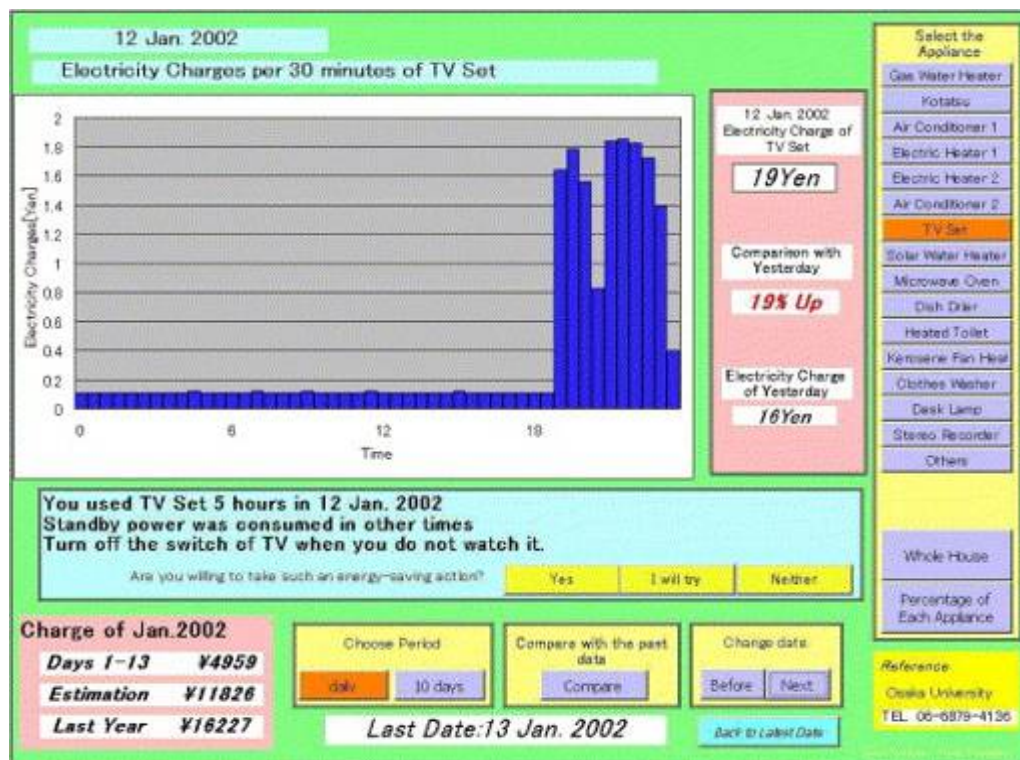
Der Energieversorger Salt River Project (SRP), der insgesamt 950'000 Kunden versorgt, betreibt das grösste Vorauszahlungssystem (Prepaid) in den USA. Es offeriert den Endkunden dynamische Tarife, die über In-Home-Displays angekündigt werden. Es machen rund 57'000 SRP-Kunden freiwillig mit. Sie sind zufrieden mit dem System und haben durchschnittlich 12 Prozent ihrer früheren Energiekosten gespart. Rund 100 GWh werden so nicht verbraucht, die sonst mit Spitzenenergie gedeckt werden müssten [70].

### Australien (2004-2006, 5%)

Der „Country Energy's Home Energy Efficiency Trial“ ist eine Smart Metering Studie durchgeführt in Queanbeyan, Jerrabomberre und New South Wales. Das Ziel war die Reduktion von Spitzenlasten in 200 Haushalten durch verschiedene Tarife. Das In-Home Display zeigte zwischen 14:00 und 20:00 Uhr Tarifinformationen an, die vom Zähler gesendet wurden, der sie wiederum über GSM empfing. Dazu gab es die Möglichkeit, Informationen über SMS oder Email zu erhalten, die auch Energiespartipps enthielten. Zu Spitzenlastzeiten konnten 25..30% eingespart werden, wobei der totale Energieverbrauch um rund 5% zurückging. Ein neuer Versuch mit 10'000 Haushalten hat 2008 begonnen und dauert bis 2010.

Japan (2000-2002, 9%)

Die Universität von Osaka hat neun Familienhaushalte mit Elektrizitätsmonitoren ausgestattet und zwischen 2000 und 2002 untersucht. Es wurden in einem Intervall von 30 Minuten der elektrische Gesamtverbrauch und der Bedarf pro Verbraucher gemessen. Die Daten wurden zur Universität zur Auswertung gesendet. 2002 wurde jeder Familie für 62 Tage ein Laptop gegeben, mit dem sie täglich eine Email empfing, die die Resultate anzeigte und ein paar einfache Tipps gab, die sie einhalten sollten. Der Energiekonsum ging um rund 9% zurück.



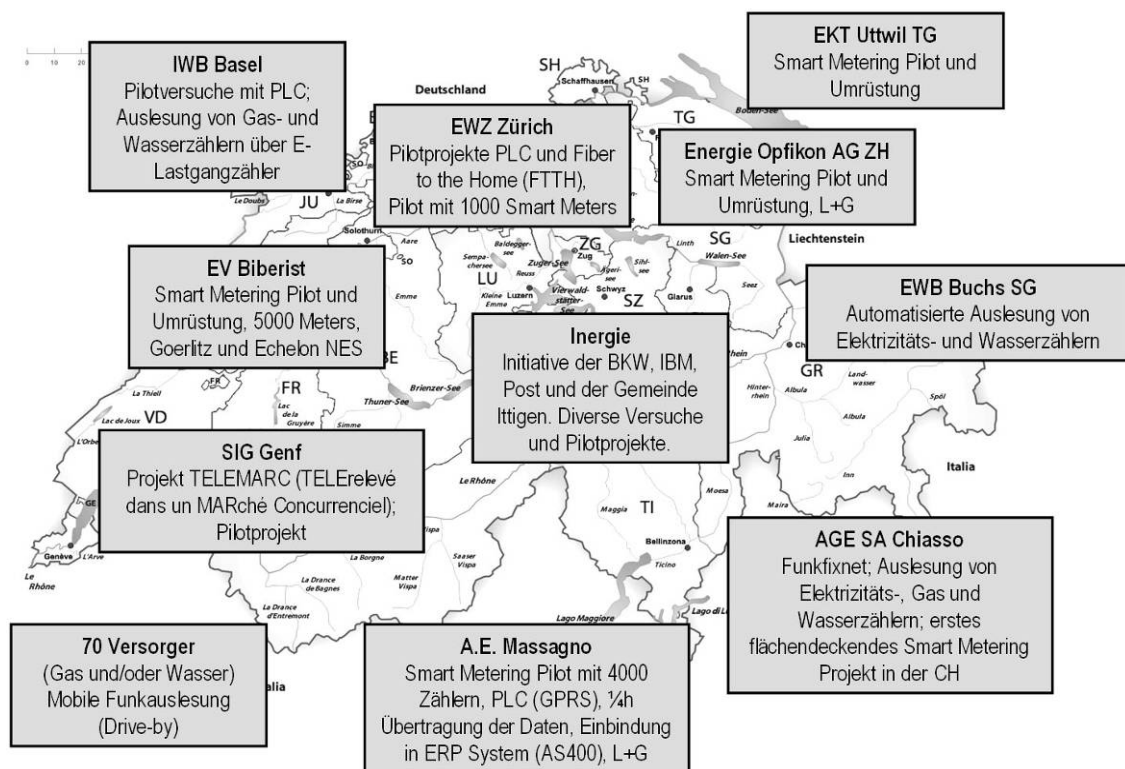
Figur 33: Display mit Energieinformationen der Universität Osaka

## Projekte und Studien: Smart Metering Installationen

Es gibt weltweit ein paar abgeschlossene und zahlreiche aktive oder geplante Smart Metering Projekte und Initiativen zur Installation von Millionen von intelligenten Zählern. Wir beschränken uns in dieser Studie darauf, sie aufzulisten (einige wurden oben bereits detaillierter erwähnt). Interessant dabei ist, dass die Smart Metering Initiativen je nach Land vom staatlichen Regulator oder vom Markt, den Energieunternehmengetrieben oder von beiden gleichzeitig getrieben werden. Und das mit unterschiedlichen Motiven:

- **Energieunternehmen**, Business Case getrieben.
  - Prozessoptimierung und tiefere Kosten
  - Neue Geschäftsfelder
- **Regulator**, Gesetz getrieben
  - Schutz des Energiekunden
  - Energieeffizienz

## Smart Metering und Feedback Projekte in der Schweiz



**Figur 34:** Übersicht SmartMetering Projekte Schweiz (Quelle: GWF)

Die oben stehende Abbildung zeigt die wichtigsten Smart Metering Pilot Projekte und Umrüstungsvorhaben in der Schweiz. Bis jetzt sind es in erster Linie kleine EVU, die sich dazu entschlossen haben, bei ihren Kunden Smart Meters zu installieren. Wie zum Beispiel die EV Biberist die zusammen mit der Firma Görlitz Schweiz AG und Echelon (NES) ein Smart Metering Pilot-Projekt durchführt, indem über die nächsten 3-5 Jahre 5000 Haushalte mit Smart Meters ausgerüstet werden. Auch Arbon Energie AG hat nach eigenen Angaben bereits mehrere hundert Siemens Smart Metering Systeme in Betrieb. Oder dann A.E. Massagno im Tessin, die bereits ein Netz von 4000 L+G Zählern betreibt. Dabei geht es bis jetzt vor allem um die Zähler-Fernauslesung.

Mitte 2010 waren in der Schweiz rund 20 Pilotprojekte auf der Energie-Plattform.ch [111] aufgelistet, welche die Installation von Smartmeter in 11000 bis 15000 Haushalte involviert.

Eines dieser Projekte im Kontext von Inergie (BKW, IBM, Post, Swisscom) ist das Projekt **iSMART** [112] hat sich zum Ziel gesetzt, 200-300 Smartmeter-Infrastrukturen in Privathaushalten in Ittigen zu installieren und einen grösseren angelegten, begleiteten Versuch mit einem WEB-Feedback-System zu starten. Mittels einem Smart Meter (Landis+Gyr) werden alle 15 Minuten die aktuellen Lastdaten an einen Server der BKW übertragen und dem Kunden über ein Webinterface zur Verfügung gestellt. Dabei werden verschiedene neue Ideen zur Visualisierung und Motivation ausprobiert. Es können Wochenziele gesetzt und Punkte gesammelt werden. Ein Gefäss zeigt mit dem Steigen des Füllniveaus an, wieviel Energie diese Woche bereits verbraucht wurde und ob man sein Ziel erreicht oder das Gefäss „überlaufen“ wird. Die Punkte können in einem Shop gegen Waren eingetauscht werden. Ausserdem wird neben dem reinen Energieverbrauch auch die Lastverteilung thematisiert. Mit zum Spiel gehört es, den Kunden zu motivieren, die Last besser über den Tag zu verteilen, indem mit einem Ampelsystem angezeigt wird ob es zurzeit „günstig“ ist, Energie zu verbrauchen oder eher nicht.

Das iHomeLab der Hochschule Luzern ist stark in die angewandte Forschung im Rahmen von Smart Metering Infrastrukturen insbesondere im Kommunikationsbereich und in der Einbindung von solchen Systemen in vernetzte Gebäudeinfrastrukturen und Smart Homes involviert. Dazu gehören auch diverse Feldversuche und die Betreuung von Smart Metering Projekten.

Weitere Smart Metering Versuche mit Fernauslesung werden von der EWZ in Zusammenarbeit mit dem Bits To Energy Lab (ETH, Universität St. Gallen) [14] gemeldet, die sich recht intensiv diesen Themen widmen.

## Smart Metering Projekte in Europa

Die untenstehende Tabelle zeigt, wie aktiv Europa auf dem Gebiet des Smart Metering ist. Während heute rund 6% der Haushalte mit Smart Meters ausgestattet sind, sollen es bis 2012 rund 25-40% sein. Berg Insight hat im Jahr 2009 vorausgesagt, dass in 2015 111.4 Millionen Smartmeter in Betrieb sein werden. Bei einer Wachstumsrate von 18% pro Jahr.

Interessant ist auch der erst im Dezember 2008 vorgetragene: **Vorschlag der Europäischen Kommission für Standardisierungs-Mandat M/441 an CEN, CENELEC und ETSI für Smart Metering**. Damit wird die Gesamteuropäische Standardisierungsorganisation angewiesen, neue EN Standards für Smart Metering zu kreieren. Unten ein kurzer Auszug aus dem Vorschlag:

### Mandate title

Standardisation mandate to CEN, CENELEC and ETSI in the field of measuring instruments for the development of an open architecture for utility meters involving communication protocols enabling interoperability

### Objective

The general objective of this mandate is to create European standards that will enable interoperability of utility meters, which can then improve the means by which customers' awareness of actual energy consumption can be raised in order to allow timely adaptation to their demands (commonly referred to as 'smart metering').

Im April 2010 hat auch die European Technology Platform on Smartgrids ein Roadmap vorgestellt [113].

| Land | Initiator | Bemerkungen |
|------|-----------|-------------|
|------|-----------|-------------|

|              |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UK           | Regulator         | Bis 2016 sollen alle Haushaltskunden Smart Meters installiert bekommen mit zusätzlicher, zeitnaher Display-Visualisierung der Verbrauchsprofile. Mehrere von der Regierung gesponserte Pilot-Projekte. Gross angelegtes „Energy Demand Research Project (EDRP)“ in 18'000 Haushalten bis 2010.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Niederlande  | Regulator         | <p>Installation von 13 Mio. Smart Meters bis 2014 (7 Mio. Elektrizitätszähler und 6 Mio. Gaszähler (?)).</p> <p>Technischer Standard von der Regierung (NTA 8030:2007) für “basic functions for metering systems for electricity, gas and thermal energy”.</p> <p>Normierung von minimalen Anforderungen für Elektrizitäts- und Gaszählern, Fernabschaltung, Elektrizitätszähler als Gateway, 2 getrennte Komm-Schnittstellen: Für Kunde und für EVU, Tarifsteuerung für 4 Tarife, Import/Export von Tarifen, Leistungsmaximum, Leistungsbeschränkung, Firmware update.</p> <p>Zusammenschluss von EVU (Kema, Eneco, Nuon, Essent, Delta) und Herstellern (L+G, Actaris, Iskra, Sagem)</p> <p>Oxxio stellt erste kombinierte E- und Gaszähler vor. Im April 2008 hat Delta erste Pilotversuche für Multi-Utility Smart Meters bestattet.</p> <p>Das AmsterdamSmartCity.nl Programm wurde in 2009 gestartet. Voraussichtliches Ende der Smart-Grid Ausbreitung wird im Jahr 2016 erwartet.</p> |
| Skandinavien | EVU               | FI, NO, Estland ohne Schweden. Viele kleine und mittlere Projekte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Dänemark     | EVU               | Ein uns bekanntes grosses Projekt ist jenes der Syd Energi, dem 3. grössten EVU in DK mit 250'000 Kunden, 600 Mitarbeitern und einer Produktion von 3.3 Mia. kWh. Die angelaufene Umrüstung hat das Ziel sämtliche Kunden mit L+G Meters auszurüsten. Es werden 1600-3500 Zähler pro Woche ausgetauscht. Interessant sind auch Dienste, in denen Kunden sich SMS oder Emails mit ihrem persönlichen Verbrauch senden lassen können. Die Frequenz der Informationen kann selbst gewählt werden (z.B. täglich, wöchentlich, monatlich). Ausserdem kann man bestimmte Trigger setzen und sich zum Beispiel etwas zu senden lassen, wenn ein bestimmter Tagesverbrauch überschritten wird.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Schweden     | Regulator         | Bis 2009 sollen 5 Millionen Elektrizitätszähler installiert werden. Im Minimum monatliche Ablesung der E-Zähler vorgeschrieben, stündlicher Verbrauch, Netunterbrüche, alle grossen Projekte sind schlüsselfertige Lösung. Allein L+G hat Aufträge für 160 Systeme mit über 1 Mio. Messpunkten. Grösstes Projekt: e.on (8% Marktanteil) mit über 400'000 Zählern. Vattenfall (13% Marktanteil) installiert zurzeit 850'000 Zähler (6000'000 Telvent, 200'000 Iskrameco und Aktaris). Ein Zähler kostet rund 75\$. Eingesetzt wird dort auch die Echelon NES Infrastruktur. Die Swedish Utility Halmstad schliesslich installiert rund 38'000 Echelon Zähler. Eines der bekanntesten Projekte ist die Umrüstung der Stadt Göteborg (Göteborg Energi AB), in der 250'000 Smart Meters installiert und über die drahtlose ZigBee-Technologie vernetzt wurden.                                                                                                                                    |
| Belgien      | Regulator         | Prepayment-Zähler müssen auf Anfrage installiert werden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Frankreich   | EVU und Regulator | EdF ab Juli 2008, Pilotprojekt 300'000 E-Zähler. Ab 2012 sollen bis zu 35 Mio. E-Zähler installiert werden. Regulator zwingt EdF zu Advanced Metering. Forderung: Nicht-proprietäre PLC Technik und Protokolle. EdF verlangt die Bildung von Konsortien. Innerhalb des Konsortiums muss die Kompatibilität gewährleistet sein.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|             |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Deutschland | Regulator         | <p>9.9.2008 wurde eine Neufassung des EnWG Gesetz verabschiedet. Normierungsbestrebungen sind gross.</p> <p>Open Metering Initiative (figawa, ZVEI) mit 16 Herstellern<sup>13</sup> und 16 EVU des SMIQ<sup>14</sup> (Smart Metering initiative Querverbund). Spezifizierung des SMIQ MUC (Multi Utility Controller) und der SML (Smart Message Language) ein auf XML basierenden Kommunikationsprotokoll.</p> <p>E-Energy Wettbewerb und Förderprogramm des Bundes bzw. des BMWi. 6 grosse Modellregionen mit Fördervolumen von bis zu 40 Mio. Euro. Die Projekte heissen E-DeMa (RWE), eTelligence (EWE) in Cuxhaven, MEREGIO (EnBW), Modellstadt Mannheim (MVV), RegModHarz (RegenerativKraftwrk Harz) und SMART W@TTS (Trianel).</p> <p>Die RWE Rhein-Ruhr AG, einer der grössten Verteilnetzbetreiber hat begonnen, 100'000 Haushalte in Mülheim an der Ruhr mit Smart Meters auszurüsten.</p> <p>Neben diversen kleineren Projekten planen auch andere deutsche EVU ähnliche solcher Rollouts</p> |
| Österreich  | EVU               | 2 grössere Projekte (<10'000 Messpunkte), Einbindung von Gas- und Wärmezählern, Lastschaltgeräte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Spanien     | Regulator         | Neues Gesetz wurde im 1.7. 2007 verabschiedet, das fernablesbare Zähler vorschreibt. Im Prinzip ist daher die Installation von 26 Mio. Smart Meters seit dem 1.7.2007 in Spanien vorgeschrieben. Die Umsetzung ist jedoch schwierig. Endesa (EVU) definiert eigene Zähler und eigene PLC-Technologie, Iberdrola definiert PLC-Normen für zukünftige Applikationen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Portugal    | EVU               | Pläne für vollständigen Ersatz der heutigen Zähler mit elektronischen Geräten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Italien     | EVU und Regulator | Fernablesbare E-Zähler für alle Endkunden bis 2012. Bis 2010 sollen 40 Mio. E-Zähler installiert sein. Regulator verlangte Smart Metering nachträglich, Projektbezogene Installationen mit Rechten bei ENEL. L+G mit Auftrag für Acea System mit 1.5 Mio. PLC Messpunkte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Türkei      | EVU               | 1.5 Mio. Prepayment Gas- und Stromzähler initiiert von Elektromed, Aktuell 30 Mio. E-Zähler installiert                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Russland    | EVU               | 2008 bis 2009 375'000 E-Zähler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Tabelle 26:** Smart Metering Trends und Aktivitäten in Europa (Quellen: GWF, Landis+Gyr, EnCT)

Ein detaillierter Lagebericht über die Smartmeter Infrastruktur wurde von European Smart Metering Alliance ([www.esma-home.eu](http://www.esma-home.eu)) erstellt [108][109]. Dieser Lagebericht beinhaltet unter anderem eine detaillierte Liste von identifizierten Smartmeter Projekten. Ausserdem beinhaltet der Bericht von 2009 eine kurze Liste von Feedbacksystemen und Displays.

## Smart Metering Projekte Weltweit

<sup>13</sup> Actaris, Bär, Dr. Neuhaus, Elster, EMH, Görlitz, GWF, Hager, Hydrometer, Iskraemeco, ITF-EDV, Landis+Gyr, MEMS/EMS-Patvag, QVEDIS, Sensur, Wikon

<sup>14</sup> 27/7 Metering (MVV), Mannheim und Offenbach, Co.met (Stw. Saarbrücken), DEW21 Dortmund, DREWA Dresden, HSE Darmstadt, Implea Plus (N-ERGIE) Nürnberg, MAINOVA Frankfurt/M., RheinEnergie Köln, STAWAG Aachen, Städtische Werke Kassel und die Stadtwerke von Düsseldorf, Hannover, Karlsruhe, Leipzig, München, Wuppertal und Aachen.

**Tabelle 27: Auswahl Smart Metering Weltweit**

| Land       | Initiator     | Bemerkungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kanada     | EVU           | Pläne zur Umstellung von 4.7 Mio. Haushalten auf Smart Metering bis Ende 2010. Ontario erliess den „Energy Conservation Responsibility Act of 2005 (Bill 21)“. Er verpflichtet lokale EVU zur Einführung von TOU Pricing und zur Installation von AMR oder AMI (grosse Kunden) Systemen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| USA        | Regulator/EVU | Kalifornien: 9 Mio. Strom- und Gaszähler müssen mit Kommunikationsmodulen aufgerüstet werden.<br>5.2 Mio Strom und 4.8 Mio Gaszähler werden zwischen 2006 und 2011 für das kalifornische PG&E's SmartMeter™ Programm installiert. Das ursprüngliche Projekt beinhaltete keine in-home Displays. Kunden waren entrüstet über die steigenden Preise und den mangelnden Zugang zu Informationen. Ausserdem wurden die Smartmeter von den Kunden fälschlicherweise als zu ungenau erachtet.<br>USA allgemein: Mehrere Projekte. Ein Beispiel ist der Energieversorger Salt River Project (SRP). Er betreibt im Bundesstaat Arizona rund um Phoenix ein Vorauszahlungssystem mit dynamischen Tarifen und Feedback-Displays für 57'000 Kunden.<br>Xcel Energy SmartGridCity versucht 50'000 Smartmeter in Mountainous Boulder, CO zu installieren. |
| Australien | Regulator     | Initiative der Regierung von Victoria zur Installation von Lastgangzähler im Haushaltbereich bis 2013                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| UAE        | EVU           | Abu Dhabi: Masdar City is a zero-carbon Smart City planned for completion in 2015; uses GE appliances with built-in submetering.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Südafrika  | Regulator     | Prepayment Zähler sind weit verbreitet (4 Mio. E-Zähler). Ab 2010 alle Industrie-/ Gewerbezüher (über 500 KWh).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Indien     | EVU           | E-PLC (Prepaid) bis 2010; 500'000 E-Zähler. BESCOM.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |



**Figur 35: Übersicht SmartMetering Projekte USA. Rot/Grün: Regulator; Gelb: EVU [115]**

## Anhang B

### Existierende Technologien, Produkte & Systeme

Nachdem man im vorhergehenden Kapitel die Anforderungen an das System beschrieben hat, möchte man hier nun eine Übersicht über die existierenden Technologien und Produkte geben. Aufgrund dieser Informationen sollte es danach möglich sein, Vorschläge dazu zu geben, wie ein System aussehen könnte.

#### Energiemessung

##### Präzisionsmessgeräte

Am oberen Ende der Skala stehen spezialisierte, hochpräzise Messgeräte. Sie sind teuer (in der Größenordnung eines Kleinwagens) und können nur von Fachleuten bedient werden. Solche Messgeräte eignen sich zum Beispiel für die Verwendung in der Entwicklung oder Eichung von Zählern. Oder dann für Aufgaben, bei denen höchste Präzision benötigt wird. Zum Beispiel verwendet das BFE Projekt rund um digitalSTROM [74] ein solches Messgerät, das LMG-500 von ZES [76], um den Eigenverbrauch einer digitalSTROM Komponente (ca. 0.3W) im Vergleich zur von ihr getriebenen Last (bis zu 120W) zu messen.



Figur 36: LMG-500 Präzisionsmessgerät

##### Intelligente Haushaltszähler

Bei den Haushaltszählern gibt es verschiedenste Modelle und Bauformen. Für das Projekt relevant sind die folgenden Zählertypen:

Der **elektronische Haushaltszähler**, wie man ihn in neueren Gebäuden antrifft. Dabei gibt es verschiedene Ausprägungen, die sich in erster Linie in der Modularität der Zähler zeigen. Häufig wird der zu zertifizierende, weniger Änderungen unterworfenen Messteil (Basisplatte) vom schnellebigen und Projekt spezifischen Kommunikationsteil getrennt. Man unterscheidet also integrierte, teilmodulare (Weitverkehrr-kommunikation modular) und modulare (Weit- und Nahverkehrrkommunikation modular) Zähler [19]. Zu den typischen Vertretern von modularen Zählern gehört zum Beispiel die ZMF/ZMD100 Familie von Landis+Gyr [77]. Sie messen ein- oder dreiphasig, 230V/400V, bis zu 100A auf 1% genau (Genauigkeitsklasse 1), unterstützen zwei Tarife und können mit verschiedenen Kommunikationsmodulen bestückt werden. Mit entsprechendem GPRS oder PLC Modul kann der Zähler von Fern ausgelesen. Lokale Auslesung wird über einen optischen Lesekopf oder eine RS232 Leitung unterstützt. Geplant sind weitere Module auf Basis des ZigBee Standards. Über in der Zählerindustrie bekannte Kommunikationsstandards wie die DLMS/COSEM oder IEC61107 unterstützen diese Zähler umfangreiche Lastprofile und Konfigurationsmöglichkeiten. Ein Nachteil des Zählers ist, dass er in der heutigen Form nicht dafür gedacht ist, seine Daten im Sekundentakt zu liefern.



Figur 37: Modularer L+G Haushaltszähler

Ebenfalls eine ganze Palette von Zählern ähnlicher Art wird von Echelon und zahlreichen anderen Herstellern geliefert. Eine Angabe, die wir oben nicht gefunden haben: Die kürzeste Intervallzeit für die Messungen wird mit 5 Minuten angegeben. Die Echelon-Zähler werden unter anderem auch in Deutschland in einigen Smart Metering Pilotprojekten eingesetzt. Erwähnenswert im Zusammenhang mit diesen Zählern ist, dass Echelon mit LON auch einen weitverbreiteten Gebäudebus entwickelt hat. Doch soweit bekannt verfügen die Zähler jedoch über keinen solchen LON Anschluss. Neben den Zählern bietet Echelon mit dem NES System eine Komplettlösung für das Smart Metering an.



**Figur 38:** Integrierter Echelon Haushaltszähler

Die Spezifikationen der Haushaltszähler sind sich in Bezug auf MEGA im grossen und ganzen ähnlich. Ein Beispiel für Zähler in einer anderen Bauform sind solche, die man auf der Hutschiene montieren kann, wie sie Hager, ABB und andere Hersteller anbieten. Im Falle von ABB gibt es eine Variante mit einem KNX Busanschluss, über den sich Zählerdaten auslesen lassen. Die Schweizer Firma EMU [79] hat ähnliche Geräte im Sortiment, die neben KNX auch den ursprünglich für Gaszähler aber mittlerweile auch in anderen Segmenten sehr verbreiteten M-Bus unterstützt. Allgemein ist ein Trend zu verspüren, dass einige Hersteller, die nicht zu den klassischen Zähleranbietern gehören, sondern bis jetzt Gebäudetechnik oder auch Energiedienstleistungen angeboten haben, vermehrt eigene Haushaltszähler anbieten (ABB's Metering Abteilung wurde vor ein paar Jahren ebenfalls verkauft). Das hat ganz klar mit der Marktliberalisierung und dem dadurch geförderten Smart Metering zu tun. Ein Beispiel dafür ist auch der nachfolgende Zähler.



**Figur 39:** ABB Zähler mit KNX

Obwohl auch die oben erwähnten Zähler zu den **Smart Meters** gehören, möchten wir den Yello Strom Sparzähler hier erwähnen. Die deutsche EnBW Tochter hat mit diesem Gerät als Energiedienstleister einen eigenen Zähler entwickelt und vermarktet ihn seit Mitte 2008 [80]. EnBW selbst bietet den gleichen Zähler in einem etwas anderen Gehäuse an. Auch Microsoft wirbt für ihn, da ein Windows CE Betriebssystem darauf läuft [81]. Wer einen solchen Zähler bei sich installieren lässt, muss über einen DSL Internetanschluss verfügen. Der Zähler sendet nämlich seine Daten im Sekundentakt ins Internet. Vom privaten PC aus kann der Kunde über „Radar“ und „Cockpit“ genannte spezielle Internetanwendungen die aktuellen Daten quasi in Echtzeit anschauen. Neben dem Gesamtverbrauch, wird die aktuelle Leistung, die Energiekosten sowie ein CO<sub>2</sub> Äquivalent angezeigt. Dass sich mit dieser neusten Generation an Zählern auch die Vermarktung geändert hat, sieht man dem Gerät schon von aussen an. Und dass man als Kunde nur schwer an nüchterne, technischen Daten gelangt.



**Figur 40:** Yello Strom Sparzähler

Eine andere Form von Haushaltszähler ist der dSM10, der digitalSTROM-Meter des digitalSTROM Systems, dass wir noch an mehreren Stellen im Dokument erwähnen werden. Dieser Zähler wird ebenfalls auf eine Hutschiene im Sicherungskasten geklemmt. Er wird nach dem Leistungsschutzschalter (LS) im Verteiler/Unterverteiler eines Gebäudes oder der Wohnung installiert. Die Idee ist, dass es einen solchen Zähler pro 16A abgesicherter Stromkreis in der Wohneinheit gibt.

Dieser Zähler ist in einigen Punkten anders als herkömmliche Haushaltszähler:

- 1) Der Zähler misst den Verbrauch im 16A Stromkreis. Mit Hilfe von anderen digitalSTROM Komponenten (dSD20), die als intelligente Aktoren an jedem Verbraucher angeschlossen sind (siehe Kapitel *Intelligente Aktoren*) ist es jedoch möglich, den Energiebedarf auf Verbraucherebene zu messen (siehe *Präsentation: Feedback-Systeme*).
- 2) Die Genauigkeit des Zählers wird mit  $\pm 2W$  angegeben. Während die Genauigkeitsklassen bei Zählern normalerweise relativ zum Anzeigewert in Prozent angegeben werden, sollen die 2 W linear über den ganzen Messbereich bis 3600W gelten.
- 3) Er enthält nur ein kleines Display. Er soll hauptsächlich über einen lokalen Webserver mit PC und Browser ausgelesen (keine Internetverbindung nach aussen nötig).
- 4) Er hat auch die Kontrolle über an ihn angeschlossene digitalSTROM Lüsterklemmen und somit die Verbraucher, die an seinem Stromkreis angeschlossen sind (siehe nächstes Kapitel). Ausserdem trennt er die Powerline digitalSTROM Signale vom Rest des (nicht digitalSTROM Netzes).

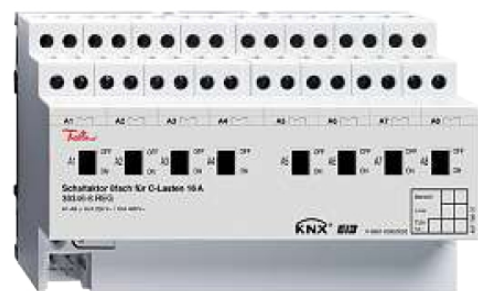


**Figur 41:** digitalSTROM Zähler

## Intelligente Aktoren

Gegenüber den herkömmlichen Zählern, die den Gesamtverbrauch zentral messen, sollen hier eher dezentrale Lösungen vorgestellt werden. Ein Aktor ist in unserem Fall ein Element, das zwischen der Spannungsversorgung und dem Verbraucher montiert ist und über das man den Verbraucher schalten oder dimmen kann. Da der gesamte Strom zum Verbraucher durch den Aktor fließt, liegt die Idee nahe, dessen Leistungsaufnahme gerade vor Ort zu messen. Der Aktor ist also gleichzeitig auch ein Sensor.

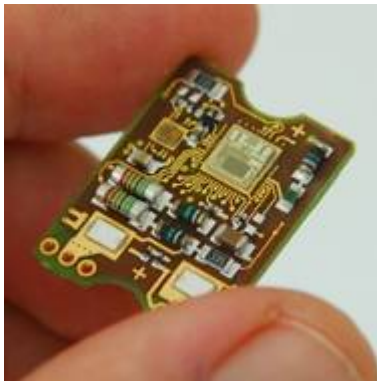
Ein Beispiel für solche Aktoren ist der REG Schaltaktor 36346-8 von Feller. Er verfügt über 8 Schalter, die eine 230V/400V Last von bis zu 16A/10A bzw. bis 3680W (ohmsch) schalten können. Die Schalter sind separat über den KNX Gebäudebus ansteuerbar. Jeder dieser Schaltausgänge verfügt über eine Möglichkeit, den Durchgangsstrom zu messen und mittels eines Telegramms über den Bus zu senden. Das Telegramm kann zyklisch gesendet werden, oder bei einer bestimmten Änderung des Stroms. Die Messgenauigkeit liegt bei  $\pm 100$  mA für Ströme unter 1A und  $\pm 8\%$  des gemessenen Werts wenn die Ströme darüber liegen. Das ist also recht ungenau im Gegensatz zu den Haushaltszählern, dafür können Lasten pro Ausgang separat gemessen werden. Mit dem Felleraktor hat man erst den Strom, die Leistung bzw. Energie muss daraus errechnet werden. KNX Komponenten sind teuer in der Anschaffung und setzen eine Businfrastruktur voraus, die man bisher eher in kommerziellen als in residentiellen Gebäuden findet.



**Figur 42:** Feller Schaltaktor mit Strommessung

Eine günstigere Variante eines intelligenten Aktors findet man bei der digitalSTROM Technologie, die bereits bei den Haushaltszählern kurz erwähnt wurde. Hier wird ein anderer Ansatz verfolgt. Die Aktoren selbst bestehen aus einem Chip (dSID), der in einer Hochvoltlüsterklemme verbaut wurde über die der Verbraucher angeschlossen wird. Einerseits ist der Chip in der Lage als Aktor eine Glühlampe (ohmsche Lasten) von bis zu 120W zu dimmen. Induktive oder kapazitive Lasten von bis zu 70VA können ebenfalls angeschlossen werden. An die Klemme kann neben dem Verbraucher auch ein so genannter Lokaltaster angeschlossen werden, damit die Lampe auch so bedient werden kann.

Andererseits kann der Chip den Strom des angeschlossenen Verbrauchers messen. Durch die grobe Auflösung (4Bit) dieser Messung kann jedoch nur mehr oder weniger eine Aussage darüber gemacht werden, um wie viel sich der Verbrauch ungefähr geändert hat. Die Information wird dem viel genaueren Zähler im Sicherungskasten zu übermitteln.



**Figur 43:** digitalSTROM Aktor Chip

Dieser kann den Stromverbrauch der angeschlossenen Komponenten sehr genau bestimmen und anhand der Information der Lüsterklemme, die Differenz genau dem Verbraucher zuordnen. Wenn also eine Lampe eingeschaltet wird, erkennt der Sensor im Aktor dies und informiert den Zähler. Der Zähler kennt den Verlauf des Gesamtverbrauchs in diesem Sicherungskreis, hat über die Klemme Informationen zum Verbraucher und erledigt den Rest. Die eher zahlreichen Aktoren können also günstig gebaut werden, da die Messgenauigkeit durch die zentralen Zähler gewährleistet ist.

### Steckdosen-Energiezähler

Eine weitere Variante die Leistungsaufnahme und den Energiebedarf von Geräten zu messen sind Steckdosenmessgeräte, auch Energiekostenmessgeräte genannt. Sie werden einfach dem Verbraucher vorgeschaltet und können, auch über längere Zeit, eingesetzt werden, um dessen Energieaufnahme zu messen. Die Geräte sind bereits sehr günstig zu haben. Die meisten Elektronikshops wie Conrad oder ELV bieten sie bereits ab 25 Euro an. Es gibt auch Varianten mit einem abgesetzten Display zur Ablesung. Die Qualität der Geräte wird besser, doch ist es auch noch heute so, dass die Genauigkeit und Zuverlässigkeit nicht mit denen eines Haushaltszählers verglichen werden kann. Viele können zum Beispiel grosse Blindanteile oder Crestfaktoren nicht exakt verarbeiten[106]. Eine BFE Studie, die sich mit den Standby Verlusten im Haushalt befasst hat, kam Ende 2006 zum Schluss, dass alle billigen Gerätes (unter 100 Fr.) für Standby-Messungen nicht taugen [59]. Doch gibt es neuerdings auch Varianten dieser Geräte, die speziell für diesen Zweck ausgelegt wurden. Etwas teurere, jedoch zuverlässige Geräte werden von EMU in der Schweiz angeboten. So oder so, die Messungen sind als Richtwerte für eine (eher einmalige) Bestandsaufnahme und zur Identifikation der schlimmsten Stromfresser gut einsetzbar. Für MEGA sind diese Geräte weniger geeignet, da sie in der Regel über keine oder keinen offenen Schnittstellen verfügen und für eine eher fix angestrebte Installation wenig taugen.



**Figur 44:** Steckdosen Energiezähler (v.l.n.r): Conrad Energy Monitor für 25 Euro, Energy Monitor mit abgesetztem Display, Präzises Gerät von EMU

## **Clip-On, Rausch Detektierung, Fingerprinting und NIALMS**

Heute werden in einigen Versuchen für Displays sogenannte Clip On Sensoren verwendet. Diese Sensoren werden um die Hauptzuleitung „geklippt“ und messen anhand der elektromagnetischen Abstrahlung die Stromstärke durch den Leiter. Der Vorteil dabei ist, dass die Installation relativ einfach und nicht-intrusiv ist (keine Änderung an der bestehenden Installation). In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass es oft nicht einfach ist, die richtige Stelle für den Clip zu finden oder dass solche Stellen häufig unzugänglich sind. Und natürlich wird in der Regel nur der Gesamtverbrauch bzw. der Verbrauch des Kabels um den der Clip gelegt wurde, gemessen.

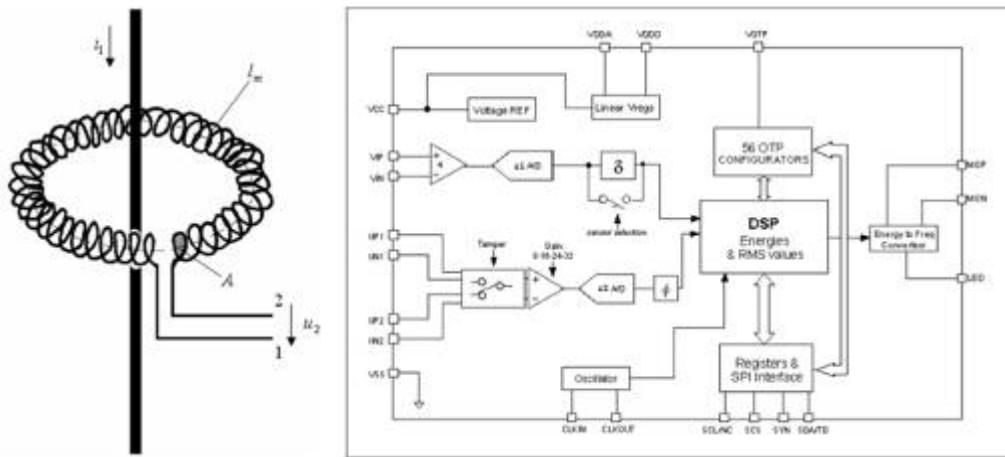
Es gibt mehrere Ideen, Lasten anhand von sogenanntem Fingerprinting aufzuschlüsseln. Dazu analysiert man den Verlauf bzw. die Änderungen des Gesamtenergieverbrauchs bzw. die Signale auf der Leitung mehr oder weniger genau und versucht aufgrund dessen Rückschlüsse auf einzelne Geräte zu ziehen. Das geht von einfacher relativ langsamer Mustererkennung (der Kühlschrank schaltet relativ regelmässige alle 10 Minuten den Kompressor ein) zu aufwendigen Signalverarbeitungsalgorithmen mit Fourier- und einhergehender Oberwellenanalyse etc. Der unbestrittene Vorteil dieser Methoden ist, dass sie nur eines Sensors bedürfen. Dafür sind die Identifikationswahrscheinlichkeit und die Zuverlässigkeit je nach Situation und Systemansatz relativ bescheiden.

Derartige Algorithmen wurden bereits Mitte der 90er Jahre unter dem Namen NIALMS (Non-Intrusive Application Load Monitoring System) [118] auf Basis der Messdaten des schon installierten Haushaltszählers erprobt und Systeme sind mittlerweile auf dem Markt erhältlich. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch die Firma Watteco mit ihrer enPowerMe Software.

Einen weiteren sehr interessanten Ansatz für so ein System verfolgt Shewtak Patel, Professor für Computerwissenschaften und Elektrotechnik an der University of Seattle. Er hat neuartige Sensoren für Elektrizität, Gas und Wasser entwickelt, die sich nachträglich einfach und ebenfalls nicht-intrusiv in ein Haus integrieren lassen. Der Stromfühler muss also dafür lediglich an einer Stelle in eine Steckdose gesteckt werden. Er macht sich zum einen zu Nutze, dass praktisch jedes elektrische Gerät ein charakteristisches Rauschen aufweist, wenn es läuft. Zum anderen kann man innerhalb des Hausnetzes erkennen, wenn jemand ein Gerät ein-/oder ausschaltet, da auch dies eine Geräte-spezifische „Störung“ zur Folge hat. Mit Methoden des maschinellen Lernens lernt das System die verschiedenen charakteristischen Muster von Kühlschrank, Fernseher oder sogar einzelnen Lichtschaltern. Laut [60] können damit Trefferquoten von über 90% erzielt werden. Neben Stromfühlern hat man auch Gas- und Wassersensoren entwickelt, die an die Hauptleitung angeschlossen werden können und über kleine Druckwellen bzw. Änderungen den Durchfluss messen können. Das System ist innovativ, befindet sich jedoch noch auf Forschungsniveau.

## **Sensorbausteine**

Als letzte Möglichkeit schliesslich, soll erwähnt werden, dass viele Halbleiterhersteller integrierte Schaltungen anbieten, die es mit relativ wenig Aufwand erlauben, selbst ein Energiemessgerät zu konzipieren. Die Chips sind auch für 3-Phasige Verbraucher geeignet, messen Wirk-, Blind- und Scheinleistung und erreichen Genauigkeiten um die 0.1-0.3%. Sie verfügen über Ausgänge, die Manipulationen am Zähler anzeigen können. Die Energiewerte werden über eine serielle SPI Schnittstelle von einem Mikroprozessor ausgelesen. Als externe Sensoren dienen je nach Beschaltungsvariante ein (präziser) Shunt-Widerstand, eine Rogowski-Spule oder ein Hallsensor. Solche Bausteine werden zum Beispiel von Texas Instruments (MSP430FE42x2), ST Microelectronics (STPM01), Microchip (MCP3909, PIC18F87J72), Freescale (i.MX ARM), Analog Devices (ADE7768), MAXIM (MAXQ3180), und Teridian (71M65xx) angeboten. Beim einigen Baustein handelt es sich sogar um sogenannte SoC (System on Chip) bei welchen die Messeinrichtung und der Mikroprozessor in einem Gehäuse untergebracht sind.



Figur 45: Rogowski Spule als Stromsensor und Blockschaftbild des Energiemess-IC von ST

## Datenkommunikation

Es gibt Dutzende von Kommunikationsstandards im Gebäude, die für ein solches System theoretisch in Frage kommen könnten. Dieses Kapitel versucht in einer Übersicht, die wichtigsten aufzuzählen und zu beschreiben. Die Bekanntesten werden lediglich erwähnt, auf die weniger relevanten nur kurz eingegangen. Es soll auch erwähnt werden, dass es immer die Möglichkeit gibt, etwas selbst neu zu erfinden. Wir gehen jedoch nicht davon aus, dass das bei den Kommunikationstechnologien bei MEGA der Fall sein wird. Die Auswahl ist immer noch sehr gross, da, wie bereits Eingangs erwähnt, viele dieser Technologien in verschiedenen Domänen erdacht worden sind und nicht dafür gedacht waren, mit anderen kompatibel zu sein.

## Drahtgebunden

### Feldbusse

**KNX** und **Lon** sind die beiden am weitesten verbreiteten Bussysteme für die Gebäudeautomation. Das heisst, sie wurden für die Steuerung von Gebäudetechnik zur Beleuchtung, Beschattung, Heizung, Lüftung und Klimaregelung konzipiert. Sie senden ihre Daten primär über einfache verdrehte Leitungen in der Grössenordnung von einigen wenigen kBit/s. Beide bieten IP-Gateways an, die als Brücken zwischen den Bussen und TCP/IP fungieren. Zum Teil existieren bereits Lösungen zur Strom- bzw. Energiemessung oder dem Energiemanagement, die auf diesen Kommunikationstechnologien aufsetzen.

- **KNX** (Konnex gesprochen) ist ein offener Standard, dem sich mittlerweile fast 100 Firmen weltweit angeschlossen haben. Er ist 2002 aus dem Zusammenschluss der Bussysteme EIB, BatiBUS und EHS entstanden. KNX Systeme werden bis auf Anwendungsebene im Standard spezifiziert und daher sind die mittlerweile sehr zahlreichen Produkte von verschiedensten Herstellern alle untereinander kompatibel. KNX nennt sich deshalb selbst den einzigen weltweiten Standard für Haus- und Gebäudetechnik. Obwohl der EIB Bus ursprünglich für residentielle Gebäude entwickelt wurde, wird KNX heute im kommerziellen Gebäudebereich viel breiter eingesetzt. Da KNX Komponenten und der Einbau des Bussystems teuer sind, findet man KNX im Privatbereich höchstens vereinzelt im Hochpreissegment (Villen, teure Eigentumswohnungen). Das ist auch damit zu erklären, dass die Vorteile eines solchen Busses, zum Beispiel die Möglichkeiten das Gebäude als ganzes zu managen oder die Flexibilität bei Änderungen, vor allem im Zweckbau zum Tragen kommen. Ausserdem müssen KNX Systeme relativ aufwendig und mit wenig massentauglichen Softwarewerkzeugen (ECS) konfiguriert werden. Neben der Variante mit den verdrehten Leitungen bietet KNX auch eine drahtlose Kommunikation an (KNX-RF).

- **Lon**, die ganze Plattform heisst eigentlich LonWorks, ist das Produkt der amerikanischen Firma Echelon und somit proprietär. Die Firma liefert auch die Buskontrollerbausteine (Neuron Chips) und hat das Protokoll spezifiziert, über das die Geräte miteinander kommunizieren (LonTalk). Da die Firma die Protokolle jedoch auch anderen offenlegt, gibt es auch hier Hunderte von zertifizierten Produkten, die alle in einer zentralen Datenbank bei Echelon gelistet sind und kompatibel zueinander sind. Man findet LonWorks mittlerweile auch in anderen Segmenten, zum Beispiel bei Aufzügen. Neben der Variante mit den verdrehten Leitungen bietet Echelon auch PLC Kommunikation an. Die Firma Echelon ist auch ein wichtiger Lieferant von Energiezählern, die jedoch nicht über einen Lon Anschluss verfügen.

Neben den beiden erwähnten gibt es zahlreiche weiteren Feldbustechnologien für die Gebäudeautomation (z.B. LCN, X-10, EHS...) oder auch den Einsatz im industriellen Segment. Sie spielen jedoch für MEGA nur eine marginale Rolle.

### Telekommunikation

Die Technologien dieser Kategorie sind den meisten heute bekannt und könnten dazu verwendet werden, die Daten über das Internet an einen entfernten Rechner zu senden. Die Datenraten sind bei allen mehr als Ausreichend für das Datenaufkommen eines MEGA Systems für den Haushalt.

- **POTS (Plain Old Telephone System):** Die herkömmliche Telefonleitung und ein analoges Modem dazu. Auch heute noch verwenden, wenn eine Telefonleitung vorhanden ist Firmen wie Landis+Gyr oder Schindler dieses System, um von Fern auf ihre Zähler bzw. Aufzüge zuzugreifen (DIAL-IN, DIAL-OUT).
- **DSL (Digital Subscriber Line):** Breitband Internetanschluss über die Telefonleitung. Der Yello Strom Zähler sendet seine Daten über einen solchen Anschluss an einen Server im Internet. Auf diesen kann man schliesslich (wieder über denselben Anschluss) auf seine Energiedaten zugreifen.
- **Cable:** Breitband Internetanschluss über das analoge Antennenkabel.
- **FTTH (Fibre To The Home):** Breitbandanschluss über Glasfaserkabel. Noch Zukunftsmusik aber ganz gross im Kommen und eine echte Alternative zu den anderen Technologien auf der letzten Meile. Viele Firmen, darunter vor allem auch Energienetzbetreiber, bauen zurzeit solche Netze auf (vorerst in Ballungszentren).

### Powerline

Powerlinetechnologien übertragen ihre Daten über das Stromnetz. Wobei man unterscheiden muss zwischen Kommunikation innerhalb eines Hauses oder aus dem Haus hinaus. Das erste scheint sich durchzusetzen, während das zweite eher eine Nische bleiben wird. Obwohl PLC Kommunikation ausser Haus gerade auch bei Metering Anwendungen öfters eingesetzt wird, da die Elektrizitätszähler sowieso am Netz angeschlossen sind. Bei den Anwendungen innerhalb des Hauses unterscheidet man zwischen Schmal- und Breitbandvarianten. Während die Datenrate bei Schmalband nur für einfache Kontrollanwendungen wie zum Beispiel Lichtschalter ausreicht, sind über Breitbandkanäle auch Multimedistreaming-Anwendungen denkbar. Der grosse Vorteil dieser Technologien ist, dass sie auf der bestehenden Infrastruktur aufsetzen und der Datenkanal bei allen Netz gespiesenen Geräten quasi Gratis zur Verfügung steht. Nachteile sind, dass die Kommunikation häufig durch Störungen auf dem Stromnetz beeinträchtigt wird und die Technologie selbst auch solche Störungen verursacht, was anderen Geräten theoretisch schaden könnte. Je nach Situation (Wohnung, Zimmer zu Zimmer, Sicherungsübergänge, andere Geräte) kann ein solches System recht unzuverlässig sein oder zumindest eine Datenrate nicht garantiert werden.

- **HomePlug:** Die HomePlug Allianz hat wohl mit über 50 Firmen (darunter Intel, Cisco, TI, Motorola, Sharp,...) zurzeit das grösste Gewicht. Es sind bereits viele Produkte basierend auf diesem Standard auf dem Markt (von Netgear, Devolo, Zyxel,

Landis+Gyr...) Die Allianz spezifiziert Standards für alle Bereiche der Powerlinekommunikation:

- **HomePlug AV:** Multimedia-Streaming innerhalb des Hauses, theoretische Datenrate von 189 Mbit/s, seit 2005
- **HomePlug Command & Control:** Gedacht zum Einsatz in der Gebäudeautomation als Konkurrenz zu den herkömmlichen Feldbusse. Günstiger, kleinere Datenrate, seit 2007
- **HomePlug Access BPL:** PLC-Kommunikation ausser Haus als Konkurrenz zu den Telekommunikationssystemen bereits aufgelistet, in Arbeit
- **HomePlug GP (Green PHY):** Überwachung und Steuerung von Endgeräten über eine Low-Speed, Low-Cost PLC Lösung über IP (IEEE 802.2); Datenrate 1 Mbps min (3.8 Mbps peak). Entwickelt wurde es für Smart Energy Control: Lastmanagement, Energieeffizienz etc. Profil für IEEE P1901. Wird auch in einigen Publikationen als HomePlug AV lite beschrieben.

Erwähnenswert ist auch, dass sich die HomePlug Allianz im Smart Energy Bereich mit der ZigBee Allianz zusammengeschlossen hat, um gemeinsam Lösungen zu entwickeln, die über Funk wie auch über die Stromleitung kommunizieren können [86].

- **digitalSTROM:** Wurde bereits bei der Energiemessung erwähnt. Die digitalSTROM Knoten übertragen ihre Daten über die Stromleitung. Dabei sollte erwähnt werden, dass diese Knoten nicht direkt miteinander kommunizieren können, sondern die Informationen immer den Weg über einen zentralen dS-Zähler gehen müssen. Der grosse Vorteil des Übertragungsverfahrens selbst liegt darin, dass die digitalSTROM Technologie sehr günstig und klein produziert werden kann. Die bei anderen Systemen üblichen Transformatoren entfallen. digitalSTROM Knoten modulieren ihre Daten nicht auf einen 230V-Träger, sondern senden nur im Nulldurchgang (0V). Der Nachteil dabei ist, dass dadurch nur Datenraten von etwa 200 Bits/s möglich sind. Die Reaktionszeit vom Drücken eines Schalters bis zum Aufleuchten der Lampe beträgt ca. 300ms. Die Daten werden je nach Hin- (Schalter zum Server) oder Rückweg (Server zum Licht) unterschiedlich gesichert. Der Rückweg ist stärker abgesichert, was jedoch auch ein erhöhtes Datenaufkommen zur Folge hat.
- **Universal Powerline Association (UPA):** Die UPA ist neben HomePlug die zweite grössere Allianz. Sie spezialisiert sich auf Breitbandkommunikation in und ausserhalb des Hauses.
- **Watteco:** Watteco ist eine französische Startup Firma, die vor allem Hardware aber auch Software für PLC Systeme für den „Smart Energy Command & Control“ Markt liefert. Sie wurde von Truffle Capital Venture und Schneider Electric unterstützt und im Jahre 2005 gegründet. Watteco ist Mitglied bei der UPA Die WPC (Watt Pulse Communication) Technologie hat laut Watteco hat die Eigenschaft, dass sie kompatibel mit dem IEEE 802.15.4 Protokoll ist. Dies ermöglicht die Verbindung von WPC mit existierenden ZigBee und 6LoWPAN (IP) Netzwerken. Im Gegensatz zu anderen PLC Technologien (aber ähnlich zu digitalSTROM) benötigt WPC keinen Träger zur Datenübertragung, was den Kommunikationsstrom optimiert, durch das Fehlen komplizierter Signal-Processing Algorithmen und von aufwendigen Analog-Front Ends Kosten spart, dadurch auch sehr kleine Bauformen für die PLC-Schaltungen zulässt (SoC System on Chip) und relativ wenig Energie verbraucht. Die WPC Technologie eignet sich für 110V und 220V Netze und arbeitet mit rund 10kbit/s Bruttodatenrate. Nennenswert ist auch, dass Watteco eine Lastidentifizierungstechnologie entwickelt hat. Mit dieser kann rausgefunden werden was für ein Gerät gerade Strom bezieht.
- **X10:** Mit dem Erscheinungsdatum 1975 Urvater der Powerline Technologie für Heimautomation (eher residentiell als kommerziell). Hunderte von relativ günstigen Produkten, die vor allem in den USA verkauft werden. Geringe Datenrate (20 bit/s),

sehr einfache Adressierung und Protokoll und deswegen wohl langsam etwas veraltet, aber immer noch weit verbreitet. Es gibt auch die drahtlose Variante von X10

- **Insteon, UPB:** Andere in den USA populärere PLC Varianten, die jedoch nur mit 110V laufen und dadurch in Europa nicht verwendet werden.

## Ethernet

Hat jeder an seinem PC für den Anschluss an ein TCP/IP Netzwerk und muss deshalb nicht detailliert erklärt werden. Datenraten von 10/100/1000 Mbit/s. Das Problem an Ethernet ist, dass der grosse RJ45 Anschluss, die geschirmten Kabel und die aufwendige Übertragungstechnologie zwar ideal für grössere Geräte wie PC's, Router, Gamekonsolen und neuerdings sogar Fernseher ist, jedoch für kleinere Billigstkomponenten wie Sensoren im Gebäudebereich viel zu teuer ausfällt. Neben politischen Gründen ist der Preis von Ethernet wohl einer der Hauptgründe, wieso sich das TCP/IP (Internet-)Protokoll in diesen Bereichen (noch) nicht durchgesetzt hat. Am einfachsten aus Systemsicht wäre es nämlich, wenn überall dasselbe Protokoll verwendet werden könnte. Die Hochschule Luzern – iHomeLab hat deshalb einen Prototyp eines TCP/IP Systems aufgebaut, das das Protokoll über einfache verdrehte Drähte, wie sie bei einfacheren Bussystemen (KNX, Lon) üblich sind, überträgt.

## Metering

Für die lokale Auslesung und Konfiguration von Zählern werden heute folgende Technologien verwendet:

1. **Seriell:** Einfache asynchrone serielle Bus oder Punkt-zu-Punkt Verbindungen über RS485 bzw. RS232 Kabel oder Stromschleifen (CS-Schnittstelle) mit 300 Baud (Wasserzähler) bis 115200 Baud.
2. **M-Bus (Meter-Bus):** Ein aus Deutschland stammender ursprünglich für Gaszähler konzipierter, jedoch mittlerweile weit verbreiteter Standard für die Zählerkommunikation. Eine Initiative der Uni Paderborn und Texas Instruments, die den Chip dazu herstellen. M-Bus definiert die Protokolle für den physikalischen Teil des Buses (inkl. Data Link), aber auch den Applikationslayer ganz oben. Basiert auf einer Master/Slave Kommunikation mit bis zu 250 Geräte und Datenraten von 300-9600 Baud. M-Bus ist einfach und Kostengünstig, jedoch auch etwas eingeschränkt. Ausserdem lässt der M-Bus Standard Spielraum für eigene Interpretationen weshalb Geräte von unterschiedlichen Herstellern häufig nicht untereinander kompatibel sind. Es gibt auch eine Drahtlosvariante des M-Bus.

## Drahtlos

### Sensor-Aktor Netzwerke

Schon seit einigen Jahren sind drahtlose Sensor Netzwerke (WSN) eine beliebtes Thema in der Forschung. Doch mittlerweile haben sich erste Standards entwickelt und die Wirtschaft ist langsam soweit, die ersten Produkte damit auszuliefern. WSN unterstützen in der Regel Hunderte von kleinen und günstigen Knoten, die sehr wenig Energie aufnehmen, so dass sie Jahre mit einer Batterie funktionieren können. Es sind Meshnetzwerke in denen jeder Knoten mit jedem kommunizieren kann, Nachrichten über Router automatisch im Netzwerk weiter geleitet werden, in denen sich Ausfälle von mehreren Knoten nicht auf die Funktion auswirken (selbstheilend) und in denen neue Knoten einfach Teil des Netzwerks werden können (ad-hoc). Wie der Name schon sagt waren WSN ursprünglich dafür gedacht, Daten von Sensoren zu übertragen. Diese messen Grössen wie Temperatur, Druck, Vibration, Energie usw. WSN wurden also unter anderem für Systeme wie MEGA entwickelt. Sie können jedoch auch für andere Anwendungen eingesetzt werden, zum Beispiel zur Steuerung von Geräten in der Gebäudeautomation usw. Es gibt mittlerweile einige Standards und viele proprietären Implementationen von WSN. Die meisten dieser

Technologien arbeiten in den freien ISM (Industrial, Scientific, Medical) Frequenzbändern zu denen die Bänder 868 MHz (Europa), 915 MHz (USA) und 2.4 GHz (Weltweit) gehören.

- **ZigBee:** Der heute wohl bedeutendste und offene Standard. Die ZigBee Allianz mit an die 300 Mitgliedern (darunter Siemens, Freescale, Philips, TI und auch Landis+Gyr). Obwohl die erste Version des Standards bereits 2003 erschienen ist, war es ein langer Weg bis zu den Ende 2007 erschienenen definitiven Versionen des Core Stacks (ZigBee 2007 und PRO). ZigBee basiert auf dem IEEE[115] Standard 802.15.4, welcher die physikalische Ebene, den Link Layer und Teile des MAC spezifiziert. Dieser Standard unterstützt (theoretisch) bis zu 65 Tausend Knoten und eine Bruttodatenrate von 250kBit und 15 Kanälen bei 2.4 MHz (die 868/915 MHz Versionen haben sich noch nicht durchgesetzt). Der ZigBee Standard selbst definiert den Netzwerkschicht, der ihm die Meshfunktionalität verleiht und auch die Applikationsebene. In den sogenannten ZigBee Profilen wird die eigentliche Anwendung spezifiziert. Dadurch sollen auch hier zertifizierte Geräte mit ZigBee Logo von verschiedensten Herstellern untereinander kompatibel sein. Mittlerweile existieren Produkte und Ideen für Profile für:
  - Heimautomation, HA (seit 2007)
  - Smart Energy, SE (seit 2008)
  - Gebäudeautomation (CBA)
  - Pflegeanwendungen, Health (PHHC)
  - Telekomanwendungen (TA)

ZigBee hat Smart Energy, Smart Metering und AMI Applikationen zu einem Hauptfokus für die Technologie gemacht. Wie bereits erwähnt hat man auch die HomePlug Powerline Allianz mit ins Boot geholt, die das SE Profil auf Applikationsebene unterstützen wollen. Führende Zählerhersteller wie Landis+Gyr oder Itron setzen auf diese Technologie und es sind auch schon bereits erste zertifizierte Geräte vorhanden und Pilotprojekte angelaufen. Und das obwohl die Spezifikation des Profils noch gar nicht ganz abgeschlossen ist. Zurzeit ist man an der Version 2.0, die wohl auch die Möglichkeit zur Übertragung von IP anbieten wird. Wir werden das Smart Energy Profil weiter unten noch einmal genauer erklären.

- **IEEE802.15.4, 6LoWPAN, ROLL:** Die Kombination dieser drei IEEE und IETF Standards soll es ermöglichen IPv6 Pakete drahtlos zu übertragen. **IEEE802.15.4** ist ein Standard, der den physical (PHY) und den media access control (MAC) Layer für *low-rate personal area networks* (LR-WPANs) definiert. Diverse WSN Protokolle wie z.B. ZigBee oder HART setzen darauf auf. **6LoWPAN** ist ein IETF (Internet Engineering Task Force) Standard, der einen Adaptionlayer zwischen IEEE802.15.4 und IPv6 spezifiziert. Es werden also Dinge geregelt, wie die Adressauflösung (ARP), das Tunneling von IPv6 Paketen, Anpassung an Paketgrößen und Fragmentierung, Discovery, Sicherheit, Header-Komprimierung etc. **ROLL** (Routing over Low Power and Lossy Networks) schliesslich ist ein im Entstehen begriffener IETF Standard, der die Routing Algorithmen definiert, die bei 6LoWPAN zum Einsatz kommen können. Erst ROLL erlaubt also den Aufbau von Multihopfunktionalitäten und echten Meshtopologien für Sensornetzwerke.
- **Z-Wave:** Im Heim- und Gebäudeautomationsbereich der Hauptkonkurrent von ZigBee. Die Firma Zensys, die das proprietäre System ursprünglich entwickelt hat, hat mittlerweile ebenfalls eine Allianz gegründet und mit Firmen wie Danfoss oder Panasonic durchaus potente Partner gefunden. Rund 200 Firmen unterstützen Z-Wave. Z-Wave ist heute weiter verbreitet und es gibt eine breitere Palette an Produkten als bei ZigBee, weshalb wohl auch Nokia für ihr neues Heimautomationssystem (Nokia Home Control Center) auf Z-Wave setzt. Ein technischer Unterschied zu ZigBee ist, das Z-Wave auf dem 868 MHz Band funkt, was ihm etwas bessere physikalische Eigenschaften im Gebäude verleiht. Ausserdem ist das Band weit weg vom 2.4 GHz Band auf dem auch WiFi, Bluetooth, ZigBee und andere sich befinden, weshalb der Funk weniger gestört wird (ab und zu

ein Kritikpunkt bei ZigBee). Doch das 868 MHz Band hat Z-Wave ist langsamer als ZigBee (40kBit) und unterstützt weniger Geräte (232).

- **IP500:** Ein relativ neues Konsortium, das eine Implementation von IP basierend auf 6LoWPAN und ROLL anstrebt. Als PHY/MAC wird die IEEE802.15.4 Technologie verwendet. IP500 sieht sich ein Stückweit als Konkurrenz zu ZigBee und will einige ihrer Ansicht nach Schwächen von ZigBee in einem eigenen Standard ausloten.
- **KNX-RF:** Die auf 868 MHz basierende drahtlose Variante von KNX. Wird z.B. von Siemens in ihren Building- und Homeautomationprodukten (Synco-Living) eingesetzt.
- **TinyOs:** Ein freies System (OpenSource), das vor allem in der Forschung und Bildung weit verbreitet ist. Es gibt zahlreiche Implementationen von verschiedenen, z.T. experimentellen WSN Protokollen für TinyOs. Es existiert auch ein IEEE802.15.4 Stack für dieses Betriebssystem.
- **EnOcean:** Die Spezialität dieses Systems ist, dass die Knoten die Energie für die Übertragung selbst generieren (Energy Harvesting). Durch den Druck auf einen Piezzo-Lichtschalter wird soviel Energie erzeugt, dass ein Telegramm verschickt werden kann, ohne dass eine Batterie benötigt wird. Der Energiebedarf ist ein häufiger Kritikpunkt bei ZigBee und Z-Wave Knoten, vor allem bei Routern, die nie schlafen dürfen.
- **Dust Networks, HART, ANT, MiWi, simpliciTI:** Weitere Systeme, die oft sehr ausgeklügelt und technisch ausgereifter sind als die bekannten Standards. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass das ganze Netzwerk z.B. synchronisiert ist sodass alle Knoten (auch Router) schlafen können, was eine viel längere Batterielebensdauer bedeutet. Oder dann sind sie sehr robust und speziell für sehr fordernde Umgebungen, wie Industriehallen mit viel Metall und grossen Magnetfeldern ausgelegt. Trotzdem werden sie wohl doch eher in Nischen eingesetzt werden.

## Mobile Geräte

Die Standards in dieser Kategorie sind den meisten bekannt, da wir täglich mit ihnen zu tun haben:

- **Bluetooth:** Sehr weit verbreitet und in fast jedem mobilen Gerät zu finden. Das Aufbauen einer Verbindung dauert etwas lange und kann je nachdem mühsam sein. Benötigt relativ viel Energie und ist nicht Meshnetzwerkfähig.
- **SMS:** Die *Short Message* mit maximal 160 Zeichen, wie sie vom Mobiltelefon her bekannt ist. Heute wird für einfache Informations- oder Steuerungsaufgaben häufig ein SMS versandt.
- **GSM/GPRS:** GPRS ist ein drahtloses Paketübertragungsverfahren, das von jedem Mobiltelefon unterstützt wird. Es ist die heute am meisten genutzte Technologie zur Fernauslesung von Zählern, obwohl die Datenübertragung noch immer recht teuer ist. GPRS erlaubt Datenraten zwischen 56-114 kbit/s.
- **UMTS/HSPA:** Nachfolger von GSM/GPRS/EDGE. Viel höhere Datenrate, aber auch höherer Energiekonsum.
- **IEEE802.11/WiFi:** Das WLAN, wie man es von seinem Laptop und dem Router zu Hause kennt. Die Chips werden immer günstiger und verbrauchen immer weniger Energie, was zur Folge hat, dass man mit immer mehr mobilen Geräten über WLAN auf das Internet zugreifen (z.B. iPhone) oder sogar Telefonieren (Voice over IP) kann. Neben den bekannten Ausprägungen 802.11a/b/g mit bis zu 54 Mbit/s Datenrate wurde im November 2009 der 802.11n Standard veröffentlicht, der bis zu maximal 600 Mbit/s zulassen und somit auch das Streaming von HD Videofilmen ermöglichen soll.

- **Wibree:** Ausgelegt für ultra-low-power Anwendungen. Das könnten zum Beispiel Spielzeuge, Tastaturen, Mäuse oder Armbanduhren sein. 2001 ursprünglich von Nokia initiiert. Wurde von der Bluetooth Allianz übernommen und soll in zukünftige Versionen einfließen. Frequenz und Datenrate gleich wie Bluetooth.

## Metering

- **Wireless M-Bus:** Die auf 868 MHz basierende drahtlose Variante des M-BUS. Wird z.B. von Landis+Gyr für die Kommunikation zwischen dem Zähler und dem Eco-Meter Display eingesetzt. Vor allem auch in Deutschland scheint sich der M-Bus, neben der drahtgebunden auch als drahtlose Variante im Smart Metering Bereich durchzusetzen. Da die M-Bus Spezifikation in gewissen Teilen zu wenig eindeutig spezifiziert wurde und ursprünglich nicht für drahtlose Systeme konzipiert wurde
- **ZigBee:** Wurde bereits oben beschrieben. So wie es scheint, ist ZigBee in den USA oder vielerorts in Europa wie z.B. den UK die erste Wahl für Smart Metering. Allerdings hat sich in den USA gezeigt, dass man aufgrund des Drucks der Utilities in Richtung von Standardlösungen, wohl nicht auf eine Möglichkeit zur Übertragung von IP verzichten kann.
- **Proprietäres Drive By:** In den USA ist das Verfahren weit verbreitet, dass man die Zähler über Funk aus dem vorbeifahrenden Auto ausliest. Auch in der Schweiz gibt es etwa 70 kleinere Energieunternehmen, die dieses Verfahren anwenden. Hier gibt es keinen eigentlichen Standard. Man benutzt freie oder lizenzpflichtige Bänder und ein proprietäres Produkt dafür. In England gibt es auch Ideen, ein solches Funknetz fix zu installieren, um es nicht nur für Drive-By, sondern als Ersatz für die letzte Meile zu verwenden.

## Breitband

- **WiFi / WLAN / IEEE 802.11:** In jedem Laptop für den drahtlosen Netzwerkzugang installiert. Mit 802.11n mittlerweile bei einer theoretischen Datenrate von 600 Mbit/s angelangt, was es auch tauglich für Multimediaanwendungen machen soll.
- **WiMax / IEEE 802.16:** Die drahtlose Antwort auf drahtgebundene Breitbandtechnologien. Soll eine Bruttodatenrate von rund 75 Mbit/s (symmetrisch) und eine Reichweite von bis zu 50 km erreichen. Wird wohl zuerst in Gegenden eingesetzt, die heute noch keinen DSL Zugang haben. Kommende Laptop Generationen werden sehr wahrscheinlich die WiMax Clients gleich mit eingebaut haben.

## Protokolle

### Metering

- **DLMS/COSEM – IEC 62056:** Ein vor allem in Europa weit verbreitetes, mächtiges und sehr flexibles Protokoll zur Modellierung, Kommunikation und Bearbeitung von Zählerdaten. *Device Language Message Specification* ist mehr als einfach ein neues Datenkommunikationsprotokoll auf dem Applikationslayer, Es handelt sich um ein generisches Konzept für die Abstraktion von Kommunikationsentitäten. COSEM oder *COmpanion Specification for Energy Metering* setzt, basieren auf existierenden Standards, die Regeln für den Datenaustausch mit Energiezählern. COSEM ist eine Art Schnittstellenbeschreibung und basiert auf objektorientierten Ansätzen. DLMS wurde von wichtigen Vertretern der Zählerindustrie, massgeblich auch von Landis+Gyr, entwickelt und wird heute von der DLMS User Association (Sitz in Genf) weiterentwickelt, vermarktet und unterhalten. Gegenüber anderen Protokollen in diesem Bereich unterscheidet sich DLMS vor allem durch den Ansatz ein generisches Schnittstellenmodell zu verwenden (unabhängig von Energietyp,

Hersteller oder physikalischem Medium) und einem durchdachten Sicherheitskonzept.

- **IEC61107 / IEC 1107:** Ein relativ einfaches, weit verbreitetes, ASCII Zeichen basiertes 2-weg Protokoll zur Auslesung von verschiedensten Energiezählern. Man schickt eine einfache Anfrage and z.B. einen Wasserzähler und erhält als Antwort einen Strom von Daten. IEC 61107 soll durch IEC 62056 abgelöst werden.
- **ANSI C12.18, C12.21:** Ein zwei 2-weg Kommunikationsprotokoll zur Auslesung von Elektrizitätszählern. Das Protokoll ähnelt IEC1107 benutzt aber einen ANSI Typ 2 optischen Port zur Auslesung und wird in erster Linie in Nordamerika eingesetzt.
- **SCTM / IEC 60870-5:** Das „Serial Coded TeleMetering“ ist ein serielles ASCII-Protokoll, das für sich permanent online befindliche Datenkonzentratoren und Energiezähler konzipiert wurde. Es erlaubt Fernkontrolle und Fernauslesung dieser Einrichtungen. Es wurde ebenfalls von L+G initiiert und definiert die Datenübertragung für alle 7 OSI Layer.
- **M-Bus / EN 13757-3:** Eine in Deutschland entwickelte und daher vor allem dort weit verbreitete Norm für das Fernauslesen Zählern. Ursprünglich für Wärmezähler gedacht, wird er heute auch von Gas, Wasser- und Elektrizitätszählerherstellern eingesetzt. Von einem gemeinsamen Master aus (z.B. Handheld) gesteuert, hängen die Slave-Zähler an einem 2 Draht-Bus über den kommuniziert wird. Die M-Bus Spezifikation beschreibt den physikalischen Layer, Datalink, Layer, Netzwerk Layer (optional) und die Applikation. Neben einer drahtgebundenen Variante, wurde auch ein Wireless M-Bus spezifiziert.
- **SML:** Die *Smart Message Language* ist eine XML basierte Beschreibungssprache für den Datenaustausch mit Zählern. Die Kommunikation basiert auf einer Datei/Dokument Struktur. Eine einzelne SML Nachricht ist in einer Datei eingebettet, die über ein Standardprotokoll, in der Regel TCP/IP, in Peer-to-Peer Manier übertragen wird. Das Protokoll würde im Hinblick auf den in Deutschland entstehenden MUC Standard entwickelt 0.

## Multimedia

- **UPnP:** *Universal Plug and Play* ist ein Familie von IP basierten Protokollen zur einfachen Netzwerkintegration von Geräten. Ursprünglich von Microsoft als Erweiterung von Plug and Play für PC Peripherie gedacht, scheint sich UPnP auch in anderen Bereichen wie der Heimautomation, Consumer Electronics oder Mobile Computing (z.B. in Windows Mobile) durchzusetzen. UPnP wird heute vom UPnP Forum, einer Organisation mit rund 800 Mitgliedern, betreut und weiter entwickelt. UPnP definiert Mechanismen und Protokolle mit welchem sich Geräte z.B. gegenseitig automatisch erkennen und bekannt geben können, welche Funktionen und Dienste sie im Netz anbieten. Es kümmert sich um die Adressierung (DHCP), Discovery (SSDP), Geräte- und Servicebeschreibung (XML), Kontrolle (http, SOAP), Eventing (GENA) und Präsentation (HTML). Mit der zusätzlichen Definition von Standardgeräteprofilen (DCPs) wird die Steuerung von bestimmten Geräten (z.B. Licht oder Medienserver) vereinheitlicht.
- **DLNA:** Die *Digital Living Network Alliance* hat eine Initiative lanciert, die verschiedene Hersteller aus den Branchen Consumer Electronics, IT und Mobile Computing vereinigt hat. Die DLNA möchte diese Firmen dazu zu bringen, ihre Geräte untereinander kompatibel zu vernetzen um problemlos digitale Medien (Bilder, Musik, Filme) auszutauschen. Dabei sollen in den Spezifikationen ausschliesslich existierende Protokolle und Formate eingesetzt werden. So basiert DLNA auf UPnP AV und verwendet gängige Formate wie JPG, MP3, MPEG etc. für die Darstellung von Multimediainhalten. Ausserdem bietet man eine Zertifizierung und ein Label an. Erste Geräte z.B. von Sony sind schon auf dem Markt.

- **DPWS/WSD:** *Devices Profile for Web Services* sind in der Funktionalität sehr ähnlich zu UPnP, gelten als dessen Nachfolger. Basieren jedoch auf der weit verbreiteten und vom W3C standardisierten Web Services Technologie. Vereint sozusagen die guten Seiten von UPnP und Web Services zu einem neuen Protokoll und fügt z.B. die bei UPnP oft kritisierten Sicherheitsfunktionen hinzu. **WSD** oder Web Services for Devices ist Microsofts Name und Implementation (bereits in Windows CE and Vista) für DPWS. Auch ERP Anbieter wie SAP experimentieren im Zusammenhang mit Smart Metering mit DPWS.

## Weisswaren

- **CHAIN:** *Ceced Home Appliances Interoperating Network* ist ein Standard von CECED, dem *European Committee of Domestic Equipment Manufactures* für die Vernetzung von Weisswaren. Powerline basiert. Eingesetzt z.B. von VZug für die Zug Home Produktlinie.
- **serve@home:** Ein offener, powerline basierter Standard, der hinter den Siemens Haushaltsgeräten steht.
- **Proprietär:** Miele Waschmaschinen, Whirlpool Trockner, G.E. Wasserkocher
- **U.S. NIST Standards:** Ein Applikationsstandard [110] mit einem Reference Board für alle USA-basierten Hersteller ist in Bearbeitung

Mikrokontroller für WiFi (GainSpan GS1011M) und ZigBee ([www.Freescale.com/ZigBee](http://www.Freescale.com/ZigBee)) welche speziell für das Zeitgesteuerten Starten von Weissware entwickelt wurden sind bereits erhältlich.

## Gebäudeautomation

1. **BACnet:** BACnet ist ein weit verbreitetes Protokoll für *Building Automation and Control Networks*. BACnet setzt bei den Automations- und Managementebenen eines Gebäudeautomationssystems an und ist daher unabhängig vom Übertragungskanal und soll auch die Geräte verschiedener Hersteller unterstützen und zum Beispiel in einer Zentrale verfügbar machen. Es existieren standardisierte BACnet Applikationen für HLK, Brandmeldung und Alarm, Beleuchtung, Sicherheit, Aufzüge und auch eine Schnittstelle für EVU. BACnet beschreibt deren Funktionalitäten in Objekten mit Properties, auf die zugegriffen werden kann. Ausserdem wurde BACnet/IP für die Übertragung von BACnet Daten über IP Netze spezifiziert.
2. **KNX:** Spezifiziert nicht nur den Datenübertragungskanal (siehe 0), sondern auch standardisierte applikationsspezifische Protokolle.
3. **LonTalk:** Echelon hat mit LON nicht nur den Datenübertragungskanal spezifiziert (siehe 0), sondern auch das Applikationsprotokoll.

## Internet

- **TCP/IP:** Hier gibt es nicht mehr viel zu sagen, der Erfolg des Internet spricht für sich. Interessant ist vielleicht der Trend hinzu zum übergreifenden Einsatz von IP (bzw. IPv6) auf allen Ebenen vom grossen Supercomputer bis hin zum kleinsten ZigBee/IEEE 802.15.4-Sensor, auch genannt das „Internet of Things“. Unserer Meinung wird in nicht allzu ferner Zukunft praktisch alles auf IP basieren.

# Datenspeicherung und Verarbeitung

## Datenspeicherung

Die in MEGA gesammelten Energiedaten sollen gespeichert werden, damit sie auch später noch einsehbar sind und für Historien, Vergleiche, Analysen etc. hinzugezogen werden können. Das Kapitel listet kurz auf, welche Möglichkeiten es dafür gibt.

Dabei liegt es auf der Hand, dass die Lösungen für die Datenspeicherung und Verarbeitung massgeblich **abhängig** sind **vom gewählten Konzept**. Sieht das Konzept z.B. es einen Server in einer Zentrale beim EVU vor, der die Daten aller MEGA Systeme speichern soll, wird man andere Mechanismen wählen als wenn man die Daten nur lokal auf einem kleinen Gerät speichern möchte.

Auch vom Konzept abhängig ist die Auswahl der Daten, die gespeichert werden sollen. Um Platz und Rechenpower zu sparen, sollte nur das gespeichert, was wirklich unmittelbar Sinn macht. Man kann sich auch ein zweistufiges Konzept vorstellen, in dem nur aktuellere und eher wenige Daten unmittelbar (für die Anzeige) zugreifbar sind und die anderen archiviert werden etc.

Um Platz zu sparen, kann man die Daten **komprimieren**. Um Sicherheit zu gewinnen, kann man sich überlegen, sie zu **verschlüsseln** und um Manipulationen auszuschliessen könnte man sie **signieren**.

Die technischen Anforderungen spezifisch für MEGA werden im Kapitel *Technische Anforderungen* näher erläutert.

## Physikalisch

Eine Auflistung von heute existierenden Lösungen, mit denen man Daten physikalisch speichern kann, findet man z.B. in Wikipedia [87].

Für MEGA spielen dabei sicherlich Eigenschaften wie persistent/flüchtig, bewegte Teile/Solid State, Speichergrosse, Baugrosse, Erweiterbarkeit, Zugriff, Performance, Lebensdauer, Energieverbrauch und die Kosten eine Rolle. Die für MEGA relevanten technischen Anforderungen an den physikalischen Datenspeicher werden im Kapitel *Datenspeicherung und Verarbeitung* näher betrachtet.

## Logisch

Um Daten logisch zu speichern, existieren grundsätzlich zwei Ansätze:

- Datenbanken
- Dateisystem

Bei den **Datenbanken** findet man verschiedene Ausprägungen, die sich je nach Eigenschaften mehr oder weniger für eine bestimmte Aufgabe eignen. Datenbanken unterscheiden sich z.B. in ihrer Architektur (Client/Server, In-Prozess), im Speichermodell (On-Disk, In-Memory, kombiniert), Datenmodell (Relational, Objektorientiert, Netzwerk/CODASYL), Applikationskopplung (Embedded, nicht embedded), in der Schnittstelle für den Zugriff (SQL, ODBC, JDBC, proprietär), der Betriebssystemunterstützung (Windows, Linux, MAC OS, Unix usw.), der Vertriebslizenz ((L)GPL, BSD, public domain, proprietär etc.), in den unterstützten Views, der Indexierung, den Sicherheitsmerkmalen und in ihrer Performance, den Datenlimiten oder auch spezifischen Features ganz allgemein. Einige der für MEGA wichtigsten Eigenschaften sind:

- **In eigenem Prozess / Eingebettet:** Es gibt Datenbanken, die in einem eigenen Prozess laufen und auf die sich die Applikation (lokal oder über das Netzwerk) verbinden muss, um Zugriff auf die Daten zu erlangen. Wichtige Vertreter sind die grossen Enterprise Datenbanken wie Oracle, MS SQLServer, MySQL, PostgreSQL und DB2. Im Gegensatz dazu gibt es Datenbanken, die direkt in die Applikation

eingebettet (Embedded) werden können. Auf diesem Weg bleibt die Datenbank selbst unsichtbar für den Anwender und benötigt weniger oder keine Wartung. Wichtige Vertreter dieser Kategorie sind SQLite, Berkeley DB oder Firebird Embedded. Der Begriff Embedded darf in diesem Zusammenhang nicht verwechselt werden mit Datenbanken, die sich speziell für kleine, eher leistungsschwache „real-time“ Geräte eignen wie z.B. extremeDB.

- **Lizenz:** Es gibt Datenbanken, die mit kommerziellen Lizenzen vertrieben werden (DB2, Oracle, MS SQLServer), unter bestimmten Bedingungen frei verfügbar sind (postgreSQL, SQLite, Firebird) oder beide Lizenzmodelle anbieten (MySQL).
- **API (Application Programming Interface):** Es gibt diverse Wege auf eine Datenbank von der Applikation aus zuzugreifen. Sie unterscheiden sich zum einen in der Abstraktion und ihren Funktionen, die von einfachen Standardtreibern für den Zugriff (SQL, ODBC, JDBC) bis zu ganzen Frameworks gehen, die dem Anwender Aufgaben der Persistenzsicherung abnehmen und relationale Tabellen automatisch auf Objekte mappen (Hibernate, NHibernate, ADO.net) oder gar Zugriff über das Netzwerk erlauben (WebServices, Remoting). Daneben gibt es proprietäre API, die von den jeweiligen Datenbankherstellern mitgeliefert werden. Der grösste Vorteil einer standardisierten Schnittstelle ist die Unabhängigkeit von der darunter liegenden Technologie. Das Datenbanksystem kann also ausgetauscht werden, ohne dass die Applikation verändert werden muss.

Neben einer eigenen MEGA Datenbank könnte man sich auch vorstellen, dass man eine Schnittstelle zu einem bereits existierenden System benutzt und die Daten zum Beispiel einem **ERP-System wie SAP** übergibt.

Neben einer vollwertigen Datenbank können die Daten auch einfach in einer oder mehreren **Dateien** abgelegt werden. Möglichkeiten für Formate, in dem die Daten abgespeichert werden reichen von proprietären **binären** Dateien, über einfache **Textdateien** (z.B. Comma Separated Values CSV), bis hin zu **XML** Dateien mit eigenen Schemas.

Eine Repräsentation der Daten in Dateiform ist auch praktisch im Hinblick auf die Übernahme (**Import/Export**) von Daten in andere Systeme und deren Weiterverwendung.

## Datenverarbeitung

Sei es bei der Vorbereitung der Rohdaten zur Speicherung, bei der Verarbeitung im Hinblick auf die Anwenderinformation oder der Aufbereitung zur Darstellung oder evtl. sogar bei der Verarbeitung von Bildern, bei MEGA werden verschiedenste Methoden zur Verarbeitung der Daten zum Zug kommen. Eine ausführliche Beschreibung würde den Rahmen dieses Berichts sprengen. Trotzdem sollen die wichtigsten Methoden, die in MEGA zum Zug kommen, in diesem Kapitel kategorisiert und in einer kurzen Übersicht präsentiert werden.

## Allgemeine Verfahren

1. **Parsen:** Unter parsen versteht man die syntaktische Analyse von Daten mit dem Ziel deren grammatikalische Struktur in Bezug auf eine formal beschriebene Syntax (Grammatik) zu bestimmen. Zum einen gibt es Bibliotheken und Tools für bereits beschriebene Standardstrukturen. Im Falle von XML stellen die meisten modernen Programmiersprachen (Java, .NET, Perl) fertige Parserfunktionen in ihren Klassenbibliotheken bereit. Ausserdem gibt es meist Drittanbieter dafür (z.B. Apache Xerces, JDOM, dom4j oder XMLBeans für Java). Daneben gibt es sogenannte Parsergeneratoren (z.B. lex, yacc), die verwendet werden können, um Code für Parser mit eigenen (meist in EBNF geschriebenen) Grammatiken generieren.
2. **Aussortieren/Validieren/Filtern:** Das Gebiet reicht von einfachem Aussortieren von Werten (weil man z.B. nur jeden zweiten Werte speichern möchte, man offensichtlich falsche Werte gefunden hat oder nur diejenigen benötigt, bei denen sich etwas signifikant verändert hat), über Validierungsalgorithmen, bis hin zu komplexen

digitalen Filtern aus der Signaltheorie (IIR, FIR, Wiener, Kalman, Tief/Hoch/Bandpass, Textur etc.). Zum Teil arbeitet man mit Verfahren der künstlichen Intelligenz wie zum Beispiel die kollaborativen Filter (siehe nächster Abschnitt).

3. **Aggregieren/Zusammenfassen:** Um die Datenmenge zu reduzieren, die Daten logisch zu gruppieren oder einen besseren Überblick zu gewinnen, kann man bestimmte Daten zusammen speichern oder zusammenfassen.
4. **Formatieren/Umwandeln:** Die Daten müssen zur Speicherung in einer Datenbank oder der Anzeige auf einem bestimmten Display evtl. in ein anderes Format oder eine spezifische Einheit überführt werden. Oder sie sollen sonst wie umgewandelt, angepasst oder normalisiert werden, damit man sie z.B. besser vergleichen kann.
5. **Sortieren:** Sortieren ist eine eigene Disziplin in der Computerwissenschaft. Es gibt zahlreiche Algorithmen, wie man Daten nach bestimmten Kriterien sortieren kann (Bubble sort, Shell sort, Quicksort, Bucket sort...). Sie unterscheiden sich in Eigenschaften wie Durchschnittssortierzeit, Worst-Case Sortierzeit, Speicherbedarf, Stabilität etc. Doch auch hier muss sich der Programmierer in der Regel nicht um den Algorithmus kümmern, da Sortieren ebenfalls Bestandteil der Klassenbibliotheken moderner Programmiersprachen ist oder durch SQL vom Datenbanksystem übernommen wird. Nur wenn sich die Standard-Methoden als zu langsam oder speicherhungrig erweisen, kann man versuchen einen Algorithmus spezifisch für die gegebene Aufgabe zu optimieren.
6. **Suchen:** Ganz ähnlich zum Sortieren sind auch für das Suchen nach bestimmten Werten in einer Datensammlung verschiedenste Algorithmen entstanden. Sie unterscheiden sich je nach Aufgabengebiet und Struktur der Daten (Uninformiert/Informiert (heuristisch), Optimierte, Listen, Bäume, Graphen...). Auch hier kommen für Standardalgorithmen die Klassenbibliotheken von Hochsprachen oder SQL zum Zug. Für Spezialaufgaben gibt es Algorithmen, die auf künstlicher Intelligenz basieren (siehe nächster Abschnitt).
7. **Komprimieren:** Verkleinert die Datengröße. Man unterscheidet zwischen verlustlosen und verlust-behafteten Verfahren. Zu den bekanntesten verlustlosen Verfahren zählen sicher diejenigen basierend auf Lempel-Ziv (LZ, LZR, LZW, LZX...). Die verlust-behafteten wie z.B. die Wavelet-Komprimierung oder die Diskrete Cosinuskomprimierung werden häufig bei Multimedialinhalten genutzt (JPG, MP3, MPG, WMV...).
8. **Statistisch analysieren:** Man wendet statistische Methoden auf die Daten an, um bestimmte Aussagen machen zu können. Man versucht herauszufinden wie die Daten verteilt sind, bildet Durchschnitte, sucht nach Extremas oder bildet spezielle Sichten etc. Auch hier werden für bestimmte Aussage KI Methoden angewandt.
9. **Datamining:** Als Datamining bezeichnet man ganz allgemein den Prozess, versteckte Muster aus Daten zu extrahieren. Meist wird eine Kombination von Methoden angewandt um Datamining zu betreiben, die oft ebenfalls auf KI Methoden basieren.

## Methoden der Künstlichen Intelligenz

Wie im letzten Abschnitt gesehen, basieren viele Methoden zur Datenverarbeitung, die auch in MEGA angewendet werden sollen, auf Methoden der künstlichen Intelligenz (KI). Eine ausführliche Übersicht über diese Methoden gibt auch hier Wikipedia [88]. In MEGA können solche Methoden verwendet werden um Wissen zu beschreiben, bestimmte Muster zu finden und zu lernen um daraus die richtigen Schlüsse zu ziehen und dem Bewohner zu helfen bzw. angepasste Tipps zu geben. Es folgt eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Toolgruppen der KI:

- **Suche und Optimierung:** Basiert darauf, die am besten geeignete Lösung für ein Problem zu finden, indem man geschickt in einer Menge von vielen guten bzw. allen

möglichen Lösungen danach sucht. Die wichtigsten Suchmethoden wurden oben bereits beschrieben. Ein konkretes Beispiel eines KI-Suchalgorithmus ist der A\*-Algorithmus, der häufig in Spielen zur Wegfindung oder Lösungssuche verwendet wird. Viele Planungs- und Lernalgorithmen benutzen die Suche in Kombination mit Optimierungsmethoden. Zu den Bekanntesten gehören die **Regel-Basierten Systeme**, die mit Hilfe von Inferenzregeln (Inference Rules) zu bestimmten Schlussfolgerungen gelangen. Dafür existieren seit einiger Zeit auch spezialisierte Programmiersprachen wie Prolog oder Lisp. Einige Methoden verwenden **Heuristiken**, um durch gezielte Annahmen den Suchraum einzugrenzen, der sonst astronomische Ausmasse annehmen kann. Weitere Techniken nutzen **mathematische Optimierungstheorien** oder **evolutionäre Methoden** wie die Schwarmtheorie oder genetische Algorithmen.

- **Logik:** Nutzt die Möglichkeiten der Logik (Deduktion), um in erster Linie Wissen zu repräsentieren oder Probleme zu lösen. Sie wurde jedoch auch schon für Planung oder maschinelles Lernen eingesetzt. Zum einen wird die **klassische Logik** mit Aussagen, die Wahr oder Falsch sein können eingesetzt, zum anderen gibt es Methoden wie **First-order Logik**, **Fuzzy Logik**, usw.
- **Wahrscheinlichkeit:** Bei vielen Problemen der KI ist die Datenbasis unvollständig und/oder die Werte sind mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Das hat dazu geführt, dass Methoden aus der **Wahrscheinlichkeitstheorie** und der **Ökonomie** in die KI eingeflossen sind. Zu den wichtigsten Tools zählen hier die **Bayesian Netzwerke**, das **Hidden Markow Modell**, **Kalman Filter** und aus der Ökonomie verschiedene Methoden aus der **Entscheidungstheorie**.
- **Klassifizierung und statistische Lernmethoden:** Für die Klassifizierung werden die zu klassifizierenden Objekte mit **bekannten Mustern verglichen (Pattern Matching)**, um die beste Übereinstimmung zu finden und sogar neue Muster dazu zu lernen. Es gibt eine ganze Anzahl von **Klassifizierungsmethoden**, wobei diese für unterschiedliche Probleme qualitativ sehr unterschiedliche Resultate liefern. Es gibt nicht „die Methode“ für alle Probleme der Klassifizierung und oft müssen Kompromisse eingegangen werden. Die richtige auszuwählen ist eine Kunst für sich. Zu den bekanntesten Methoden zählen **Neuronale Netzwerke** (Werden auch häufig für Lernaufgaben verwendet), **Support Vektor Maschinen**, der „**k-nearest neighbor**“ **Algorithmus**, das „**Gaussian mixture**“ **Modell**, die **Naive Bayes Klassifizierung** und der **Entscheidungsbaum**.

In einem System der künstlichen Intelligenz spricht man häufig von **intelligenten Agenten** (multi-agent). Ein Agent ist ein System, das seine Umgebung wahrnimmt und Schritte unternimmt, um seine Chancen bestimmte Ziele erfolgreich zu erreichen maximiert. Der Begriff des Agenten kann ein simples Programm, aber auch einen ganzen Menschen umschreiben. Ein solcher Agent kann mehrere der oben genannten Methoden implementieren und mit anderen Agenten in einem verteilten, vernetzten System interagieren und kollaborieren (multi-agent system).

Es existieren (teilweise frei erhältliche) Code-Frameworks für praktisch alle Bereiche der KI, die den Entwickler bei der Implementation von KI-Methoden unterstützen. Beispiele sind Drools (<http://www.jboss.org/drools/>), SWI-Prolog (<http://www.swi-prolog.org/>) für regelbasierte Systeme, JADE (<http://jade.tilab.com/>) für Agenten, NNF, FANN Library, Neuroph, Joone, NNF für neuronale Netzwerke (<http://www.nnf.org/>), LIBSVM für Support Vektor Maschinen (<http://www.nnf.org/>, [http://www.support-vector-machines.org/SVM\\_soft.html](http://www.support-vector-machines.org/SVM_soft.html)) oder EO Evolutionary Computation Framework (<http://eodev.sourceforge.net/>) für evolutionäre Programmierung usw.

Es gibt sogar Software, die ganze Avatare (Assistenzsysteme, die wie Menschen reagieren (sollen)) zur Verfügung stellen inkl. einer ersten Basis ihres Wissens wie zum Beispiel der VCB (Virtual Chat Bot) von Artificial Solutions, der auch auf der IKEA Homepage eingesetzt wird (<http://www.artificial-solutions.com/Products/Virtual-Chat-Agent.dot>, <http://www.chatbots.org/>).

# Präsentation

## Feedback-Systeme

Im Anhang findet sich eine Liste einer ausgedehnten Recherche von existierenden Feedback-Systemen in den unterschiedlichsten Ausprägungen (*Produktrecherche Energie-Feedbacksysteme*). Dieses Kapitel gibt lediglich eine Übersicht über die verschiedenen Grundtypen mit je ein, zwei Beispielen.

- **Smart Meter:** Diese Geräte wurden bereits mehrfach erwähnt. In der Regel verfügen sie über eine einfache, relativ schwer verständliche LCD-Anzeige, die den Zählerstand und (evtl. über eine Taste und ein einfaches Menü) weitere technische Energieinformationen anzeigt. Neuere Smart-Metering Ansätze bieten ein Webinterface (z.B. YellowStrom).
- **Prepayment Meter:** Über etwas aufwendigere Displays verfügen Prepayment Meter und die zugehörigen Touchpads zur Eingabe eines Codes. Diese Displays enthalten neben den üblichen Daten auch Preisangaben und je nachdem weitere Informationen. Das PRI Prepayment System (IHD) aus UK ist ein Beispiel.
- **Plug-In Meter:** Ein Plug-In Meter ist ein einfacher Steckdosenzähler mit einem integrierten LCD Display. Ein Beispiel dafür ist der Kill-a-Watt EZ.
- **In-Home Displays (IHD):** Es gibt Dutzende von einfachen, **monochromen LCD** In-Home Displays. Sie sind mit einem Smart Meter oder einem anderen Messsystem über Funk oder PLC verbunden. Diese Displays zeigen den momentane Gesamtleistung (kW), die Gesamtenergie (kWh, Zählerstand), eine Historie (z.B. kWh letzte 24h, 7 Tage etc.) sowie häufig Kosten und CO<sub>2</sub> an. Einige von ihnen sind in der Lage, auch Gas/Wärme/Wasser anzuzeigen, sind portabel, enthalten eine Statusanzeige (z.B. in Form einer Ampel) sowie weitere nützliche Funktionen (z.B. Senden von SMS bei bestimmten Ereignissen). Neben dem Display existieren häufig auch Möglichkeiten zur Anzeige der Werte in einem Webbrowser. Typisches Beispiele aus dieser Kategorie ist das Landis+Gyr Ecometer oder das Aztech IHD. Neben den relativ günstig herzustellenden monochromen, häufig mit fixen LCD-Segmenten ausgestatteten IHD, gibt es auch **farbige, hochauflösende Varianten**. Sie sind teurer und Energiehungriger, bieten aber mehr und ansprechendere Visualisierungsmöglichkeiten[107].
- **Multifunktionsgeräte:** Es existieren auch bereits einige Multifunktionsgeräte, die mit einem grossen Farbdisplay ausgestattet sind, das sich hervorragend zur Visualisierung von Energiedaten eignet. Ein gutes Beispiel dafür ist der OpenPeak ProFrame mit integriertem Telefon und zahlreichen Zusatzdiensten oder die Intel Home Energy Console.
- **Webportale:** Es gibt eine Vielzahl von Webportalen, die Feedback zum Energieverbrauch bieten. Zum einen sind dies die Portale, die SmartMeter oder sonstige konkreten Messdaten auswerten, anzeigen und Tipps bieten (YellowStrom, EnergyButler), zum anderen sind es Beratungsangebote, Stromrechner und Serviceportale von Energieanbietern, CO<sub>2</sub> Börsen, Behörden oder auch Grossfirmen wie Google oder Microsoft. Einige bieten speziell auf Mobiltelefone angepasste Lösungen.
- **Software Dashboards:** Neben den im Browser zur Verfügung gestellten Varianten des Feedback, gibt es auch Software, die auf dem PC installiert wird und die Kontakt mit einem Messsystem aufnimmt und Daten visualisiert. Dies ist häufig schneller und komfortabel, als es mit einer Weblösung der Fall ist. Plugwise macht das genau so wie das EnBW Stromradar (im Gegensatz zum Web basierten EnBW Cockpit).
- **Einzelverbrauchs-Systeme:** Noch nicht allzu lange sind Systeme auf dem Markt, die über Steckdosenadapter die Energie von einzelnen Verbrauchern messen und an einen Datenkollektor senden und visualisieren können. Plugwise ist ein solches Produkt, bei dem die Daten an einen USB-Stick gesendet werden, der diese an ein PC- Programm weiterleitet, wo sie visualisiert werden.

- **Smarte Thermostate:** Diese intelligenten Thermostate helfen, Heizenergie zu sparen und enthalten ebenfalls kleinere LCD-Displays. Der HoneyWell Utility Pro ist ein Beispiel dafür.
- **Ambient Devices:** Diese Klasse von Geräten zeigt über Licht-, Farb- oder andere Effekte Momentanleistung, Energieverbrauch oder Tarifzonen in einer eher qualitativen Form an. Ein Beispiel ist der Energy Orb, eine leuchtende Kugel, die sich recht dekorativ im Haushalt plazieren lässt.
- **Automobile:** Einige Fahrzeughersteller bieten Feedbacksysteme an, die aufgrund von Daten aus dem Bordcomputer das Fahrverhalten visualisieren und analysieren. Der Toyota Prius oder die Fiatmodelle 500 bzw. Grande Punto bieten ein solches System an. Während man beim Prius direkt ein Display im Auto vorfindet, geschieht die Anzeige bei Fiat über einen PC (die Daten werden vom Auto auf einen USB-Stick gespeichert. Siehe auch *Anhang B: 7 Fiat eco:drive*).
- **Konzeptsysteme:** Neben fertigen Produkten gibt es eine ganze Reihe von Konzept- und Designstudien für neue Feedbackgeräte. Diese reichen von ausgefallenen In-Home Displays mit neuen Visualisierungsvarianten und Kühlschrankschrankmagneten über leuchtende Steckdosen, Kabel oder gar Tapeten die (sterbende) Bäume darstellen, zu Spardosen für Kinder, die nur Strom liefern, wenn man sie mit Geld füttert.



**Figur 46:** Auswahl Feedback-Produkte

## Oberflächentechnologien, Frameworks und Bibliotheken

Dieser Abschnitt beschreibt Technologien, die heute in der Applikationsentwicklung (technisch) eingesetzt werden können, um Benutzeroberflächen zu programmieren. Er ist eine Zusammenfassung aus der Vorstudie zum Projekt CARUSO [100], in der die Technologien ausführlich recherchiert wurden. Ausserdem enthält er einige Aktualisierungen, da das Gebiet sich in einem steten Wandel befindet. Eine allgemeine Einführung zu den Begriffen Thick-, Thin- und Richclient findet man im *Kapitel Oberflächentypen und Implementation*.

Heute werden **Thickclients** als Desktop- oder auch Mobilanwendungen meist mit Hilfe von **GUI-Frameworks** erstellt. Diese Frameworks stellen Bibliotheken mit fertigen Widgets (Oberflächenelemente wie Knöpfe, Schieber, Texteingabefelder etc.) zur Verfügung und bieten die nötige Infrastruktur, um Fenster aufzubauen, die Widgets in diesen Fenstern darzustellen, auf Ereignisse wie Benutzereingaben zu reagieren etc. Es gibt dutzende solcher Pakete, die sich in Funktionsumfang, Anwendungsgebiet, Ressourcenbedarf und anderem unterscheiden. Beispiele für solche Frameworks in **C/C++** sind die schon etwas betagten **MFC** Klassen (Microsoft Foundation Classes), **Qt** von Nokia (früher Trolltech), das für verschiedene Plattformen erhältlich ist oder **GTK+**, das eher für Linux Applikationen eingesetzt wird. Für **Java** gibt es neben den Standard Klassen aus der Klassenbibliothek **AWT/Swing** diverse weiteren Frameworks für die verschiedensten Aufgaben. Sie reichen von schnelleren Widgets (**SWT**) bis zu Grafikbibliotheken zum Zeichnen von Graphen, Diagrammen usw. (**JGraph**, **JUNG**, **Prefuse**, **OpenJGraph**, **Tigris** **GEF**, **Eclipse** **GEF**, **Graphvis**, **OSJG**, **Cytoscape**, **yEd**, **Java3D**, **ElegantJ**, **ChartFX** usw.). Die Microsoft **.NET Windows Forms** und vor allem die neuen **WPF (Windows Presentation Foundation)** Klassen bieten GUI-Oberflächen für Windows in allen **.NET Sprachen** an. Ausserdem existiert mit **Mono** eine OpenSource Implementation dafür, die auch unter Linux läuft. Daneben gibt es auch für **.NET** zahlreiche z.T. kommerziellen Frameworks, die komfortablere Widgets und Funktionen zur Verfügung stellen, die über das hinausgehen, was die Bordmittel von Windows anbieten.

Technologien die heute für **Thinclients** auf Clientseite angewendet werden, sind die (statischen) **W3C Standards** **HTML**, **XHTML**, **DHTML**, **CSS**, **XFORMS** und natürlich **XML/XSLT**. Für mehr Dynamik sorgen Script Sprachen wie **Java-** bzw. **ECMA-Script**. Mittlerweile existieren auch einige **JavaScript** GUI Bibliotheken, welche Widgets zur Verfügung stellen, die im Browser angezeigt werden können und die Anwendung fast wie eine Desktopapplikation erscheinen lassen. Beispiele dafür sind **Dojo**, **Prototype** oder auch die **Yahoo UI Library**. Streiten kann man sich darüber, ob auch **Java Applets** dazu gehören. Serverseitig dienen Webserver wie **Apache** als Basis für diverse **Applikationsframeworks**. Beispiele sind **Sun's Java J2EE (Servlet/JSP/JSF)**, das **.NET Framework (ASP.NET, SOAP/Web Services)**, **Ruby On Rails** oder **CGI Scripte**.

Im Zusammenhang mit **Richclients** hört man oft auch den Ausdruck **Web2.0**. Mit dem **Web2.0** hat eine neue Generation von Internetbasierten Applikationen wie **YouTube**, **Facebook**, **Google Maps**, **Twitter & Co.** Einzug ins Web gehalten. **AJAX (Asynchronous JavaScript and XML)** ist eine Schlüsseltechnologie dieser Anwendungen. Sie kombiniert eine Reihe von etablierten Technologien wie **XHTML**, **CSS**, **XML** und **JavaScript**. Es existieren dutzende von Frameworks, die die Entwicklung von **AJAX** Applikationen vereinfachen sollen. Dabei unterscheidet man zwischen Client-seitigen und Server-seitigen Frameworks. Die bekanntesten auf Client Seite heissen **Prototype**, **Rico**, **MochiKit** oder **Spry**. Serverseitig sind vor allem **GWT (Google Web Toolkit)**, **Sajax**, **Xajax**, **DWR (Direct Web Remoting)** und **ASP.NET AJAX** zu erwähnen. **AjaXSLT** ist die Technologie, welche **Google** für ihre **Mail** und **Map** Applikationen verwendet. Es ist eine Implementation von **XSLT** und **XPATH** in **JavaScript**. Mit **ASP.NET AJAX** bietet auch **Microsoft** ein **AJAX Framework** an, welches Serverseitig auf **ASP.NET** aufsetzt.

Ein weiteres prominentes Beispiel von **Microsoft** zur Entwicklung von **Richclients** ist **Silverlight**, das auf einer Teilmenge des **Desktop .NET Frameworks** und **WPF** aufsetzt. **WPF** ist das Basisframework zur Applikationsentwicklung unter **Windows**. Mit **Silverlight** hat sich **Microsoft** zur Plattformunabhängigkeit bekannt (!) und liefert ein Browserplugin, das eine **Richclient Laufzeitumgebung** zur Verfügung stellt. **XUL** ist eigentlich eine Beschreibungssprache für Benutzeroberflächen, die von der **Mozilla Community** entwickelt wurde und in ihren Produkten für Applikationen und Erweiterungen genutzt wird. In **XUL** geschriebene Applikationen können zum Beispiel direkt auf dem **Firefox-Browser** angezeigt werden. **FLASH** von **Adobe** (früher **Macromedia**) ermöglicht schon seit längerer Zeit **Webentwicklern**, interaktive und animierte Anwendungen im Browser laufen zu lassen. Mit **AIR** steht auch eine Laufzeitvariante für **Standalone Desktopapplikationen** zur Verfügung. Neben den bekannten Autorentools für Grafiker existiert auch eine **OpenSource Entwicklungsumgebung** namens **Flex** (**Flex-SDK**, **Flex Builder**), die sich eher an die

Bedürfnisse von Softwareentwicklern richtet. Flash hat sich mangels Alternativen als Quasi-Standard in diesem Bereich etabliert. Es gilt heute als eine der meist verbreiteten Web Technologien überhaupt, hat jedoch mit Silverlight starke Konkurrenz bekommen. Den Flashplayer gibt es für zahlreiche Plattformen, unter anderem auch für Windows Mobile und speziell für Mobiltelefone („Flash Lite“). Die binären Flashfilme sind relativ klein und können auch gestreamt werden (Applikation muss nicht vollständig herunter geladen werden, bevor etwas angezeigt werden kann). Trotzdem dauert das erste Aufstarten der Applikation im Durchschnitt länger z.B. bei XHTML Seiten. Ist die Applikation einmal vollständig im Player, muss nicht nachgeladen werden und sie reagiert in der Regel recht flüssig. **OpenLaszlo** ist ein Open Source Projekt um Rich Clients für das WWW zu entwickeln, das auf Flash aufsetzt.

**GnuPlot** ist ein Beispiel eines unabhängigen Kommandozeilenprogramms, das verwendet werden kann, um Daten zu visualisieren. **ImageMagick** stellt diverse grafischen Manipulationen und Konversionen zur Verfügung. Unter Linux existieren zahlreiche weiteren solcher Tools.

### Oberflächenbeschreibungssprachen

Ein eher neuerer Trend ist es, die Oberflächen in eigens dafür kreierten XML Dialekten zu beschreiben (User Interface Definition Language UIDL). Das erlaubt das Entwickeln von so genannten Modell-basierten Oberflächen, in denen die Darstellung, das Verhalten und die Programmlogik vollständig voneinander getrennt werden können. Das macht z.B. bei der Entwicklung neuer Oberflächen Sinn, da der Designer unabhängig vom Softwareentwickler (in einem komfortablen Grafiktool) arbeiten kann. Die UIDL-Sprachen unterscheiden sich in ihrer Mächtigkeit und der Aussagekraft teilweise stark voneinander.

Die Entstehung neuer UIDL Markup Sprachen ist kaum noch überblickbar: XAML, MXML, XUL, LZX, XIML, UIML, usiXML, XUI, FLEX, AUIML, Seesco XML, Teresa XML, WSXL, XISL, AAIML, TADEUS XML, BXML, I3ML, OpenLazlo, XSWT, UIL, ZUML, SwiXML ... Es stehen mindestens zwei Dutzend zur Auswahl. Einige davon sind Anwärter auf einen Standard, verfolgen jedoch teilweise recht unterschiedliche Ziele. Eines haben fast alle gemeinsam: Sie basieren auf XML.

**XAML** ist Microsofts Beitrag zur Zukunft der GUI-Programmierung mit Hilfe eines „deklarativen Programmiermodells“ (Trennung von Daten und Logik). Es wird als einer der Hauptbestandteile von WPF/Silverlight mit jeder Kopie von Windows Vista ausgeliefert. Wie man es sich von Microsoft gewöhnt ist, kann XAML fast alles. Mit ihm können auch Vektorgrafiken beschrieben werden (angelehnt an SVG). XPS (XML Paper Specification) ist ein Subset von XAML und als unabhängige Spezifikation zur Beschreibung von druckbaren Dokumenten veröffentlicht worden (angelehnt an PDF). Sogar 3D Daten können beschrieben werden. Die Expression Tools (Microsoft Expression Studio) erlauben es dem Designer, seine Grafiken, Benutzeroberflächen und Webseiten zu gestalten und anschliessend in XAML zu exportieren. **XUL** wurde auch schon erwähnt. Es kommt aus der Mozilla Gemeinde und wird für die Oberflächenentwicklung von Mozilla Applikationen eingesetzt. Mittlerweile hat XUL jedoch schon zahlreiche weitere Anhänger gefunden. XUL wird entweder direkt von Mozilla Applikationen wie Firefox verstanden (native) oder von so genannten XUL Motoren (statische Codegeneratoren) in den entsprechenden Code umgewandelt (z.B: mit dem Motor „Luxor“ in Java Code). **MXML** ist die UIDL welche die Macromedialeute für **Flex** entwickelt haben. **LZX** ist die UIDL welche das OpenSource Projekt **OpenLazlo** verwendet und mit XAML, XUL oder MXML vergleichbar. Mit einem Unterschied: Sie beschreibt GUI nicht nur statisch, sondern enthält auch JavaScript Komponenten. **UIML** versucht schon seit 1997, einen unabhängigen (OASIS) Standard für eine UIDL zu etablieren. Entwickelt wurde sie im „Virginia Tech Center for Human Computer Interaction“ unterstützt von einigen zusätzlichen Firmen. UIML ist eine Meta-Sprache und als solche eine Abstraktionsebene höher angesiedelt als die vorher beschriebenen. Die Sprache wurde vor allem im Hinblick auf Plattformunabhängigkeit entwickelt. Sie erlaubt eine generische Beschreibung von Benutzeroberflächen und eine separate Stilbeschreibung um diese auf konkrete Betriebssysteme, Sprachen und Geräte zu mappen. Auch mit **usiXML** können Benutzeroberflächen abstrakt beschrieben werden. Federführend waren hier unter anderem

Quentin Limbourg und Jean Vanderdonckt des „Belgian Laboratory of Computer-Human Interaction (BHCI)“ der Université Catholique de Louvain. Speziell wird die Entwicklung von kontext-sensitiven Oberflächen herausgestrichen. usiXML ist eine modell-basierte Sprache, die auf vier Abstraktionsebenen basiert. **XIML** wurde von Angel Puerta der Firma RedWhale entwickelt und geht noch viel weiter. XIML ist eine „Universelle Spezifikation für Interaktionsdaten und Wissen die eine Ebene der Kontrolle über Benutzerschnittstellen ermöglicht, wie sie noch nie zuvor erreicht wurde“. Sie ist so Allgemein gehalten, dass praktisch alles mit ihr definiert werden kann. Auch sie folgt dem Paradigma der modell-basierten Benutzeroberflächenentwicklung und ermöglicht die Abbildung des gesamten Modells inklusive Task, Domänen, Benutzer, Dialog und Präsentationsmodellen. XIML schliesst ausdrücklich auch die Verwendung von wissensbasierten Systemen mit ein. Bis jetzt haben sich eher akademische Einrichtungen mit der Sprache befasst und die Homepage wurde 2004 das letzte Mal aktualisiert. Der offizielle W3C Standard **SVG** ist keine eigentliche Oberflächenbeschreibungssprache, sondern eher ein mächtiges Grafikformat mit erweiterten Funktionen. Die Sprache ermöglicht es, vektorbasierte, skalierbare Grafiken im Browser darzustellen und damit auch GUI's zu zeichnen. Der aktuelle SVG Standard ist in V1.1 verfügbar (719 A4 Seiten), V1.2 ist immer noch in Arbeit. SVG erlaubt unter anderem das Zeichnen von geometrischen Objekten, Animationen, Grafikfilter (e.g. Gauss), Gradienten, Transparenz und abgerundete Ecken. Einige GUI Widgets und einfache SVG Frameworks existieren für SVG (z.B. Dojo JavaScript/AJAX Toolkit, SVG INC., carto.net, Opera Widgets). SVG Dokumente können mit Hilfe von CSS und XSL formatiert werden. DOM und JavaScript Unterstützung sorgen für die nötige Interaktivität. Für Geräte mit beschränkten Ressourcen existieren vereinfachte mobile SVG Profile („SVG Tiny“, „SVG Basic“). Die meisten bekannten Vektor Grafikprogramme (Corel, Adobe) exportieren und importieren das SVG Format. SVG Dateien können mit Hilfe von <embed>, <object> oder <iframe> Tags in bestehende XHTML Dateien eingebunden werden. Firefox ab Version 1.5 zeigt SVG Inhalte nativ an, implementiert jedoch bis jetzt nur ein Subset von V1.1. Ausserdem scheint der umfangreiche SVG Standard ziemlich viele Ressourcen zu benötigen. Schön an SVG ist, dass es ein offizieller Standard ist, zur Laufzeit interpretiert werden kann und sich als XML Sprache gut zur automatischen Generierung eignet. Allgemein praktisch an Vektorgrafiken ist die gute Skalierbarkeit und die Flexibilität in der Wahl der Anzeigeelemente. Auch Forschungsprojekte, welche Oberflächen dynamisch generiert haben, haben solche Sprachen verwendet. Allerdings waren diese meist eigens für das Projekt erschaffen worden. Beim **ICrafter** war es SUIML (für Java Swing GUI's). Der **PUC** (Personal Universal Controller), integriert eine Baumstruktur und Abhängigkeitsinformationen in seine Sprache, um einem automatischen Generator beim Layout zu helfen. Das Forschungsprojekt **CARUSO** der Hochschule Luzern verwendet XAML für die Darstellung der Oberflächen. Das bereits als Produkt erhältliche Gebäudeautomationssystem von Tridium basierend auf dem **NiagaraAX** Framework benutzt eine eigene Sprache in ihren Px-Dateien, um Oberflächen schnell und Plattformunabhängig zu erstellen.

## Smart Energy Produkte und Systeme

In diesem Kapitel sollen ausgesuchte Beispiele von Smart Energy Lösungen vorgestellt werden. Diese vereinen unterschiedliche Aspekte auf verschiedenen Ebenen und befinden sich auf unterschiedlichen Entwicklungsständen. Die ersten drei Gesamtlösungen ermöglichen das Messen auf Verbraucherebene. digitalSTROM und ZigBee sollen bald zu Produkten führen, sind aber noch nicht ganz soweit. Das Plugwise System kann bereits gekauft werden. ACME & Co. repräsentieren den Stand der Forschung. eco:drive stammt aus der Autoindustrie, die technologisch häufig einen Schritt voraus ist. Auch einige Internet basierten Motivationsinitiativen aus den USA werden exemplarisch aufgeführt. Erwähnenswert ist auch die Idee der U-SNAP Allianz für eine universelle Hardwareschnittstelle zum Austausch von Kommunikationsmodulen. Die restlichen Beispiele beziehen sich eher auf neuere Entwicklungen im Bereich des Smart Metering, die meist ebenfalls schon auf dem Markt erhältlich sind.

## 1. digitalSTROM

Das digitalSTROM (dS) Kapitel und weitere Informationen zu dS sind Auszüge aus [73].

### 1.1. Allgemein

**„digitalSTROM ist der neue Standard für elektrische Intelligenz. Strom und Information über die existierende Stromleitung. Besser als Powerline oder Funk! Energie, Komfort und Sicherheit. Funktioniert einfach. Plug&Play.“**

So präsentiert sich dS auf seiner Webseite [74].

Wie bereits erwähnt, ist die Datenübertragung über das bestehende Stromkabel seit längerem bekannt und es gibt einige Technologien und viele Produkte auf dem Markt. Neu hingegen ist die Möglichkeit, neben der Kommunikation mit Sensoren/Aktoren, den Stromverbrauch jedes einzelnen Endgerätes zu messen.

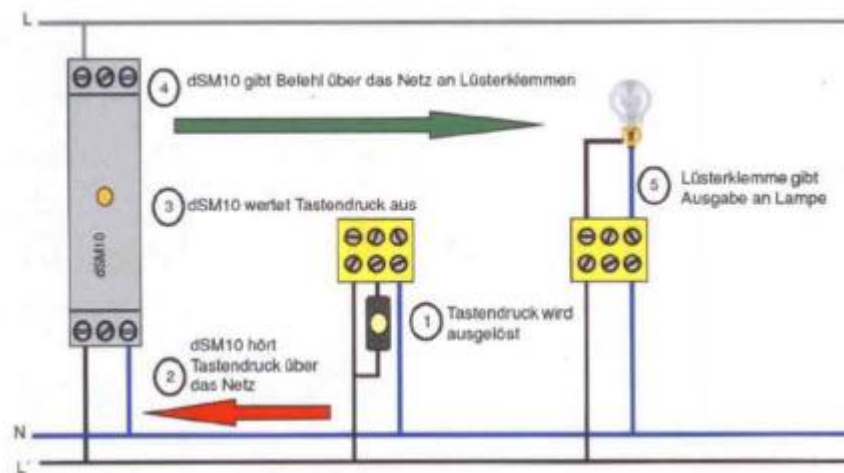
Die digitalSTROM.org selbst ist eine Non-Profit-Organisation, die 2007 an der ETH gegründet wurde und zusammen mit Partnern den neuen Standard entwickeln und vermarkten will. Daneben gibt es die Firma aiso.ag in Wetzlar (Deutschland), die die dS-Bausteine entwickelt.

### 1.2. Architektur

Das dS-System besteht aus mehreren **Komponenten**, die zum Teil bereits in vorhergehenden Kapiteln kurz erklärt wurden. Wir fassen sie hier noch einmal zusammen:

- **Hochvolt-Lüsterklemme (dSD20): Hat drei Funktionen: Aktor, Sensor, Kommunikation.**
  - Agiert als Aktor, indem Verbraucher von bis zu 120W/70VA geschaltet bzw. gedimmt werden können.
  - Ist ein Sensor, weil es den Strom des angeschlossenen Verbrauchers grob messen kann und somit Rückschlüsse auf Änderungen im Verbrauch geben kann.
  - Kommuniziert in zwei Wegen über die Stromleitung. Einerseits kann die Lüsterklemme so angesprochen werden, um den Aktor zu steuern (Lichtschalter), andererseits wird so der gemessene Strom (oder die Änderung) an den zentralen Zähler übermittelt.
- **digitalSTROM Meter (dSM10): Ist zentral im Sicherungskasten installiert und hat mehrere Funktionen**
  - Kontrolliert alle an seinem Stromkreis angeschlossenen dS-Lüsterklemmen. Die ganze dS-Powerline Kommunikation geht über dieses Bauelement. Die Lüsterklemmen selbst können nicht direkt miteinander kommunizieren. Wenn also ein dS-Lichtschalter gedrückt wird, werden die Signale vom dSM10 empfangen und dieser sendet schliesslich den Befehl an die dS-Lüsterklemme mit der Lampe.
  - Dient als Sperre zwischen dem normalen Stromnetz und dem dS-Powerline Netz.
  - Misst den Gesamtverbrauch von den an seinem Stromkreis angeschlossenen Verbrauchern im Bereich von 0...3600W mit einer linearen Genauigkeit von +/- 2W.
  - Verfügt über einen Anschluss für einen lokalen Schalter, mit dem man zum Beispiel alle Verbraucher gleichzeitig ein- oder ausschalten kann (z.B. Treppenhauslicht).
  - Verfügt über einen RS485 Busanschluss (dSBus), über den mehrere dSM10-Komponenten untereinander oder mit einem dS-Webserver kommunizieren. Somit lassen sich stromkreisübergreifende Aktionen ausführen.
- **digitalSTROM Webserver (dSS10): Die dritte dS-Komponente. Dieser hat die folgenden Funktionen:**
  - Verfügt über einen RS485 dSBus-Anschluss mit dem er mit bis zu 63 dS-Meter kommunizieren kann. Dabei steht der Webserver über den einzelnen Stromkreisen (bzw. dS-Meter) und kann so quasi virtuelle Räume abbilden.

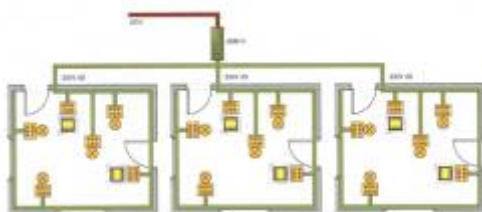
- Verfügt über eine optionale Ethernetschnittstelle, über die mittels TCP/IP auf den Webserver zugegriffen werden kann. Damit lassen sich zum Beispiel (Energie-) Visualisierungs- oder Bedienoberflächen über einen Browser realisieren. Ausserdem kann das dS-System von beliebigen Standorten aus bedient werden.



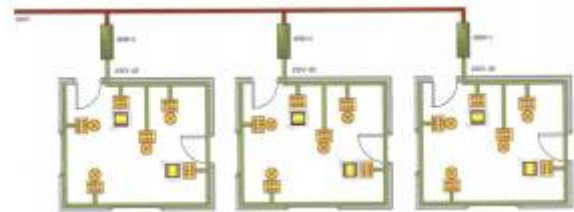
**Figur 47:** Kommunikation zwischen dS120 und dSM10

### 1.3. Integration

dS sieht vor, dass jeder Raum separat abgesichert ist und somit einen eigenen Stromkreis



**Figur 48:** dS-Wohnung mit einem dSM10 für 3 Zimmer



**Figur 49:** dS-Wohnung mit je einem dSM10 pro Zimmer

bildet, der von einem dSM10 bedient wird. Wenn das der Fall ist, so kann dS relativ einfach konfiguriert werden.

Um unterschiedliche Geräte bzw. Gerätetypen in einem Raum zu unterscheiden und automatisch zu erkennen, wurden die dS-Komponenten in verschiedene Gruppen unterteilt. Dabei entspricht jede Gruppe einer bestimmten Farbe. Licht, als Beispiel ist gelb, HLK blau, Multimedia cyan, Sicherheit rot usw. Grundsätzlich arbeiten alle Geräte einer Farbe in einem Raum (Stromkreis) zusammen. Ein Lichtschalter (gelb) steuert also alle Lampen im gleichen Raum. Wird eine weitere Lampe in diesem Stromkreis eingesteckt, so wird dies sofort auch über den Lichtschalter bedient. Ein weiterer Lichtschalter würde alle Lampen bedienen.

Die Verwaltung der an einem Stromkreis angeschlossenen Geräte übernimmt der digitalSTROM-Meter (dSM10). Doch gerade in bestehenden und aber oft auch in neuen Gebäuden verfügt nicht jeder Raum über eine eigene Sicherung und damit über den eigenen Stromkreis. In diesem Fall würde ein Schalter raumübergreifend alle Lampen im Stromkreis schalten, was in den meisten Fällen nicht erwünscht ist. Hier kommt der Webserver ins Spiel. Mit ihm kann man virtuelle Räume erfassen. Jeder virtuelle Raum kann mehrere dS-Komponenten (Sensoren, Aktoren) beinhalten. Es können also dynamisch Räume zusammengesetzt werden, die nicht mehr von einem physikalischen Stromkreis abhängig sind. Ein Nachteil dabei ist, dass der plug&play Mechanismus hier nicht mehr funktioniert, da diese Konfigurationen über einen PC vorgenommen werden müssen. Weniger technisch versierte Benutzer können dies evtl. nicht selber durchführen.

### 1.4. Zusammenfassung

In Bezug auf MEGA scheint dS als Mess- und Kommunikationssystem gerade zu prädestiniert zu sein. Es ist ein Gesamtsystem das über eine integrierte Funktion zur Energiemessung pro

Verbraucher verfügt und in der Lage ist diese Daten an einen zentralen Server zu senden. dS sind einfach in bestehende Infrastrukturen zu integrieren und kann sogar Verbraucher selbst schalten, um so aktiv Energie zu sparen, wenn das gewünscht ist. Was die Verarbeitung und Visualisierung der Daten angeht, so werden die Daten durch den Webserver zur Verfügungen gestellt. Doch bei der Aufgabe wo und wie diese Daten aufbereitet und schliesslich dem Bewohner präsentiert werden, kann dS, bis auf eine rudimentäre Weboberfläche, nicht weiterhelfen.

Zurzeit ist dS sicherlich einer der interessantesten Technologien auf diesem Gebiet. Leider ist sie jedoch zurzeit noch nicht verfügbar. Ersten Musterkoffer und Demonstratoren wurden im Frühling 2009 ausgeliefert. Die Resonanz in Industrie und Presse auf die Ankündigung von dS war und ist gross. Doch damit sich dS auch auf breiter Front durchsetzt, müssen noch zahlreiche weitere Bedingungen erfüllt sein. Aus technischer Sicht muss die Technologie natürlich möglichst einfach handhabbar sein und vor allem auch zuverlässig funktionieren, was schon eine grosse Herausforderung ist. Damit sie genügend preiswert wird, müssen sehr grosse Stückzahlen davon produziert und verkauft werden können. Eines der wichtigsten Kriterien ist sicherlich, dass dS als offener Standard mit breiter Unterstützung von zahlreichen grossen Herstellern und Energiedienstleistern akzeptiert und vermarktet wird.

## 2. ZigBee

### 2.1. Allgemein

ZigBee ist vor allem als Kommunikationstechnologie für drahtlose Sensor-Aktor Netzwerke bekannt. Doch es bietet mehr: In ZigBee Profilen können ganze Anwendungen spezifiziert und durch die ZigBee Allianz veröffentlicht und zertifiziert werden. Damit möchte man dafür sorgen, dass die Produkte der über 300 Allianzpartner auch wirklich kompatibel untereinander sind. Ausserdem vereinfacht sich dadurch die Entwicklung von ZigBee Produkten, da die Entwickler die Software für ein neues Geräte quasi modular über bereits vorhandene Komponenten aufbauen können („zusammenklicken“).

Nun hat sich ein solches Profil im Rekordtempo entwickelt. Die Smart Energy (vormals AMI) Taskgruppe wurde im May 2007 gegründet und im Juni 2008 wurde bereits die erste Version des ZigBee Smart Energy Profil veröffentlicht und erste zertifizierte Produkte angekündigt. In dieser Zeit sind die Marktanforderungen aufgesetzt worden, es ist ein technisches Anforderungsdokument entstanden und die 200 Seiten starke Spezifikation des Profils selbst. An diesem haben dutzende von Mitarbeitern von ein paar der weltweit bekanntesten Zählerhersteller und Energiedienstleistungsunternehmen mitgearbeitet (was es natürlich auch nicht immer einfach macht). Die aktuellste Version des Profils ist 1.5 und zurzeit wird an 2.0 gearbeitet. Wobei es noch einige Punkte zu klären gibt, bevor die Version 2.0 publiziert werden kann. Unter anderem ist es ein Anliegen der Europäischen Mitglieder, existierende Metering Protokolle wie DLMS oder IEC611107 zu unterstützen bzw. über ZigBee zu tunneln. Von den derzeitigen Hauptkunden, den EVU der USA, wurde der dringende Wunsch nach Unterstützung von Standard Internetprotokollen (TCP/IP) geäussert, um die Integration in bestehende Systeme zu vereinfachen. Das hat zur Folge, dass es wohl neben dem aktuellen ZigBee Pro Stack, noch einen weiteren, im Prinzip unabhängigen Stack geben wird, der IP Pakete über IEEE802.15.4 überträgt. Dazu ist man im Gespräch mit IETF Gruppen wie 6LoWPAN und ROLL. Ausserdem ist man mit der HomePlug Allianz daran, das Smart Energy Profil auf Powerline Carrier zu bringen.

Die ZigBee Allianz sieht das Thema ganz klar als einer der Haupttreiber für den Durchbruch ihrer Technologie, als eigentliche „Killerapplikation“.

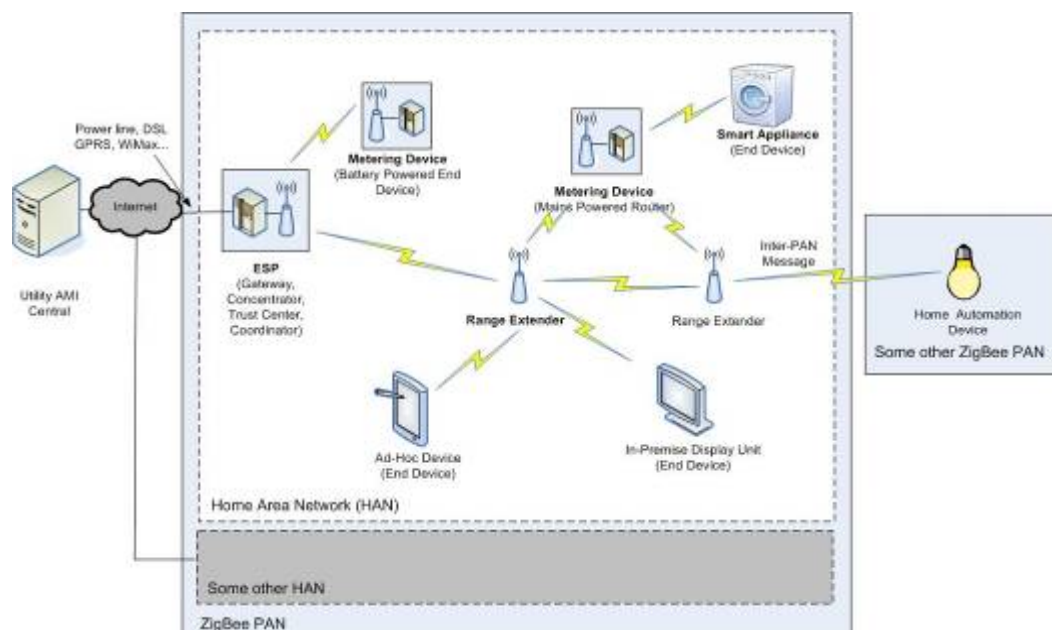
### 2.2. Architektur

Ein ZigBee Smart Energy Netzwerk kann aus folgenden Geräten bestehen:

- **ESP (Energy Service Portal):** Zentrales Gateway-Element, das als Verbindung zwischen dem entfernten „AMI-Server“ des Energieanbieters und dem HAN (Home Area Network), also dem Netzwerk beim Bewohner in der Wohnung fungiert und als solches

verschiedenste Aufgaben übernimmt. So werden Geräte im Netzwerk über das ESP gesteuert und es ist auch für die Sicherheit zuständig, da alle neuen Geräte sich zuerst bei ihm anmelden müssen.

- **Metering Device:** Ein Messgerät oder Smart Meter, der Elektrizität, Gas, Wasser oder Wärme messen und weiterkommunizieren kann.
- **In-Premis Display Device:** Ein Anzeigegerät für den Bewohner. Auf ihm können Verbrauchsdaten, Tarife, Textinformationen etc. angezeigt werden.
- **Programmable Communicating Thermostat Device (PCT):** Ein einfacher Thermostat über den sich das Heiz- und Kühlsystem in der Wohnung einfach kontrollieren lässt.
- **Load Control Device:** Ein Gerät, das fähig ist Demand Response und Lastkontrollereignisse zu verarbeiten und den Verbrauch von Geräten wie Waschmaschinen, Kühltruhen oder Aussenlicht zu beeinflussen.
- **Range Extender Device:** Kein eigentliches Smart Energy Gerät. Der Range Extender dient als Router um die physikalische Ausdehnung des Netzwerks zu vergrößern und weiter entfernte Geräte zugänglich zu machen.
- **Smart Appliance Device:** Intelligente Geräte, die in Energiemanagementaktivitäten involviert sein können.
- **Prepayment Terminal:** Ein Gerät, das Prepaid Zähler und Terminals unterstützt.



Figur 50: ZigBee Smart Energy Netzwerk

### 2.3. Funktionen

Das ZigBee Smart Energy Profil deckt die folgenden Funktionen ab [82].

- **Metering Support:** Grundfunktionalität, um Elektrizität, Gas, Wasser und Wärme in „Echtzeit“ zu messen und zu kommunizieren. Dabei wird darauf geachtet, dass das System international einsetzbar ist. Es werden also z.B. verschiedene Einheiten unterstützt. Weiter werden vom Protokoll verschiedenste Messarten angeboten, darunter Lastprofile, Leistungsfaktoren, Aufsummierung der Energie usw. Es werden Verbrauch und allenfalls auch (lokale) Produktion gespeichert. Über das Profil können historische Daten abgerufen werden. Schliesslich gibt es Möglichkeiten um Manipulationen zu detektieren.

- **Lastkontrolle und „Demand Response“:** Das Profil ist in der Lage, aufgrund verschiedener Kriterien und Ereignisse, Lasten aktiv zu steuern und auf Wünsche von Energielieferanten und Bewohnern zu reagieren.
- **Preis und Tariffunktionen:** Über ZigBee können Tarifinformationen übermittelt werden. Diese Daten können einem Zähler von fern, aber auch an die Verbraucher im Netzwerk selbst gesendet werden. Es kann automatisch zwischen verschiedensten Tarifen umgeschaltet werden. Die Informationen können dem Bewohner auf einem Display angezeigt werden. Auch hier werden sogenannte Mikrogenerations-Szenarien unterstützt. Die Preise können sich deshalb auf Verbrauch oder auch auf „eigene“ Produktion beziehen.
- **Textnachrichten:** Es ist Geräten im Netz oder einem Energieunternehmen möglich, Informationen über Textnachrichten dem Bewohner mitzuteilen. Das können Tarifwechsel, Demand Response Informationen oder auch Energiespartipps sein. Wichtige Daten wie Alarmer können vorrangig behandelt werden.
- **Sicherheit:** Der Datenverkehr ist authentisiert und die Informationen verschlüsselt. Es kann zwischen „Energieanbieter“- und „Bewohner“-Netzwerk unterschieden werden.

Es ging mehrere Jahre, bis man sich auf einen ZigBee Core Standard geeinigt hat und viele Firmen haben noch etwas unsicher mitverfolgt, wie sich die Technologie entwickeln wird. Produkte gibt es heute immer noch nicht sehr viele auf dem Markt (jedenfalls in Europa). Doch jetzt scheint es, dass die Technologie langsam in Gang kommt, vor allem auch durch die Arbeit in den Profilgruppen, die neue Anwendungen spezifizieren.

Doch die ZigBee Technologie hat auch Nachteile und die Einführung ist nicht einfach. Zum einen ist die Spezifikation noch nicht ganz fertig. Es ist zum Beispiel noch unklar, wie man die gängigen Zählerprotokolle, die bisher verwendet wurden, integrieren will (DLMS/COSEM, IEC61107, ANSI). Die Hersteller möchten nicht darauf verzichten, da viel Arbeit in sie investiert wurde, die zum Teil mehr Funktionen anbieten als ZigBee alleine und die Protokolle weit verbreitet sind. Weiter definiert das Profil nur die Kommunikation innerhalb des Hauses. Wie über das ESP nach aussen weiterkommuniziert wird, bleibt offen. Auch das sehr wichtige Sicherheitsthema und dort vor allem die Prozeduren für einfachen Schlüsselaustausch und Konfiguration neuer Geräte sind noch nicht vollständig gelöst. Ausserdem hat die IP-Initiative, die TCP/IP in die Version V2.0 des SEP bringen möchten, für einigen Wirbel und auch erneute Unsicherheit gesorgt, da die Rückwärtskompatibilität zu ZigBee 2007/PRO noch nicht abschliessend geklärt ist.



immer wieder auf, obwohl ZigBee nur gerade dann sendet wenn es muss und dann nur einen Bruchteil eines herkömmlichen Mobiltelefons an Strahlung abgibt.

Ideal wäre unserer Meinung nach eine Kombination von Funk und Powerline. Das hat auch die ZigBee Allianz gesehen und sich mit der HomePlug Allianz zusammengeschlossen. Diese Lösung steckt noch in der Spezifikationsphase, doch scheint sie für uns sehr interessant im Zusammenhang mit MEGA.

### **3. Intel Home Energy Console Prototyp und OpenPeak**

#### **3.1. Allgemein**

Intel hat im Sommer 2010 einen Demonstrator einer Home Energy Console [85] oder Home Energy Dashboard vorgestellt, der als Proof-Of-Concept sehr viele Ideen zeigt, die auch im Kontext dieses Projekts angedacht wurden. Die Konsole besteht aus einem Display, das im Haushalt aufgestellt werden kann und neben reinen Energiefunktionen auch diverse Zusatzdienste anbietet. In eine ähnliche Richtung zielt das Multifunktionsgerät der OpenFrame von OpenPeak.

#### **3.2. Funktionen**

Eine Auswahl an Funktionen, die das Home Energy Management System von Intel anbietet:

- Touchscreen mit einem Design ähnlich dem eines iPhone oder ähnlichen Smart Phone Touchbedienungen
- Energiefeedbackfunktionen
  - Setzen von Monatszielen
  - Vergleich mit anderen (Community, Neighbours)
  - Aufschlüsselung nach Verbrauchern und einfaches einfügen neuer Verbraucher (Plug'n'Play laut Intel Werbevideo)
- Abwesend Taste (Goodbye Switch) erlaubt es, dem System mitzuteilen, wenn man das Haus verlässt. Es kann darauf reagieren, indem einzelne Verbrauch ausgeschaltet werden
- Programmierbare Thermostaten-Anwendung, die auch auf aktuelle Wetterdaten zugreift und diese in die Steuerung mit einbezieht.
- Eingebaute Kamera, die Videonachrichten speichern und wieder abspielen kann.
- AppStore Konzept, um weitere Applikationen herunter zu laden und einzubinden. Als Beispiele gibt man die „Solar Home App“, die auch Microgeneration berücksichtigt, ein Telefonbuch (Yellowpages), oder ein Fahrplan an

#### **3.3. Zusammenfassung**

Die Lösung von Intel kommt dem, was auch in dieser Studie als „ideales Feedback“ bezeichnet wird, schon recht nahe. Viele der Konzepte, die Menschen motivieren sollen, Energie zu sparen wurden hier ansprechend umgesetzt. Das zeigt, dass auch grosse Players wie Intel sich ein Stück vom Kuchen abschneiden möchten und doch einiges an Energie investieren, um Lösungen anzubieten oder zumindest werbewirksam zu demonstrieren, dass man sich um das Thema kümmert und es einem am Herzen liegt.

Aber auch diese Lösung bleibt bis jetzt ein Prototyp. Und leider wird nur der Client (das Display) gezeigt. Was sich dahinter verbirgt, bzw. die Infrastruktur, die effektiv alle diese Energiedaten zur Verfügung stellt, wird nicht gross erwähnt. Und dies ist wohl auch für Intel der Knackpunkt: Sie fehlt zurzeit einfach noch in den Haushalten und ist nicht so einfach nachzurüsten. Sicher spielt auch der Preis eines solchen dedizierten Displays eine Rolle, der

recht hoch ausfallen dürfte. Aber es bleibt eine der interessantesten Lösungen, die man bis jetzt gesehen hat.



Intel Console Device  
(Quelle: Intel)



OpenPeak OpenFrame  
(Quelle: OpenPeak)

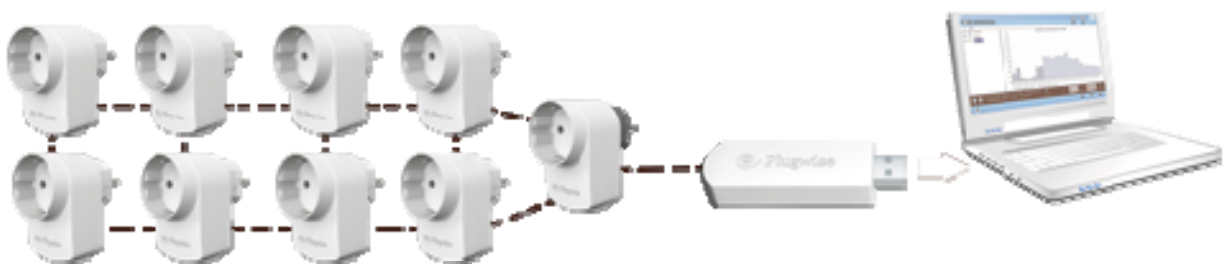
#### 4. Plugwise, Tweet-a-Watt

##### 4.1. Allgemein

Plugwise [83], Tweet-a-Watt [84] oder auch Plogg sind auf dem Markt erhältliche Lösungen, die auf der ZigBee Technologie basieren (jedoch nicht auf dem oben erwähnten Standard Smart Energy Profile). Während Plugwise ein fertiges Produkt ist, das um die 390 Euro kostet, richtet sich Tweet-a-Watt eher an Heimwerker und ist bereits ab 90\$ zu haben. Plugwise kann als Set (Home Start, Home Basic, Home Start Extension, Home Extension) bei der gleichnamigen holländischen Startup-Firma bestellt werden. Tweet-a-Watt ist über den Webshop von Adafruit Industries zu beziehen.

Mit beiden Systemen ist es möglich über Steckdosenadapter den Stromverbrauch einzelner Geräte zu messen und drahtlos an eine Visualisierungseinheit zu übertragen. Während Plugwise einen USB Stick im PC inkl. mitgelieferter Software dazu verwendet, ist es bei Tweek-a-Watt ein LCD Display. Nachfolgend wird die Architektur von Plugwise etwas näher vorgestellt.

##### 4.2. Architektur



**Figur 52:** Plugwise Architektur

Das Plugwise Set Home Basic enthält die folgenden Komponenten:

- **8 Circle Steckdosenadapter:** Basiselement des Systems. Der Steckdosenadapter wird zwischen die Steckdose und den (die) elektrischen Verbraucher gesteckt. Zum einen misst und speichert der intelligente Adapter den Stromverbrauch der angehängten Verbraucher und überträgt den Wert auf Wunsch drahtlos an den Stick. Zum anderen ist er in der Lage, angeschlossene Lasten über ein Relais ein- und auszuschalten (bis zu

16A). Ausserdem ist für Zeitfunktionen und Scheduling (Lastmanagement) eine Uhr im Stecker enthalten, die regelmässig über den Circle+ synchronisiert wird.

- **1 Circle+ Steckdosenadapter:** Gleiche Funktionen wie der Standard Circle Adapter und einige zusätzlichen Netzwerkfunktionen. So agiert der Circle+ als Koordinator im ZigBee Netzwerk, überwacht die vorhandenen Circle Adapter mit Meldungen an den USB-Stick und synchronisiert über eine batterie-gepufferte Echtzeituhr die Zeit in allen Circles.
- **1 USB Stick:** Wird an einem PC eingesteckt und meldet sich als Teilnehmer im ZigBee Netzwerk an. Der Stick erhält die Energiewerte aller Circle Adapter und leitet sie an ein auf dem PC installiertes Windows Programm zur Auswertung weiter. Ausserdem können darüber Steuerbefehle an die Adapter geschickt werden, um Lasten zu schalten.



Figur 53: Plugwise UI

- **Software:** Wird auf dem PC installiert und zeigt nach Verbraucher aufgeschlüsselten Energieverbrauch. Die Visualisierung besteht in erster Linie aus Graphen die eine Funktion des Energieverbrauchs in Bezug auf die Zeit angeben. Wobei 1h die kleinste mögliche Auflösung zu sein scheint. Die Angaben sind wahlweise in kWh, Euro oder kg CO<sub>2</sub>. Man kann sich den Gesamtverbrauch anzeigen lassen oder einzelne Verbraucher betrachten. Die Verbraucher über eine hierarchische Baumansicht nach Räumen aufgegliedert sichtbar (die Annahme ist, dass man diese Struktur und die Bezeichner selbst erstellen muss). Weiter enthält die Software einen Scheduler, mit dem jedem Circle bestimmte Schaltzeiten fix zugewiesen werden können. Schliesslich enthält das Tool weitere Hilfs- und Managementfunktionen wie z.B. einen Datenexport, Gruppenfunktionen oder einen Energierechner.

#### 4.3. Vergleich verschiedener Lösungen

Ein vollständiger Vergleich der hier genannten Systeme kann in [114] gefunden werden.

### 5. CLICK Stand-By Killer

#### 5.1. Allgemein

Mit CLICK hat Infratec ein sehr einfaches und kleines System, das zur Eindämmung von Stand-By Verbrauchern konzipiert wurde, hat Infratec in seinem Sortiment. Es wird hier stellvertretend für andere, ähnliche solcher Lösungen aufgeführt. Das Besondere an CLICK ist, dass es sowohl die Verbrauchsleistung eines angeschlossenen elektrischen Verbrauchers misst und anzeigt, wie auch die Kontrolle dessen ermöglicht (Kombination aus Verbrauchsmessgerät und Fernschalter). Ansonsten ist es ein typisches Beispiel für eine proprietäre, sehr eingeschränkte Insellösung, die zwar heute einfach und günstig eingesetzt werden kann, jedoch nur einen Teil des Problems abdeckt und eher Symptome bekämpft.

## 5.2. Architektur

CLICK besteht aus zwei Komponenten

- **Verlängerungskabel mit Messeinheit / Fernschalter:** Wir zwischen den Verbraucher und die Steckdose gehängt. Misst den Strom durch das Kabel und sendet die Daten kabellos einmal pro Sekunde an die Anzeigeeinheit.
- **Anzeige- und Kontrolleinheit:** Dient zur Anzeige des Verbrauchs bzw. der Leitung und – durch einen Druck auf das Gehäuse – zum Ein-/Ausschalten der an der Messeinheit angeschlossenen Verbraucher. Interessantes Detail: Der Akku der Einheit wird über Solarzellen aufgeladen.



Figur 54: CLICK Komponenten

Die CLICK Lösung, wird mit einer Messeinheit und einem „Verlängerungskabel“ geliefert (nicht erweiterbar) und kostet im Handel nur ca. 70 Euro. Die Reichweite des Funksenders soll ca. 10m betragen und das „Verlängerungskabel“ selbst 0.5W Leistung benötigen.

## 6. ACme, Smart Socket, Plug

### 6.1. Allgemein

ACme ist ein Forschungssystem von Berkeley, das basierend auf einem drahtlosen Sensor- und Aktornetzwerk den Energieverbrauch von elektrischen Verbrauchern überwachen und auch Geräte ansteuern kann [89].

Das System wurde im Labor aufgebaut und man kann über eine Webseite den Energieverbrauch vieler Geräte auf dem Berkeley Campus anschauen [90]. Bemerkenswert ist, dass sowohl Hardware wie auch Software der ACme Plattform unter einer OpenSource Lizenzierung vertrieben werden.

Zuvor sind bereits ähnliche vom MIT [91] und Microsoft [92] vorgestellt worden. Ausserdem gingen aus diesen Forschungsaktivitäten verschiedene Spin-Off Firmen hervor [93][94][95].

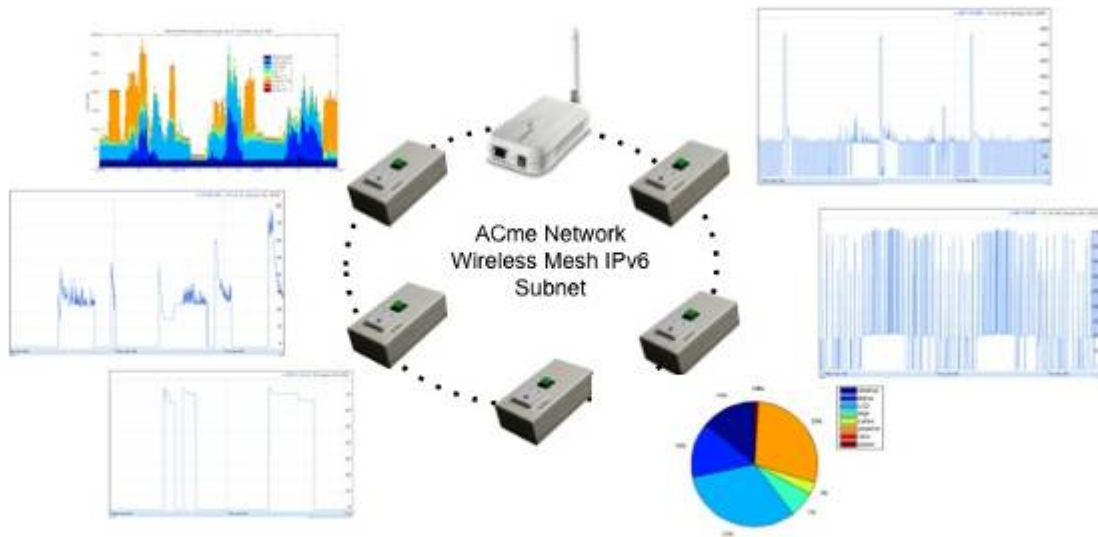
### 6.2. Architektur

ACme besteht aus folgenden 3 Hauptsystemen:

- Der ACme Knoten mit der Energiemessungs- und Steuerungsfunktionalität der einzelnen Steckdose. Der Knoten wird von der Netzwerk gespeist und bedarf selbst ca. 1W Leistung. Der ACme Knoten benutzt TI MSP430F16 für die Rechnungen; CC2420 für die IEEE 802.15.4 Funkübertragungen; TinyOS als Betriebssystem; die integrierte Energiemessungsleiterplatte ADE7753; Halbleiterrelais Sharp S216SE1 für die Schaltersteuerung. Die verfügbaren API Befehle sind `read_energy()`, `read_power()`, `report(ip_addr, rate)`, `switch(state)`
- IEEE 802.15.4 drahtlose Netzwerk mit der IPv6 Schnittstelle. Open-source Implementation von IPv6/6LoWPAN Stack (blip) für TinyOS wird auf jedem drahtlosen Knoten und IP-Gateway benutzt. Die Knoten verbinden mit der IPv6 Netzwerk automatisch. Routing basiert auf dem azyklischen direkten Graph, das von einem oder mehreren IP-Gateways stammt. Jeder Knoten hat eine Tabelle mit optimalen Routen von Nachbarn. IP-Gateway ist ein OpenWRT embedded Linux Atheros SoC mit IEEE 802.15.4 Funkschnittstelle und hat eine Verbindung mit IPv6-Netzwerk. Die

Anwendungspaketen von IP- zu ACme Netzwerk werden mittels Tunneling über IEEE 802.15.4 mit interner Unicast Kommunikation übertragen.

- Die SW-Plattform für die leistungsorientierten Anwendungen, wie z.B. der Datalogger, der Datenbank als Speicher der Energiedaten und Web Server für die Visualisierung. Die Knoten schicken die Lesungen des Energieverbrauchs per UDP zu dem Python Datalogger auf dem Server. Der Datalogger zerlegt die UDP Paketen, um die Energiedaten in der MySQL-Datenbank zu einfügen. Die Web Schnittstelle stellt die Daten vom Datenbank dem Benutzer in visueller Form dar und schaltet die eingebundenen Schalter um.



**Figur 55:** ACme Plattform Übersicht

## 7. Fiat eco:drive

### 7.1. Allgemein

Ist ein Beispiel für ein Informations- und Visualisierungssystem zum Fördern des Bewusstseins eines Autofahrers für seinen persönlichen Treibstoffverbrauch. Das System basiert auf dem Blue&Me System, einem Assistenzsystem, das unter Windows Automotive läuft und unter anderem auch Fahrinformationen- (Verbrauch, km-Stand, Trip, Turbolader), Multimedia- (MP3 von USB Stick abspielen), Telekommunikations- (Bluetooth-Freisprechen) und Navigationsfunktionen (GPS) anbietet.

### 7.2. Architektur

Um die Dienste des eco:drive zu nutzen, lädt man über das Internet zu Hause am PC zwei Programme herunter:

- Ein PC-Analyseprogramm (Adobe AIR Plattform)
- Ein Windows Automotive Programm, das auf einen USB Stick übertragen wird

Anschließend wird der USB Stick in den USB Port eines Fiat Punto oder Fiat 500 eingesetzt. Der Stick wird erkannt und das Programm automatisch installiert. Von nun an werden alle Fahrdaten auf diesen Stick übertragen. Sind genügend Daten gesammelt worden, wird der Stick entfernt und in den heimischen PC gesteckt. Das dort installierte Analyseprogramm liest die Daten aus und analysiert sie.



Figur 56: Fiat eco:drive

### 7.3. Funktionen

Das interessante an eco:drive ist, dass viele Ansätze zur Motivation implementiert wurden:

- In Prozent wird angegeben, wie viel man im Vergleich zur letzten Analyse gespart (oder mehr verbraucht) hat.
- Es gibt einen eco:Index, der den einen Grad die „persönliche Sparsamkeit“ angibt.
- Eine Bewertung verschiedener Kriterien mittels 0-5 Sternen gibt an, wo man sich in seinem Fahrstil vorbildlich, wo weniger vorbildlich verhalten hat (Beschleunigung, Bremsen, Gangwechsel, Geschwindigkeit).
- Im eco:Calculator sieht man grafische Darstellungen und Trends die zeigen, wie sich der Fahrer verbessert hat. Ausserdem werden CO<sub>2</sub> und Kostenersparnisse angezeigt.
- Die eco:Challenge ist ein Spiel das es dem Fahrer erlaubt, sich über den eco:index selbst Sparziele zu setzen oder sich mit anderen zu messen.
- In der eco:Ville befindet sich die Community aller eco:Drive Fahrer und die kollektiven Ersparnisse werden angezeigt.
- Anhand der analysierten Daten versucht das Programm konkrete Tipps zu geben. Die sind zwar nicht ganz neu (Vorausplanen, Luftdruck in Pneus, regelmässige Kontrollen, Überlast, aggressive Fahrweise, Fahren auf nassen Strassen, Fahren mit offenen Fenstern, elektrische Verbraucher im Auto, benutzen des Bordcomputers). Sie können aber, da sie personalisiert hervorgebracht werden können, trotzdem helfen.

### 7.4. Zusammenfassung und Erfahrungen

Die eco:drive Applikation kann als BETA Version gratis heruntergeladen und getestet werden (<http://www.fiat.co.uk/ecoDrive/#ecodrive/landing>). Sie enthält viele gute Ansätze und zeigt, dass die Autoindustrie viele Trends früher ergreift, als andere Industriebereiche. Einige der Ideen, z.B. der eco:Index oder eco:Challenge und eco:Ville sind sicherlich auf für Energiesparmassnahmen im Haushalt sinnvoll einsetzbar.

Die Autoren haben einige ersten Erfahrungen mit der Applikation gemacht. Bei einem ersten Versuch hat sie eher mässig funktioniert und nicht ganz die gewünschten Resultate geliefert. Ausserdem sehen wir es als Nachteil an, dass man die Daten nicht direkt im Auto einsehen kann, sondern stets mit dem USB-Stick auf den Computer muss (pull Mechanismus). Das tut man vielleicht 1-2 Mal, dann verliert das an sich sehr innovative System seinen Reiz.

#### 8. Initiativen: MyEex, Earth Aid, PositiveEnergyUsa & Co.

MyEex und Eearth Aid sind Webportale, die Menschen durch Rabatte und monetäre Belohnungen dazu bringen wollen, ihren Energieverbrauch und damit auch die CO<sub>2</sub> Emissionen zu senken (Stichwort CO<sub>2</sub> Börse). PositiveEnergyUSA setzt eher auf sozialen Druck durch eine Kombination verschiedener Element.

**MyEex** [96] wurde im März 2009 in New York gestartet mit dem Ziel, die CO<sub>2</sub> Emmissionen durch Informationsaustausch und Tipps zu verringern. Mittlerweile hat es sich zu einer weltweiten Plattform Aktion zum „Handel mit CO<sub>2</sub>“ entwickelt. Um daran teilzunehmen, erstellt man als erstes ein Profil auf der freien Internetseite. Anschliessend füttert man diese mit historischen Verbrauchsinformationen, die man auf seinen Elektrizitäts- und Heizungsrechnungen der letzten 12 Monate findet. Unter Einbezug von saisonalen Einflüssen wird daraus ein durchschnittlicher Verbrauch für den persönlichen Haushalt errechnet. Konsumenten versuchen darauf, den Verbrauch mit Hilfe der MyEex Community, Tipps, Blogs und anderen Informationsquellen zu senken. Jeden Monat wird dann die erneute Eingabe der Verbrauchszahlen verlangt, durch MyEex überprüft und über sogenannte „Carbon Credits“ (ähnlich Kyotomodell) belohnt. Durch eine Partnerschaft mit OceanConnect können diese Credits (CER Certified Emissions Reductions) auf einer CO<sub>2</sub> verkauft werden. 1 CER entspricht 1 Tonne CO<sub>2</sub> und hat einen Wert zwischen 10 und 25\$. Der Erlös wird dem Konsumenten über PayPal ausbezahlt. Die MyEex Betreiber verlangen dafür eine kleine Kommission.

**Earth Aid** [97] ist ebenfalls auf dem CO<sub>2</sub> Börsenhandel tätig (man rechnet insgesamt mit 669 Mrd. Volumen für 2013). Auch diese Initiative möchte Konsumenten für Emissionsreduktionen belohnen. Nach der Berechnung des Haushaltsverbrauchs mit Daten aus Energierechnungen gibt der Konsument Earth Aid die Erlaubnis für den Zugriff auf Daten von Energieversorgungsunternehmen (mit allen Vor- und Nachteilen). Earth Aid gibt darauf angepasste Tipps und weitere Hinweise zum Beispiel für Rabatte, Steuereinsparungen usw. Der Energieverbrauch wird ein Jahr lang mit dem des Vorjahres verglichen und dann in Carbon Credits umgerechnet, an der Börse verkauft und der Konsument ausbezahlt. Earth Aid macht sein Geschäft mit Werbung von Firmen, die energieeffiziente Produkte verkaufen und durch Kommissionen.

**PositiveEnergyUSA** [98] geht einen etwas anderen Weg, indem es einen Wettbewerb zwischen Haushalten lanciert. Das Vorgehen besteht darin, den Verbrauch der Haushalte zu vergleichen und darauf zu bauen, dass man etwas soziale Motivation erzeugen kann, zu den „grünsten Haushalten“ zu gehören. Die Firma arbeitet zusammen mit lokalen EVU die eine eigens zu diesem Zweck durch PositiveEnergyUSA entwickelte Software dazu benutzen, aussagekräftige Informationen auf die Energierechnungen zu drucken. Neben der gewohnten Angabe des eigenen Verbrauchs werden Vergleiche mit Nachbarn und den insgesamt besten Haushalten angestellt. Smileys zeigen an, wie man selbst im Vergleich dasteht. Der Ansatz kombiniert Technologie, Marketing und Verhaltenswissenschaften mit der Idee, dass etwas sozialer Druck mehr nützt, als Druck durch Behörden und über Gesetze. Man versucht dadurch die Einstellung des Konsumenten nachhaltig zu ändern um dadurch Energie und Geld zu sparen. Während MyEex und Earth Aid auf monetäre Anreize setzen, versucht man hier durch Vergleich mit Normhaushalten einen geringen Energieverbrauch als sozial erstrebenswert zu etablieren.

Hinweise und gute Zusammenfassungen auf ähnliche solcher Initiativen (wie z.B. auch NuRide oder GreenHomeConcierge) finden sich auf [99].

## 9. Smart Meter Hersteller

Die nachfolgende Tabelle enthält die wichtigsten Hersteller von Smart Metering Produkten und AMI/AMR Lösungen. Die grössten sind fett gedruckt.

| Name des Herstellers                          | Lösungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cannon Technologies                           | COOPER Power Systems stellt AMI Software her                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Comverge                                      | Demand Response Feedback DisplaysThermostate, AMI Produkt namens Maingate (zusammen mit Landis+Gyr)                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Current Technologies                          | Breitbandlösungen über Powerline für Energiedienstleister und ihre AMR und "Demand-Side" Management Dienste anzubieten.                                                                                                                                                                                                                              |
| Datamatic                                     | AMR System mit dem Namen „FIREFLY AMR“ und das dynamische Routingsystem MOSAIC.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| DCSI / Hexagram / ACLARA / NexusEnergy (ESCO) | Die AMI Systeme TWACS (PLC) and STAR (RF).                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Echelon</b>                                | Echelon's bietet ein gesamtes AMI System namens NES an.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| EDMI                                          | Industriezähler, die in AMI Systemen benutzt werden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| EKA Systems                                   | Drahtlose AMI Infrastruktur namens EkaNet. "Gateways" mit Konzentratorkfunktionen                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Elster</b>                                 | Einer der grössten Hersteller von Elektrizitätszählern für AMR & AMI.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| eMeter                                        | EnergyIP Software. IntegratedMDM Programm.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Energy ICT                                    | Kommunikationshardware (Datenlogger und Konzentratoren). Fokus auf Wirtschaft- und Industrie, weniger aktiv im Heimbereich.                                                                                                                                                                                                                          |
| Energy Technology Group                       | Kein eigentlicher Smart-Meter, aber ist in der Lage, Geräte abzuschalten.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| First Point Energy                            | Datenrecorder für verschiedene Zähler (AMR).                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>GE Energy</b>                              | Grosser Produzent von AMR Zählern und Software.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Hager                                         | Hersteller von Smart Meters für den Haushalt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Hunt Technologies                             | Powerline- und Funktechnologie für die Zählerkommunikation: Das TS1 System liefert die Zählerdaten für die Verrechnung und TS2 stellt die darunter liegende PLC/RF Kommunikation zur Verfügung.                                                                                                                                                      |
| <b>Itron / Actaris</b>                        | Einer der grössten Hersteller von Zählern und AMI/AMR Systemen in den USA. Sehr aktiv in der ZigBee Allianz.                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Iskraemeco</b>                             | Slovenische Firma, seit 1948. GSM basierte AMR & AMM Zähler, Konzentratoren, Software, Systeme.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Landis+Gyr</b>                             | Schweizer Firma, seit 1896. Siemens Metering bis 2002. Gehört seit 2005 der Bayard Group. Hinzugekommen sind Finnish Emenet Group, Hunt Technologies, and Cellnet im Jahre 2006. Einer der grössten Hersteller von Zählern und AMI/AMR Lösungen in allen Segmenten. Haushaltszähler, AMM, Prepayment, neben Elektrizitäts- auch Gas und Wärmezähler. |
| Professional Meters, Inc. (PMI)               | Distributor von bekannten AMR Systemen in den USA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Sensus Metering Systems                       | Liefert ein komplettes AMI System                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Silver Spring Networks                        | Kommunikationshardware als Erweiterung für Zähler (GE, Itron, Sensus) um sie in ein HAN einzubinden.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| SmartSynch                                    | Kommunikationshardware als Erweiterung für Zähler, um sie in ein HAN einzubinden.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Tantulus Systems                              | Erweiterungshardware für Zähler und Infrastruktur (Repeater, TUnet Netzwerk, Kontroller) für AMI Systeme.                                                                                                                                                                                                                                            |
| TransData                                     | Produzent eines AMR Zählermodells.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Trilliant Networks                            | SecureMesh AMI Hardware (Zähler, In-home Displays, Portal)                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                           |                                                               |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                           | die über ZigBee kommunizieren; und ein komplettes AMI System. |
| WACS / EcoLogic Analytics | Middleware zwischen AMR/AMI und CIS.                          |

**Tabelle 28:** Hersteller von Smart Metering Produkten

## 10. MUC (Multi Utility Controller)

### 10.1. Allgemein

Der MUC (Multi Utility Controller) ist einer Arbeitsgruppe der BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft) angesiedelt. Auch die Open Metering Initiative und der SMIQ sind eingebunden. Es ist der Versuch einen gemeinsamen Standard für das Smart Metering in Deutschland zu definieren. Die MUC-Referenzplattform definiert ein Konzept aus Sicht der Applikation, Systemkomponenten und deren Schnittstellen.

Es ist ein erklärtes Ziel, die MUC-Referenzplattform auf bereits bestehenden Normen und Konzepten aufzubauen. Diese sollen wo immer technisch sinnvoll frei von Lizenzen Dritter sein. Auf der MUC Homepage wird festgehalten: „Nur dann, wenn die vorhandenen Festlegungen nicht ausreichen oder im Sinne einer Reduktion denkbarer Varianten eingeschränkt werden müssen, trifft die MUC-Referenzplattform eigene Vorgaben.“ Eine solche Vorgabe ist SML, ein neues Kommunikationsprotokoll, das auf XML basiert und über TCP/IP übertragen wird.

Der Begriff MUC ist in Deutschland bereits so populär, dass viele Hersteller ihre Komponenten so nennen. Dabei müssen diese Geräte nicht viel mit dem Standard selbst zu tun haben, der noch nicht einmal fertig spezifiziert wurde. Man wird es also noch nicht mit der „MUC-Referenzplattform“ zu tun haben.

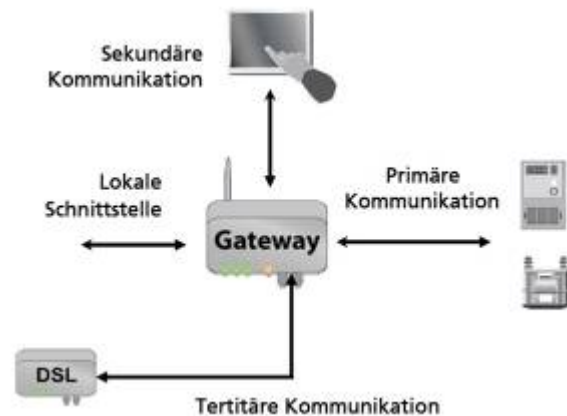
### 10.2. Ziele

Gemäss MUC sind die Hauptziele der Organisation:

- Beschreibung des Standards zur automatisierten Messdatenerfassung bei Privatkunden über offene Netze.
- Abdeckung aller Sparten (Gas, Wasser, Wärme, Strom).
- Einhaltung eichrechtlicher Vorgaben im Umgang mit abrechnungsrelevanten Messwerten.
- Spezifikation zur Bereitstellung von erfassten Messdaten für Aufgaben der Betriebsführung (Smart Grid / Smart Generation / ...).
- Definition der Informations-Infrastruktur für künftige Dienste (Smart Customer, ...).
- Direkter Zugriff durch Privatkunden auf die Messwerte über In-House-Communication mittels standardisierter Technik (PC/Laptop, TCP/IP, Web-Server, ...) oder durch Kundeninformationseinheiten („MUC-Display“) über etablierte Standards (KNX, ...).
- Technisch wirtschaftliche Umsetzung relevanter Hinweise aus Studien zur effizienten Energienutzung (e-Energy, ...).
- Technische Entkopplung der Systembereiche Messtechnik und Weitverkehrskommunikation durch eine zentrale Instanz in der Liegenschaft (MUC-Controller) zum langfristigen Investitionsschutz (langlebige Messtechnik versus innovative Kommunikationstechnik).

### 10.3. Architektur

Die meisten heutigen Smart Metering Systeme gleichen sich in der Konzeption dahingehend, dass meistens eine zentrale Komponente darin vorkommt. In der Regel hält diese die Rolle des Gateways zwischen EVU und der Wohneinheit bzw. dem Haus ein, sammelt die Daten und bietet auch Schnittstellen für die Konfiguration und Visualisierung. Figur 57 zeigt das Prinzip des Open Metering Gateways, gilt aber auch für den MUC und andere Systeme. Der MUC kann ein eigenes „Kästchen“ sein, muss aber nicht, denn vielfach ist er in den E-Zähler integriert. Für die „primäre Kommunikation“ mit den anderen Zählern im Haus scheint sich das Wireless M-Bus Protokoll in Deutschland durchzusetzen.

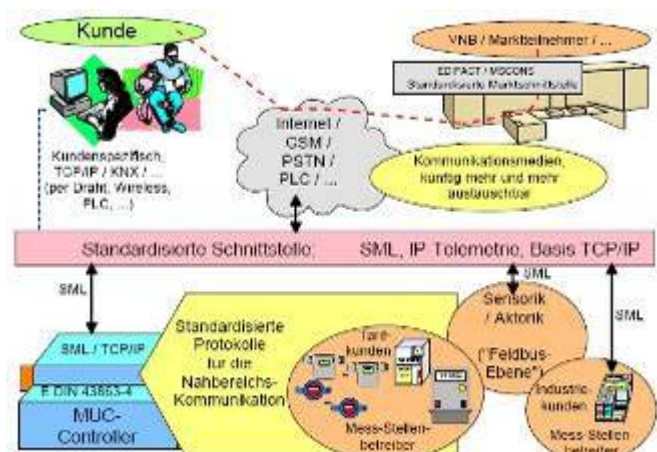


**Figur 57:** Gateway Prinzip und Schnittstellen, Open-Metering (Quelle: Fraunhofer Institut)

Für den MUC-Gateway wurden 4 Schnittstellen nach aussen definiert:

- **Lokale Schnittstelle:** Schnittstelle für die lokale Parametrierung und Datenauslesung.
- **Primäre Kommunikation:** Nahverkehrskommunikation zu weiteren Zählern (Sub-Metering).
- **Sekundäre Kommunikation:** Kunden-Kommunikation zu Kundeninformationssystemen (z.B. Displays) und optional zu weiteren Systemen wie z.B. Haushaltsgeräten, Lastkontrollern, Thermostaten, Energiemanagementsystemen usw.
- **Tertiäre Kommunikation:** Weitverkehrskommunikation zu einer Zentrale bzw. Meter-Daten-Managementsystem. Das kann mittels PLC, DSL oder auch GPRS geschehen. Später ist auch die Anbindung über FTTH möglich. Wobei es ein Anliegen der EVU bzw. des Messdienstleisters ist, im Besitz eines eigenen sicheren Übertragungskanal zu sein. Es sollte also nicht geschehen, dass zu Hause z.B. jemand durch das Abschalten seines Internetmodems die Datenübertragung zum Erliegen bringt.
- **Quartäre Kommunikation:** / Applikations-Kommunikation von der Zentrale bzw. Meter-Data-Management-System (MDM) zu weiteren Applikationen verschiedener Marktteilnehmer (Vertrieb, Netzbetrieb, Service-unternehmen).

Über SML und die Einbindung in das Internet sollen die Schnittstellen nach aussen standardisiert werden und die Kommunikation durchgängiger werden wie das Bild oben zeigt.



**Figur 58:** MUC-Systemsicht (Quelle: m-u-c.org)

### 10.4. Zusammenfassung

Der MUC ist Deutschlands Antwort auf den Druck von Politik und Wirtschaft nach Smart Metring Lösungen und die fehlende Standardisierung in diesem Bereich. Er wird wohl auch funktionieren uns sich dort auch durchsetzen, wenigstens vorerst. Der Trend, eigene

nationale Standards zu kreieren sieht man auch in anderen Europäischen Ländern. Es bleibt zu hoffen, dass man am Schluss eine Gesamteuropäische Lösung finden wird.

## 11. Echelon NES

### 11.1. Allgemein

Das Echelon NES (Networked Energy Services) System ist hier aufgeführt als ein Beispiel einer typischen Smart Metering Lösung. D.h. Echelon stellt eine AMI Netzwerk zur Verfügung mit allen Vorteilen und Diensten, wie sie in Kapitel *Smart Metering* beschrieben wurden.

Echelon selbst bezeichnet das NES System als eine offene Dienstleistungsinfrastruktur bestehend aus auf einander abgestimmter Software, Hardware sowie Projekt Management und Dienstleistungsfirmen mit Erfahrung im Aufbau, der Inbetriebnahme und der Erweiterung des Systems. Dabei gilt es zu beachten, dass das System immer zusammen mit einer weiteren Metering-Software betrieben werden muss, wie z.B. die Zentrale von EDW3000 von Görlitz oder das System Meterus von EVB [19].

Das System wurde für residentielle und kleinere kommerzielle Gebäude ausgelegt. Es stellt eine drahtlose (ZigBee, 6LoWPAN) oder drahtgebundene Schnittstelle zum Hausinternen HAN bereit um sogenannte „Energy-Aware“ Geräte anzubinden.



**Figur 59:** NES System Architektur (Quelle: Echelon)

### 11.2. Architektur

Die System-Architektur besteht aus drei Komponenten:

- **Intelligente elektronische Elektrizitätszähler:** Echelon's Haushaltzähler kommunizieren über Low Power PLC und ANSI/IEC Standard-Protokolle mit dem Datenkonzentrator. Sie unterstützen Fernauslesung, Lastprofile, verschiedene Tarife, Fernabschaltung, Lastkontrolle, Demand Response, Detektierung von Stromausfällen, Detektierung von Sabotage und Prepaid Szenarien. Auch Gas und Wasser Verbrauch können mit den entsprechenden Erweiterungen ausgelesen werden.
- **Ein IP basierter Datenkonzentrator:** Sammelt die Daten von den Zählern und sendet sie über GSM, GPRS/EDGA, CDMA, WiFi, Satellit, POTS oder PLC zur NES Systemsoftware. Kann bis zu 1024 NES Zähler und 4096 M-Bus Geräte adressieren.
- **Skalierbare Systemsoftware:** Steuert die Zähler über den Konzentrator. Sammelt Energieverbrauchsdaten, installiert Remote-Softwareupdates, konfiguriert die Zähler, schaltet Tarife um, sammelt Netzwerkevents wie Alarmer und steuert andere Smart Metering Funktionen. Die Software hat eine Schnittstelle zur Middleware des EVU und kann so in dessen Infrastruktur eingebunden werden. Basiert auf .NET und unterstützt XML. Kann über .NET erweitert werden (C# Beispiele).

## 12. EnBW und Yello

## 12.1. Allgemein

Das EnBW (Energie Baden-Württemberg) bzw. der Energiediscounter und Dienstleister Yello Strom - eine Tochter der deutschen EnBW – haben Mitte 2008 ein Smart Metering System auf den Markt gebracht, das speziell auch darauf ausgelegt wurde, Feedback an den Benutzer zu liefern. Das System wurde bereits an anderen Stellen in diesem Dokument beschrieben (*Intelligente Haushaltszähler* und *Yello Strom & EnBW Cockpit – Web-based Interface*). Was passiert, wenn man eine neue, relativ leistungsfähige Plattform auf den Markt bringt, sieht man an den neuesten Entwicklungen rund um den Yellosstrom Zähler, der neuerdings auch Twittern kann und sich in den Google Powermeter einbinden lässt...

## 12.2. Architektur



**Figur 60: YelloStrom System (Quelle: YelloStrom)**

Das System besteht aus mehreren Komponenten:

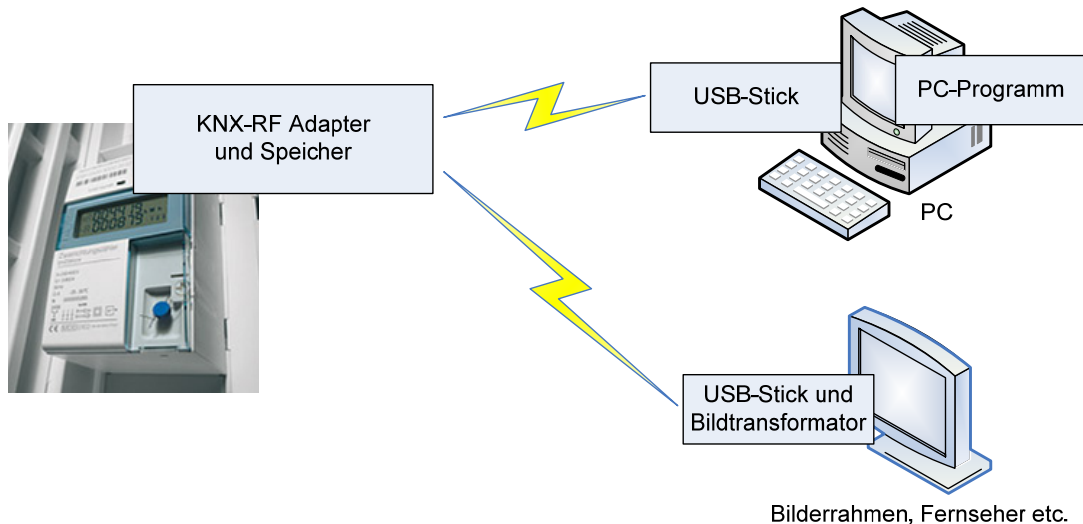
- **Yello Sparzähler:** Ein auffälliger, gelber, intelligenter Haushaltszähler, der neben den Standardfunktionen eines Smart Meters speziell Daten über den Verbrauch sammelt und über das Internet versendet (benötigt dazu einen ADSL Anschluss).
- **ComBox:** Ein Zwischengerät, das den Yello Sparzähler mit dem Breitband-Modem und somit dem Internet verbindet.
- **Breitband-Modem:** Erlaubt dem Zähler über die ComBox auf das Internet und somit die EVU Homepage zuzugreifen.
- **Heim-PC:**
  - Über YelloStrom Weblösung (Cockpit) kann der Benutzer mit seinem Browser auf die gesammelten Energiedaten zugreifen. Neben den Verbrauchsdaten (kWh im zeitlichen Verlauf), werden die Kosten, Kohlendioxid-Äquivalent und Vergleiche mit Historischen Daten präsentiert. Da der Zähler nur alle 15 Minuten seine Daten an das YelloStrom Datencenter im Internet verschickt, ist die Auflösung begrenzt und es besteht eine gewisse Verzögerung. Eine interaktive Assistentin (Eve) beantwortet Fragen und bietet Unterhaltung. Das Websystem basiert auf JavaEE, Struts und dem NPS 5.2 Content Management System.
  - Durch ein direkt auf dem PC installiertes .NET Programm (StromRadar), das direkt mit dem Zähler (ohne Internet) kommuniziert, kann der aktuelle Verbrauch in Echtzeit (1s Takt) eingesehen werden.

## 13. Hager eHz

### 13.1. Allgemein

Hager ist Hersteller von Automatisierungs-Komponenten auf KNX Basis. Neben Komponenten mit Strommessung bietet man auch Elektrizitätszähler für den Haushaltsbereich an. Da diese ihre Werte ebenfalls über KNX (Drahtlos) übertragen können, bietet sich die Einbindung in ein Smart Home an. Hager hat unter anderem im Sommer 2009 eine eigene Windowsapplikation zur einfachen Konfiguration und Steuerungen aller KNX Geräte im Haushalt vorgestellt. Für die Visualisierung des Energieverbrauchs hat man sich einen eigenen Ansatz überlegt.

### 13.2. Architektur



**Figur 61:** Architektur Hager eHz

Das System besteht aus folgenden Komponenten:

- Hager eHZ Haushaltszähler mit optischer Schnittstelle
- KNX-RF Adapter mit Speicher als Aufsatz für die optische Schnittstelle. Batterie betrieben.
- KNX-RF fähiger USB-Stick zum Anschluss an den PC
- PC Analyseprogramm
- KNX-RF fähiger USB-Stick mit Bildtransformator zum Anschluss an Geräte, die Bilder anzeigen können

Der Haushaltszähler wird mit einem Aufsatz versehen, der es ihm erlaubt, seine Werte über KNX-RF zu versenden. Der Aufsatz enthält einen Speicher und speichert die vom Zähler regelmässig ausgelesenen Daten für die spätere Visualisierung. Nun gibt es zwei Möglichkeiten zur Visualisierung:

- **USB-PC:** Ein USB-Stick wird an einem PC eingesteckt, auf dem ein Programm installiert wurde. Der USB-Stick verbindet sich drahtlos mit dem Zähler, liest die Energiedaten aus und übergibt sie dem PC-Programm zur Visualisierung.
- **USB-Image:** Der zweite Ansatz ist innovativer und wurde zum Patent angemeldet: Ein USB-Stick enthält neben der Möglichkeit über KNX-RF zu kommunizieren, ein Programm das es erlaubt, die empfangenen Daten in Bilder zu transformieren. Diese Bilder können dann (z.B. als Diashow) auf jedem ausgabefähigen Gerät angezeigt werden. So gibt es

heute elektronische Bilderrahmen oder auch DVD-Geräte bzw. Fernseher, die in der Lage sind solche Grafiken anzuzeigen.

## 14. U-SNAP

### 14.1. Allgemein

Im Zuge der Implementation von AMI und dem Aufbau des Smart Grid sehen sich die involvierten Parteien mit einer Unzahl von verschiedenen Kommunikationsprotokollen konfrontiert. Das führt zu Problemen mit der Kompatibilität mit Nachteilen für EVU, Gerätehersteller und Konsumenten. U-SNAP (Utility Smart Network Access Port) [] ist eine einfache, kostengünstige Lösung, die verschiedenste heute existierende HAN (Home Area Network) Standards unterstützt und vorbereitet ist für zukünftige Entwicklungen. Ziel dabei ist die Integration der Lösung in jedem Zähler als eine Art Gateway ohne zusätzliche Hardwareaufwände. Das Ganze geschieht über eine Protokoll unabhängige serielle Schnittstelle. Die U-SNAP Allianz, ursprünglich initiiert vom Zählerhersteller Sensus, involviert Stakeholders weltweit, unter ihnen EVU, Metering Firmen, System-/Gerätehersteller, Beratungsfirmen und Behörden. Die U-SNAP Spezifikation soll wo möglich auf existierenden Standards aufsetzen, möglichst schnell selbst zu einem etablierten Standard werden um dadurch bald schon zu ersten Produkten zu führen.

Aus U-SNAP soll eine non-profit Corporation mit den folgenden Zielen entstehen:

- Definition eines Standards einer seriellen Schnittstelle für HAN Geräte, die ein oder mehrere unterschiedliche Kommunikationsmodule beherbergen kann
- Sinnvolle Einbindung von Standards anderer Standardgremien, Agenturen und Vereinigungen wenn immer möglich
- Förderung von Ratifizierung, Akzeptanz und Einführung der Standards bei EVU, Behörden und Geräteherstellern
- Ausarbeiten von Zertifikations-Richtlinien und Prozeduren um die Kompatibilität und Interoperabilität zwischen verschiedenen Dritt-Anbietern sicherzustellen
- Aufsetzen eines Forums und der Umgebung in der Mitglieder und Anwender Erfahrungen austauschen und die Standards weiterentwickeln können
- Ausbildung und Marketing durch Öffentlichkeitsarbeit, Publikationen, Messeauftritte, Seminare und andere Programme

Der Ansatz einer modularen Kommunikationsschnittstelle ist gut, ob die U-SNAP Allianz mit ihrem Vorhaben auch Erfolg hat, wird sich zeigen. Laut Angaben auf der Homepage sollen 2009 über eine Million U-SNAP Module ausgeliefert werden.

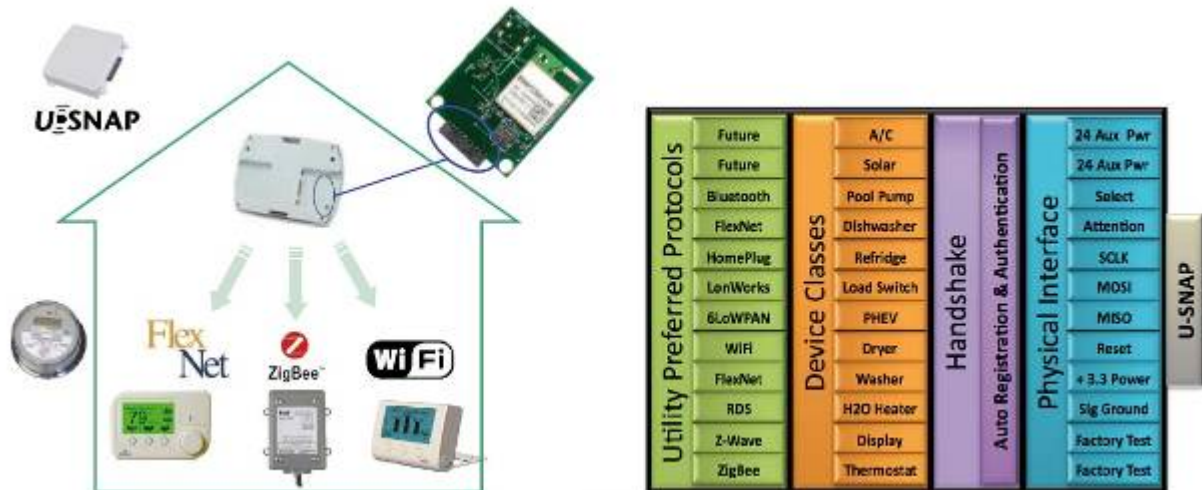
### 14.2. Architektur

Das Kernelement von U-SNAP ist ein austauschbares Kommunikationsmodul für das folgendes durch die Allianz spezifiziert wurde:

- Hardware Schnittstelle (3-Draht SPI Bus)
- Physikalische Masse und Bauform (Stecker, PCB Masse)
- Timing und Format des Datenaustausches
- Nachrichteninhalte und einige spezifischen Dienste (Discovery von Endpunkten, IP Adressvergabe, Autoregistrierung/Authentifizierung...)

Die Spezifikation basiert auf einer SPI (Serial Peripheral Interface) Schnittstelle, wie man sie heute in praktisch jedem Mikrocontroller vorfindet. Das Ziel ist eine sehr kostengünstige Lösung (~0.10\$) mit der praktisch jedes Gerät, das eines oder mehrere solcher Module aufnehmen kann, in ein HAN einzubinden. Im Prinzip ist die Motivation zu vergleichen mit

der der USB Allianz, die ihr Anliegen in einer Spezifikation universelle serielle Schnittstelle für PC-Peripherie umgesetzt hat. Die U-SNAP Module selbst werden in verschiedenen Ausführungen für unterschiedlichste Kommunikationstechnologien wie ZigBee, Z-Wave, WiFi, FlexNet usw. angeboten. Der durch U-SNAP definierte Datenaustausch selbst ist unabhängig vom eigentlichen HAN-Kommunikationsprotokoll, um möglichst grosse Flexibilität zu bieten (sogar für proprietäre Lösungen). U-SNAP Module können in SmartMeters, Thermostaten, In-Home Displays, Haushaltsgeräte usw. durch den Hersteller oder den Konsumenten selbst „eingeklickt“ werden.



Figur 62: U-SNAP

Interessant ist die Geschäftsidee für den Prozess zur Lieferung und Inbetriebnahme solcher Module:

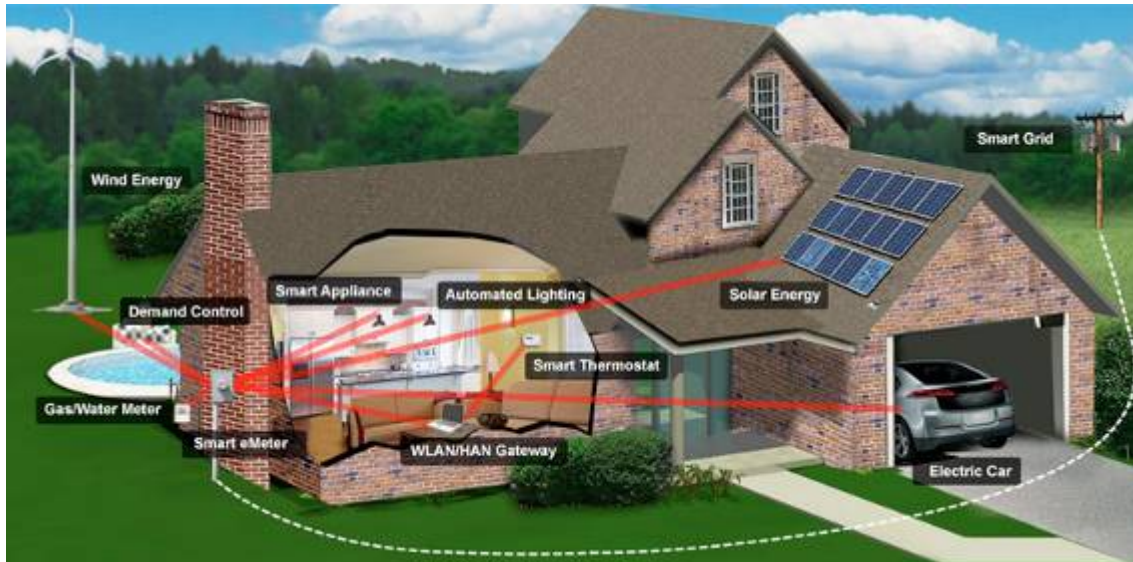
- Das EVU bietet mit der Rechnung eine Möglichkeit zur Teilnahme an einem Energieeffizienzprogramm mit einem InHaus-Display an.
- Der Konsument meldet sich (Papier oder elektronisch) an dem Programm an.
- Der Konsument kauft ein empfohlenes Display mit U-SNAP Unterstützung (ohne Modul) in einem Warenhaus.
- Das EVU schickt dem Konsumenten ein vorkonfiguriertes U-SNAP Modul zu, das kompatibel ist, mit dem das sich im Smart Meter oder einem Gateway des Kunden befindet.
- Der Konsument setzt die Karte (ähnlich wie eine SIM Karte beim Mobiltelefon) in das Display ein.
- Das Display erwacht, verbindet sich mit dem HAN und ist einsatzfähig

Mit diesem Modell lassen sich einige neuen, einfach umsetzbaren Geschäftsmodelle im Bereich Smart Energy umsetzen die Vorteile sowohl für EVU, Hersteller und Konsumenten bieten. Und bestehende Systeme können auch später noch relativ einfach auf neuere Kommunikationstechnologien umgerüstet werden. Je nachdem ist jedoch ein Softwareupdate des Gerätes selbst nötig, was dann auch von Fern möglich sein sollte.

## 15. Texas Instruments Smart Metering Solutions

### 15.1. Allgemein

Als Beispiel für Hardwarelösungen auf Chipebene sollen hier kurz auf das Portfolio von Texas Instruments (TI) eingegangen werden. TI bietet eine breite Palette von Bausteinen an, die für das Smart Metering, AMI und auch Smart Homes eingesetzt werden können.

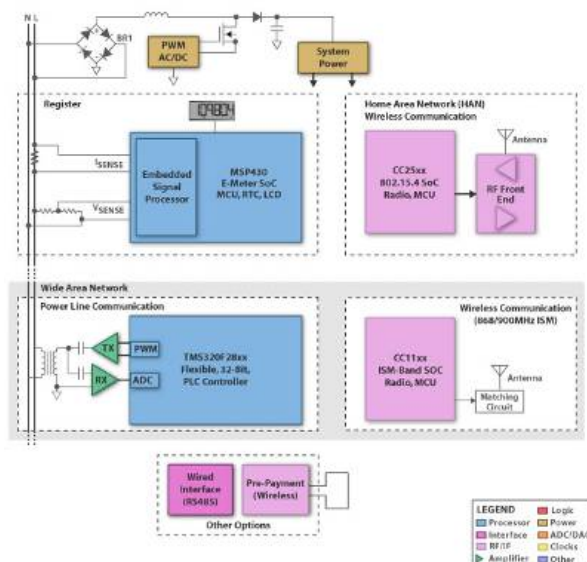


**Figur 63:** TI Smart Metering und Smart Home Lösungen (Quelle: TI)

## 15.2. Komponenten

Zu den von TI angebotenen Chip-Komponenten gehören:

- SoC die Low Power Prozessoren und Elektrizitätsmessung auf einem Chip vereinen
- SoC die das drahtlose Übertragen von Daten im Nahbereich (IEEE802.15.4, ZigBee, M-Bus, proprietär) und im Fernbereich (GSM/GPRS) übernehmen.
- Chips die PLC Kommunikation im Nahbereich und im Fernbereich übernehmen
- Chips zum Bau von RFID basierten Prepaid Lösungen



**Figur 64:** TI Chiplösungen (Quelle: TI)

## 16. Intel Media Processor CE 3100 (SoC) and Intel Widget Channel (WWWow)

### 16.1. Allgemein

Intel Research hat eine Plattform für internetfähige, interaktive Fernseher veröffentlicht. Über ein System on Chip (CE 3100 SoC) und einem Framework können attraktive Widgets auf dem Display dargestellt werden. Diese Widgets sind keine einfachen Webbrowser – jedes Widget holt sich die Informationen selber und stellt sie dar. In einem Experiment in

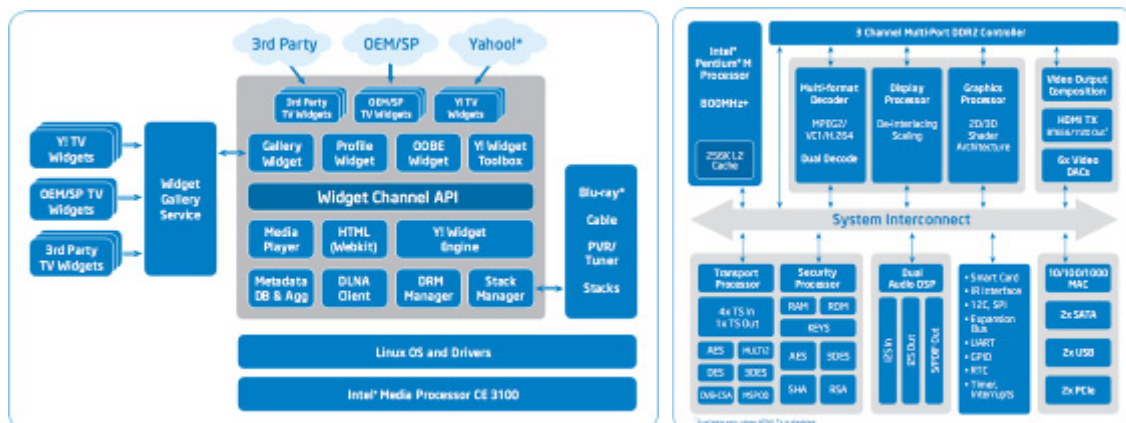
2005 hat Intel auch Gebäudeautomationskomponenten mit diesem System implementiert. Daraus entstand das "Home Energy Management System" Widget.



**Figur 65:** Home Energy Manager Widget (Quelle: Intel)

## 16.2. Komponenten

Die Hauptberechnung wird von einem Media Processor (CE3100 SoC) durchgeführt. Dieser Chip ist in einer Settop-Box oder digitalTV integriert. Beim Design des Prozessors wurde darauf geachtet, dass möglichst viele Intel Technologien in eine Plattform integriert sind, welches dann ein TV+ System bildet. Der 10-Watt SoC hat einen üblichen Embedded Prozessor, verschiedene Audio DSP's und Video Prozessoren integriert. Die Referenz Plattform hat ein Interface für RAM sowie für PCIe Devices integriert.



**Figur 66:** Widget Plattform Diagramm (links) und Intel Media Processor CE 3100 (rechts)

Der "Widget Channel" ist ein offenes Middleware Framework. Einige der Komponenten sind im Widget Channel integriert (siehe Diagramm). Dazu gehören DLNA, ein Mediaplayer, HTML und die Yahoo! Widget Engine. Sind die Widgets einmal mit der Widget Channel API implementiert, so können sie von der Widget Gallery runtergeladen und installiert werden.

# Anhang C

## Produktrecherche Energie-Feedbacksysteme

### Smart Meter

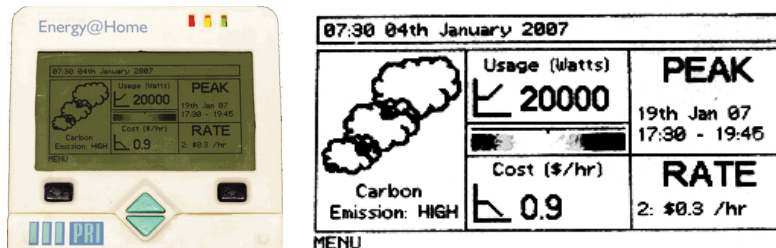


| Parameter                | Characteristics                                              |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | (various)                                                    |
| <b>Communications</b>    |                                                              |
| Protocol                 | PLC / GPRS / ZigBee / Zigbee SE / Licensed / Unlicensed-band |
| Power Supply             | Battery -or- residual power                                  |
| <b>User Interface</b>    |                                                              |
| Visual                   | Passive LCD capable of numeric displays                      |
| Interaction              | None                                                         |
| <b>Information</b>       |                                                              |
| Default Information      | Watts / kWh                                                  |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh                                                 |
| Other                    | Potential messages from power company                        |

Quelle: Echelon, Itron, Landis & Gyr

### Prepayment Meter

#### PRI Prepayment system



| Parameter                 | Characteristics                                                                 |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Accuracy</b>           | <b>Electricity</b>                                                              |
| Measuring Accuracy        | 100% (directly hooked to the meter)                                             |
| <b>Communications</b>     |                                                                                 |
| Type                      | RJ-11                                                                           |
| <b>User Interface</b>     |                                                                                 |
| Visual                    | Passive custom LCD. Three LEDs display tariff.                                  |
| Interaction               | Four buttons: two select on-screen menu options, two up/down.                   |
| <b>Information</b>        |                                                                                 |
| Default Information       | CO <sub>2</sub> produced, usage (Watts), Cost (\$/hr, rate), peak-time, tariff. |
| Cost Information          | Cost (\$/hr), rate, and time/date of today's peak times.                        |
| Electricity Energy Usage  | Present usage in Watts.                                                         |
| CO <sub>2</sub> Emissions | CO <sub>2</sub> as low/high, displayed as smoke stacks.                         |

Source: PRI

## Plug-In Meter

### Kill-a-watt



*Kill-a-watt EZ*



*Tweet-a-Watt*



| Parameter                | Characteristics                                                    |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H884xW185xD31                                                      |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                 |
| Measuring Range          | 0.00-15.00 Arms (85-125Vrms) (0-1875VA) (47-63 Hz)                 |
| Measuring Accuracy       | 0.2% $\pm$ 2.0% at 0.2A-15A                                        |
| Reading frequency        | 1 seconds                                                          |
| <b>User Interface</b>    |                                                                    |
| Visual                   | Passive LCD capable of numeric display.                            |
| Interaction              | Five buttons: Volt, Amp, Watt/VA, Hz, kWh                          |
| <b>Information</b>       |                                                                    |
| Electricity & Power      | Voltage, Line Frequency, Power Factor                              |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh: present and cumulative.                              |
| Cost Estimation          | Estimated costs per day, week, month, year (from kWh * flat-rate). |

### Watts Up? PRO – Plug-in Meter & Data Logger



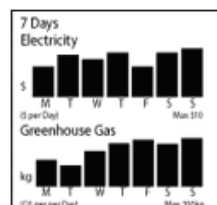
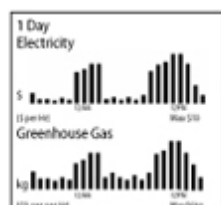
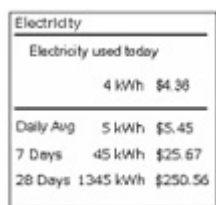
*Watts Up? PRO*

| Parameter                | Characteristics                                      |
|--------------------------|------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H50xW100xD180                                        |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                   |
| Measuring Range          | 0-20A (100-250V) (50/60 Hz)                          |
| Measuring Accuracy       | $\pm$ 5.0% < 10W, $\pm$ 3.0% > 10W                   |
| Reading frequency        | 1 seconds                                            |
| <b>User Interface</b>    |                                                      |
| Visual                   | Passive LCD capable of numeric display.              |
| Interaction              | Two buttons: Mode, Select                            |
| <b>Information</b>       |                                                      |
| Electricity & Power      | Min/Max Voltage, Amps, Watts (per-second)            |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh: present and cumulative (2000 records). |
| Data Import / Export     | Ethernet or USB data export. On/Off commands.        |
| Cost Estimation          | Estimated monthly cost.                              |

## LCD In-home Displays

### Landis+Gyr Ecometer

| Parameter                 | Characteristics                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]           | H165xW105xD26                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Accuracy</b>           | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Measuring Range           | 100mA – 100A                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Measuring Accuracy        | < ±2% at 1A – 100A                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Accuracy</b>           | <b>Gas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Resolution                | Litres                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Measuring Accuracy        | < ±2% [0.08m <sup>3</sup> – 6m <sup>3</sup> / Hr]                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Communications</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Frequency                 | 868 MHz low power radio (AMPY)                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Range                     | 30 meters [note: walls and local obstacles reduce effective range]                                                                                                                                                                                                                                         |
| Power Supply              | 9.0V/350mA AC/DC adaptor                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>User Interface</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Visual                    | Backlit LCD capable of bar-graph, numeric, and icon displays.<br>Four buttons at bottom with four light modes: none (off or unavailable), green (low usage), yellow (medium usage), red (high usage)<br>Four buttons on right to switch between information types,<br>five buttons on bottom for Settings. |
| Interaction               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Information</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Default Information       | Time, Temperature, cost per hour * kWh, bar graph.<br>SMS messaging functionality: informational tips, alerts.<br>Shows the present gas and electricity costs, the rate, and actual meter readings. Histogram of previous day.                                                                             |
| Cost Information          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Electricity Energy Usage  | Usage in kWh: present and previous 7 days, 28 days, 12 months.                                                                                                                                                                                                                                             |
| Gas Energy Usage          | Usage in Litres: present and previous 7 days, 28 days, 12 months.                                                                                                                                                                                                                                          |
| CO <sub>2</sub> Emissions | gCO <sub>2</sub> for combined gas/electricity from last 7, 28 days, 12 months.                                                                                                                                                                                                                             |

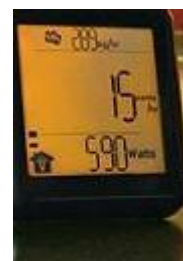


(a) Energy consumption list.

(b) Graph of energy consumption.

### Landis+Gyr P250

| Parameter                | Characteristics                                                                                       |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H115xW115xD26                                                                                         |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                                                    |
| Measuring Accuracy       | 100% (direct from the electricity meter)                                                              |
| <b>Communications</b>    |                                                                                                       |
| Frequency / Protocol     | ZigBee / ZigBee Smart Energy Profile 1.0                                                              |
| Communication Range      | 30 meters                                                                                             |
| Communication Speed      | Retrieves information every 7.5 seconds.                                                              |
| Power Supply             | AC/DC adaptor                                                                                         |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                       |
| Visual                   | Backlit LCD. Numeric and icon displays. Red, yellow, green LED backlights indicate consumption speed. |
| <b>Information</b>       |                                                                                                       |
| Default Information      | CO <sub>2</sub> , Watts, cents/hr                                                                     |
| Cost Information         | kWh, \$, TOU tariff/rate.                                                                             |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh: present and previous 7 days, 28 days.                                                   |



## Clipsal Cent-a-meter / The Owl / Eco-Response Cent-a-meter

| Parameter                | Characteristics                                                                                                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H884xW185xD31                                                                                                                                             |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                                                                                                        |
| Measuring Sensor         | Wire clamp                                                                                                                                                |
| Measuring Range          | 50W – 15000W (110-250V 40-135A)                                                                                                                           |
| Measuring Accuracy       | 5%                                                                                                                                                        |
| Reading frequency        | 6 seconds                                                                                                                                                 |
| <b>Communications</b>    |                                                                                                                                                           |
| Frequency                | 433.92 MHz                                                                                                                                                |
| Range                    | 30m [minus 5m for every wall between display and sensor]                                                                                                  |
| Power Supply             | 3 AA 1.5V battery (both units, display unit is portable or corded)                                                                                        |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                                                                           |
| Visual                   | Passive LCD capable of numeric and icon displays. Usage, rate, and temperature/humidity are always shown.                                                 |
| Audio                    | Two speakers sound when a predefined peak-load (\$2/hr) detected. Three buttons on front: mode, select, and alarm. Two buttons on the back, for settings. |
| Interaction              |                                                                                                                                                           |
| <b>Information</b>       |                                                                                                                                                           |
| Actual Consumption       | Present Cost (\$/hr) or Energy (kWh) or CO <sub>2</sub> ; switch-selectable                                                                               |
| Cost Information         | Current rate in switchable: \$ € £ per hour and per kWh.                                                                                                  |
| Electricity Energy Usage | Actual usage in kWh                                                                                                                                       |
| Environmental Impact     | KgCO <sub>2</sub> for combined gas/electricity                                                                                                            |
| Other                    | Indoor Temperature / Humidity.                                                                                                                            |
| Other                    | Web-site: Installation Videos, Product Demonstration, Tips.                                                                                               |



\* Also produces a mini version, and products including power-saver strips, adaptors.  
Source: Clipsal by Schindler Electric (AU), The Owl (UK £45), Eco-Response (CA, NZ)

## PowerCost Monitor

| Parameter                | Characteristics                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H884xW185xD31                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Measuring Sensor         | Pulse (direct from electricity meter)                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Measuring Accuracy       | ±5% (300W with In-Home Display, 160W with Microsoft Hohm)                                                                                                                                                                                                                                 |
| Reading frequency        | 30 seconds                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Communications</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Frequency                | 433.92 MHz                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Range                    | 30m                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Power Supply             | 2 AA 1.5V battery (both units, display unit is portable)                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Visual                   | Backlit LCD capable of bar-graph, numeric, and icon displays. Four rows of LCD components: current consumption; status, cumulative consumption, time & temperature. Two rows on front: clear totals, up/down; \$ / kw, sync. Four buttons on rear: for settings. Backlight button on top. |
| Interaction              |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Information</b>       |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Current Consumption      | Current Cost (\$/hr) or Energy (kWh); switch-selectable                                                                                                                                                                                                                                   |
| Status                   | \$/hr, cumulative totals since last Clear                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh: present and cumulative-since-last-reset.                                                                                                                                                                                                                                    |
| Environmental Impact     | gCO <sub>2</sub> for combined gas/electricity over last 7, 28 days, 12 months.                                                                                                                                                                                                            |



### Note:

- Tested by Ontario Hydro one at 400 sites with 6.5% savings from device. Additional tips saved on average 6-9% (max 18%).
- Tested by Energy Center of Wisconsin by telephone interview; effective savings: 1.4% after successful install, 3.6% when regularly consulting it, 5.4% of participants found it helpful in reducing energy consumption.



## Efergy (eLite)

| Parameter                 | Characteristics                                                                            |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]           | HxWxD                                                                                      |
| <b>Accuracy</b>           | <b>Electricity</b>                                                                         |
| Measuring Range           | 50mA – 56A (95A for Elite) (<300V)                                                         |
| Measuring Accuracy        | < ±8%                                                                                      |
| <b>Communications</b>     |                                                                                            |
| Frequency                 | 433.52 MHz low power radio                                                                 |
| Range                     | 40-70 meters                                                                               |
| Update Frequency          | 6 seconds                                                                                  |
| Power Supply              | 2 AA 1.5V battery (two years)                                                              |
| <b>User Interface</b>     |                                                                                            |
| Visual                    | Backlit LCD capable of large numeric, and limited bar-graph.                               |
| Interaction               | Four buttons: Mode, Left/Right, Select                                                     |
| <b>Information</b>        |                                                                                            |
| Default Information       | Current and avg. daily energy & cost (\$ € £/hr and kWh). Tarif & Tier. Time. Usage graph. |
| Cost Information          | Present electricity costs. Comparison histogram of previous day.                           |
| Electricity Energy Usage  | Usage in kWh: present and previous 7 days, 30 days, 24 months .                            |
| CO <sub>2</sub> Emissions | Present & aggregate/historical kgCO <sub>2</sub> .                                         |
| Other                     | Signal strength, time & date, battery warning. 64k memory.                                 |



## CurrentCost Envi

| Parameter                | Characteristics                                                             |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H155xW120xD93 (73x90mm viewable)                                            |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                          |
| Sensor Type              | Wire clamp                                                                  |
| Measuring Accuracy       | ±5%                                                                         |
| <b>Communications</b>    |                                                                             |
| Frequency                | 433MHz SRD band                                                             |
| <b>User Interface</b>    |                                                                             |
| Visual                   | 24 hour rolling consumption display (bar graph of 3 x 8hr periods)          |
| Interaction              | Three buttons (up, down, ok)                                                |
| <b>Information</b>       | PC connection for streaming data for seven years historical data.           |
| Current Consumption      | Cost (£/hr) or Energy (kWh); switch-selectable; supports Google Powermeter. |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh: present and cumulative-since-last-reset (1,7,31 day).         |
| Other                    | Time, Temperature.                                                          |



## WGN ZCC-2520-IHD

| Parameter             | Characteristics                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]       | Business-card sized.<br>Magnetic feet (attaches to refrigerator). |
| Power Supply          | Battery                                                           |
| <b>Accuracy</b>       | <b>Electricity</b>                                                |
| Measuring Accuracy    | 100% (direct from smart-meter)                                    |
| <b>Communications</b> |                                                                   |
| Frequency / Protocol  | ZigBee / ZigBee Smart Energy Profile                              |
| Communication Range   | 30 meters                                                         |
| <b>User Interface</b> |                                                                   |
| Visual                | Dot-matrix e-paper display.                                       |
| Interaction           | Three selector buttons.                                           |
| <b>Information</b>    |                                                                   |
| Default Information   | Price (\$/kWh). Text Messages, Time.                              |



Source: Wireless Glue Networks, Inc. (2006; Berkeley).

## Aztech IHD

| Parameter                   | Characteristics                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]             | (no data)                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Accuracy</b>             | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                                                                                |
| Sensor Type                 | ZigBee                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Communications</b>       |                                                                                                                                                                                                                                   |
| Frequency                   | One-way ZigBee (2.4GHz)                                                                                                                                                                                                           |
| Range                       | 40m                                                                                                                                                                                                                               |
| Used by                     | Itron Meters, General Pacific US                                                                                                                                                                                                  |
| <b>User Interface</b>       |                                                                                                                                                                                                                                   |
| Visual Display              | Matrix LCD (64x128px) capable of numeric and graph displays. Light-bar: color glows green/yellow/red with peak and flashes for CPP; "swings" from left-to-right depending on the quantity used. Three buttons: up, select, right. |
| Visual Lightbar Interaction |                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Information</b>          |                                                                                                                                                                                                                                   |
| Default Information         | Present consumption in kWh, \$, light-bulb-icon/100W, date, ToU.                                                                                                                                                                  |
| Cost Information            | Present consumption. 24h and 30d totals for individual ToU periods. Instantaneous power consumption, showing power presently used; average power consumption. Last 24 hours or 30 days.                                           |
| Electrical Energy Usage     | Date, Time, USB or ZigBee (software upgrade). Thermostat control (PCT) via ZigBee and A/C-shutoff (AMI). Messaging from ESP.                                                                                                      |
| Other                       |                                                                                                                                                                                                                                   |

Source: Aztech Associates (1993 Ontario)



## The Energy Detective – Direct Display

| Parameter                | Characteristics                                                                                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H89xW127xD                                                                                                     |
| Energy Consumed          | 0.8 Watts                                                                                                      |
| Financial Cost           | \$119 (TED1000) - \$209 (TED 5000)                                                                             |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                                                             |
| Measuring Sensor         | Wire clamp (at circuit breaker)                                                                                |
| Measuring Range          | 100mA – 400A (100-130V) Single-phase 60Hz                                                                      |
| Measuring Accuracy       | ±2% at 1A – 400A. Rounds to the nearest 1-10W.                                                                 |
| Reading frequency        | 1 second                                                                                                       |
| <b>Communications</b>    |                                                                                                                |
| Protocol                 | Power Line Carrier (PLC) to Gateway. Zigbee to display. IP to web.                                             |
| Power Supply             | Plugged-in base. Hand-held display for TED 5000.                                                               |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                                |
| Visual                   | Passive LCD capable of numeric display.                                                                        |
| Web                      | LED that flashes red when a target \$/H exceeds a set limit.                                                   |
| Audio                    | Google PowerMeter (via Gateway)                                                                                |
| Buttons                  | Alarm sounds for 30-seconds when the \$/H exceeds a set limit. Three buttons: \$, mode, right-arrow, up-arrow. |
| <b>Information</b>       |                                                                                                                |
| Cost Information         | Present electricity costs (\$/H), today (since midnight), monthly, yearly. Rate in effect.                     |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh: today; monthly, yearly; projected. Voltage.                                                      |



### Note:

The Energy Detective 1000 was evaluated in the Florida Solar Energy Center's Report, "Pilot Evaluation of Energy Savings from Residential Energy Demand Feedback Devices," on 17 participants.



Source: Energy, Inc. Charleston, SC, USA

## L.S. Research Rate\$aver

| Parameter                | Characteristics                                                                                                                |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | Business-card sized.<br>Magnetic feet (attaches to refrigerator).                                                              |
| Power Supply             | 2 AA 1.5V battery                                                                                                              |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                                                                             |
| Measuring Accuracy       | 100% (direct from smart-meter)                                                                                                 |
| <b>Communications</b>    |                                                                                                                                |
| Frequency / Protocol     | 2.4GHz (100mW ZigBee) /<br>ZigBee Smart Energy Profile                                                                         |
| Communication Range      | 30 meters                                                                                                                      |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                                                |
| Visual                   | Passive LCD capable of numeric and icon and graphing displays.                                                                 |
| Audio                    | Usage, rate, and temperature/humidity are always shown.                                                                        |
| Interaction              | Internal alarm.                                                                                                                |
| <b>Information</b>       | Six buttons: \$, kWh usage, messages, scroll, select, menu                                                                     |
| Actual Consumption       | Bar graph of Current Use / Rate / Tier                                                                                         |
| Cost Information         | Bar graph in \$ per hour and per kWh.                                                                                          |
| Electricity Energy Usage | Actual usage in kWh and \$/hr, Last 24 hours.                                                                                  |
| Messaging                | Messaging from the ZigBee-SP-ESP                                                                                               |
| Other                    | Wireless Bootloader/Updates, Wireless Strength, Temperature,<br>Time-Date, Battery Level, Internal Magnet & Refrigerator Mount |



Source: L.S. Research, Wisconsin, USA

## Tendril Insight, Tendril Vision

| Parameter                                               | Characteristics                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]                                         |                                                                                                                                   |
| <b>Accuracy</b>                                         | <b>Electricity</b>                                                                                                                |
| Measuring Accuracy                                      | 100% (direct from smart-meter)                                                                                                    |
| <b>Communications</b>                                   |                                                                                                                                   |
| Frequency                                               | 2.4GHz (100mW ZigBee)                                                                                                             |
| Power Supply                                            | 2 AA 1.5V battery                                                                                                                 |
| <b>User Interface</b>                                   |                                                                                                                                   |
| Visual                                                  | Backlit 128x240px LCD capable of numerics and icon, capable of ambient light detection and red-green-blue colored backlight.      |
| Audio                                                   | Audio alerts.                                                                                                                     |
| Interaction                                             | Three buttons (bottom): correspond to on-screen functions, by default: Bill, Menu, Monitor. Two buttons (right). Two LED (right). |
| Power Supply                                            | Wall-powered via 110VAC power adapter, with 6' cord. 1.2-1.8W power consumption.                                                  |
| <b>Information</b>                                      |                                                                                                                                   |
| Default Information                                     | Wireless strength, Date, Time, household cost per hour (\$) and usage (kW).                                                       |
| Source: Tendril Networks, Boulder, Colorado, USA, 2004. | Text messages. Over the air update.                                                                                               |



## Rainforest EMU

| Parameter             | Characteristics                                                    |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]       | Hand-sized. Magnetic backing.                                      |
| Power Supply          | Battery                                                            |
| <b>Communications</b> |                                                                    |
| Frequency / Protocol  | ZigBee / ZigBee Smart Energy Profile 1.0                           |
| <b>User Interface</b> |                                                                    |
| Visual                | Dot-matrix display.                                                |
| <b>Information</b>    |                                                                    |
| Cost Information      | Current Usage (kW, \$), Historical Usage (kWh, \$), Price (\$/kWh) |
| Other                 | Stoplight for peak-events. Text messages. Time.                    |



Source: Rainforest Automation Inc., Canada

## ComVerge PowerPortal IHD / EnergyAware PowerTab

| Parameter                | Characteristics                                                                                 |  |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H79xW114xD24 (134 grams)                                                                        |                                                                                     |
| Physical Other           | Magnetic Backing                                                                                |                                                                                     |
| <b>Communications</b>    |                                                                                                 |                                                                                     |
| Frequency                | 2.4 GHz ZigBee-SE                                                                               |                                                                                     |
| Power Supply             | Rechargeable Battery (3-8 weeks)                                                                |                                                                                     |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                 |                                                                                     |
| Visual Display           | LCD 128x64 dot-matrix display.                                                                  |                                                                                     |
| Visual LEDs              | Green for off-peak, Amber mid-peak, Red peak                                                    |                                                                                     |
| Interaction              | Four buttons on right to switch between information types, five buttons on bottom for Settings. |                                                                                     |
| <b>Information</b>       |                                                                                                 |                                                                                     |
| Default Information      | Daily total, signal strength, battery indicator.                                                |                                                                                     |
| Cost Information         | Present use and daily-total (\$). Rate (\$/kWh)                                                 |                                                                                     |
| Electricity Energy Usage | Present and daily total in (kWh) (updated every 2 seconds)                                      |                                                                                     |
| Messaging                | Stores up to four 128-byte messages from service provider.                                      |                                                                                     |

Source: Comverge (Vancouver), EnergyAware

## Wattcher

| Parameter             | Characteristics                                                                                                                                                   |  |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]       | H50xW100xD180                                                                                                                                                     |                                                                                      |
| <b>Accuracy</b>       | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                |                                                                                      |
| Sensor Type           | Pulse (direct from electricity meter)                                                                                                                             |                                                                                      |
| Reading frequency     | 1 read per second.                                                                                                                                                |                                                                                      |
| <b>Communications</b> |                                                                                                                                                                   |                                                                                      |
| Frequency             | 868 MHz                                                                                                                                                           |                                                                                      |
| Range                 | 40m [note: subtract 5m for every wall between display and sensor]                                                                                                 |                                                                                      |
| <b>User Interface</b> |                                                                                                                                                                   |                                                                                      |
| Visual                | Fixed backlit LCD. Glows on and off faster with higher consumption. One button to switch between three display modes. Same button used for initial configuration. |                                                                                      |
| Interaction           |                                                                                                                                                                   |                                                                                      |
| <b>Information</b>    |                                                                                                                                                                   |                                                                                      |
| Electricity & Power   | Watts, kWh, target consumption (%)                                                                                                                                |                                                                                      |

Source: Wattcher

## Eco-Eye Mini & Elite

| Parameter                 | Characteristics                                                       |  |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]           | H170xW80xD25 (elite), H75xW7xD50 (mini)                               |                                                                                       |
| <b>Accuracy</b>           | <b>Electricity</b>                                                    |                                                                                       |
| Measuring Range           | 100mA – 100A                                                          |                                                                                       |
| Measuring Accuracy        | < ±2% at 1A – 100A (90V-255V)                                         |                                                                                       |
| <b>Communications</b>     |                                                                       |                                                                                       |
| Frequency                 | -                                                                     |                                                                                       |
| Range                     | 30 meters                                                             |                                                                                       |
| Update Frequency          | 4 seconds                                                             |                                                                                       |
| Power Supply              | 4 AA 1.5V battery (six months operation)                              |                                                                                       |
| <b>User Interface</b>     |                                                                       |                                                                                       |
| Visual                    | Passive LCD capable of only numeric display (very big numbers)        |                                                                                       |
| Interaction               | Three buttons: left, right, select.                                   |                                                                                       |
| <b>Information</b>        |                                                                       |                                                                                       |
| Default Information       | Present kWh, Cost (\$ £ €), gCO <sub>2</sub> , or clock.              |                                                                                       |
| Cost Information          | Usage in \$£€: present and previous hour, day, week, month, year.     |                                                                                       |
| Electricity Energy Usage  | Usage in kWh: present and previous hour, day, week, month, year.      |                                                                                       |
| CO <sub>2</sub> Emissions | gCO <sub>2</sub> : present and previous hour, day, week, month, year. |                                                                                       |

Source: Eco-Eye

## PowerWatch

| Parameter                | Characteristics                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H98xW146xD38                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                                                                                           |
| Measuring Sensor         | Wire clamp                                                                                                                                                                                                                                   |
| Measuring Accuracy       | ±1% at 10A – 130A.                                                                                                                                                                                                                           |
| Reading frequency        | 1 second                                                                                                                                                                                                                                     |
| Power supply             | DC power adapter.                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Communications</b>    |                                                                                                                                                                                                                                              |
| Protocol                 | 2.4GHz (Basic 802.15.4) / 30-90 meters                                                                                                                                                                                                       |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                                                                                                                                                              |
| Visual                   | Backlit LCD capable of numeric and icon display.                                                                                                                                                                                             |
| Buttons                  | left/right, select, cancel                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Information</b>       |                                                                                                                                                                                                                                              |
| Cost Information         | Present electricity costs (\$/H). Hourly to yearly cost. Energy storage for 10 years. Hourly cost and energy for current year.                                                                                                               |
| Electricity Energy Usage | Present electricity use (kWh). By hour, day, week, month, year. Wireless connection indicator. Heartbeat indicates continuous processing of data. USB & TCP/IP connected indicator. Many remote displays, including USB-key web-application. |
| Other Information        |                                                                                                                                                                                                                                              |



## Energy Monitoring EM-2500

| Parameter                | Characteristics                                                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | Hand-sized. Clips attached to main circuit breaker are hard-wired to the display                          |
| Power Supply             | DC Power Line as wire from outlet                                                                         |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                           |
| Visual                   | 16-character alphanumeric display                                                                         |
| Interaction              | Four buttons: escape, up/down, select                                                                     |
| <b>Information</b>       |                                                                                                           |
| Cost Information         | Usage in \$: present, since RESET. Rate.                                                                  |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh: present and since RESET. Electric Bill Estimate (\$).                                       |
| Other                    | Days, hours, minutes since last RESET. Line voltage, line current, power in kW, max peak power used (kW). |



Source: Energy Monitoring

## Ewgeco Energy management System

| Parameter                | Characteristics                                                  |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H124xW100xD24 (260g)                                             |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                               |
| Measuring Accuracy       | ±1% at 10A – 130A.                                               |
| <b>Communications</b>    |                                                                  |
| Protocol                 | 2.4GHz / 100 meters                                              |
| <b>User Interface</b>    |                                                                  |
| Visual                   | Backlit LCD wired for numeric and graph display.                 |
| Buttons                  | Three buttons for up/down/menu. Two buttons for units / display. |
| <b>Information</b>       |                                                                  |
| Cost Information         | Cost per hour, cost today.                                       |
| Electricity Energy Usage | Present and daily consumption. Peak consumption.                 |
| Other Information        | Water & Gas, Time, Temperature, CO2.                             |



## Home Automation Inc. IHD

| Parameter                | Characteristics                                                                           |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | (Handheld)                                                                                |
| <b>Communications</b>    |                                                                                           |
| Protocol                 | ZigBee SEP                                                                                |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                           |
| Visual                   | Multi-color backlit LCD                                                                   |
| Buttons                  | 3-4                                                                                       |
| <b>Information</b>       |                                                                                           |
| Cost Information         | (none)                                                                                    |
| Electricity Energy Usage | kWh                                                                                       |
| Other Information        | LCD backlight color changes in response to utility events. Controls load control modules. |

Source: Home Automation Inc (Central America, 1985)



## AlertMe Energy

| Parameter                | Characteristics                                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | Handheld                                                       |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                             |
| Measuring Sensor         | Wire clamp                                                     |
| <b>Communications</b>    |                                                                |
| Protocol (Meter)         | 2.4GHz (802.15.4)                                              |
| <b>User Interface</b>    |                                                                |
| Visual                   | Color backlit LCD.                                             |
| Buttons                  | up-down                                                        |
| <b>Information</b>       |                                                                |
| Cost Information         | Cost prediction (£).                                           |
| Electricity Energy Usage | Present electricity use (kWh). Status indicator.               |
| Other Information        | Wireless connection, battery, temperature. AlertMe Webservice. |

Source: AlertMe, UK



## KEPKO-KDN H-EMS

The Korea Electric Power Corporation's Korea Data Network (1992), the largest Power IT coporation in Korea, produces an ZigBee SEP-compliant energy management system, with two versions of an Android-based in-home display (basic and deluxe).

## GEO Home Energy Hub & Humm Minim

| Parameter                | Characteristics                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | (tabletop)                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Accuracy</b>          |                                                                                                                                                                                                              |
| Measuring Sensor         | Wire clamp ammeters                                                                                                                                                                                          |
| Load Control             | (fusebox, appliances)                                                                                                                                                                                        |
| <b>User Interface</b>    | Smartplug                                                                                                                                                                                                    |
| Visual (Duo)             | Passive LCD.                                                                                                                                                                                                 |
| Visual (Trio)            | Color touch-screen "for the living room"                                                                                                                                                                     |
| Design Compliance        | BERR Energy White paper design recommendations. The purpose of the devices is to make energy usage accessible, engaging, understandable, and encouraging.                                                    |
| Buttons                  | Duo: three buttons. Trio: touch-screen, remote load control.                                                                                                                                                 |
| <b>Information</b>       |                                                                                                                                                                                                              |
| Cost Information         | (unknown)                                                                                                                                                                                                    |
| Electricity Energy Usage | The left side of the Duo/Duet displays present and daily consumption (kWh). The right side of Duo displays central heating (gas & oil) & hot water use, energy usage (kWh, CO2) and on-off for 6 appliances. |
| Other Information        | Bargraphs & tachometers.                                                                                                                                                                                     |

Source: Green Energy Options, Cambridge, UK



## PRI Home Energy Controller (HEC)

| Parameter             | Characteristics                                                                                 |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]       | Conceptual                                                                                      |
| <b>Communication</b>  |                                                                                                 |
| Protocol              | ZigBee HAN (Mesh)                                                                               |
| <b>User Interface</b> |                                                                                                 |
| Visual                | Color touch-screen display                                                                      |
| Interaction           | On-screen keypad for pre-payment                                                                |
| <b>Information</b>    |                                                                                                 |
| Default Information   | Electricity & Gas (cost, state, rate). Indoor temp. and outside temp. Number of messages. Time. |



## Millenium Electronics IHD

| Parameter                | Characteristics                                                                                            |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H172xW180xD52                                                                                              |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                                                         |
| Sensor Type              | ZigBee SEP to smart-meter via HAN.                                                                         |
| <b>Communication</b>     |                                                                                                            |
| Protocol                 | Zigbee SEP                                                                                                 |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                            |
| Visual                   | Color LCD capable of graphics.                                                                             |
| Interaction              | Touch-screen display.                                                                                      |
| <b>Information</b>       |                                                                                                            |
| Actual Consumption       | Current Electricity/Gas/Water Cost (\$/hr) and kgCO <sub>2</sub> , message from utility; credit remaining. |
| Cost Information         | Accounts summary for last bill, last payment. Tariff chart. Bill summary. Consumption usage graphs.        |
| Electricity Energy Usage | Actual usage in kWh. Average use listed.                                                                   |
| Environmental Impact     | KgCO <sub>2</sub> for combined gas/electricity.                                                            |
| Other                    | Remotely controls appliances. "Contact me" feature.                                                        |



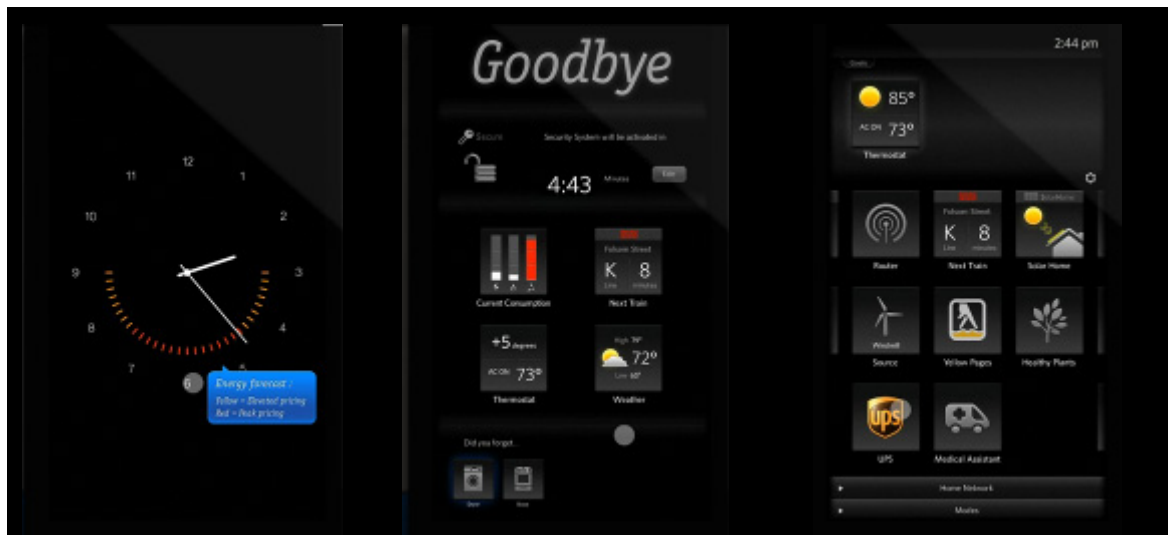
Source: Millec (AU)

Note: Millenium Electronics touch-screen for full-featured information and communication with EVU:



## Intel Home Energy Console Prototype

| Parameter             | Characteristics                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]       | Tabletop                                                       |
| <b>Accuracy</b>       |                                                                |
| Sensor Type           | ZigBee HAN, Proprietary Smartplugs.                            |
| <b>Communication</b>  |                                                                |
| Protocol              | ZigBee, Proprietary                                            |
| <b>Processing</b>     |                                                                |
| Hardware Platform     | Intel Atom Z530. System Controller Hub                         |
| Software Platform     | US15W. 802.11n                                                 |
| <b>User Interface</b> |                                                                |
| Visual                | 11.56-inch OLED Display                                        |
| Interaction           | Capacitive Touchscreen. Motion sensor. Video camera. Audio.    |
| <b>Information</b>    |                                                                |
| Actual Consumption    | Power. Gas. Water.                                             |
| Cost Information      | Goal. Predicted.                                               |
| Widgets               | Thermostat. Clock. Next train. Weather. External applications. |



Clock Widget

Native Applications

Widget Applications



Thermostat Application

Power Manager Screens

Source: [Intel Corp.](#) May 2010.

## Onzo & More Associates MorePower



The MorePower Multi (left) shows dis-aggregated per-appliance display, and the MorePower Single (right) shows a composite display; both demonstrations of a concept. The spin-off from More Associates that continued progress is Onzo:



The four principles of design they list are:

- "Versatility: balance a unique and characterful brand with chameleonic features"
- "Detail: every part of the product has to have a reason for being"
- "Realism: you can't have a Rolls Royce if you want it to cost a tenner"
- "No friction: always aim for the no-steps set-up"

Features:

- Versatile positioning, with a reversible back that will enable it to be free-standing, attached to a refrigerator or hung from a wall;
- A clear, simple display showing the most useful, actionable information;
- Intelligent EnergyTools with eye-catching symbols;
- A soft rubber surround to make the device tactile and increase its sturdiness;
- Easily rechargeable batteries.

The Onzo sensor clips to one of the cables coming from the electricity meter. It is designed for easy installation by the user. The sensor is pioneering in many ways:

- It "harvests" its power from the cable to which it is attached, removing the need ever to replace its batteries;
- It operates on ultra low power - costing less than a penny for a years' operation;
- It stores up to 10 years' data; transportable via USB cable to PC.
- It provides highly accurate measurement of energy consumption.

Images of the final manufactured prototype (available mid-2009 in UK):

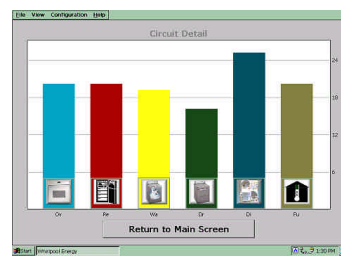
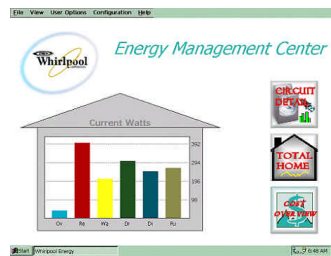


## Enigin Eniscope



The Eniscope 12 Automatic Monitoring & Targeting System is an electricity meter with local web server and web-monitoring set up by an certified energy expert of an Enigin consultancy. Enigin provides consultancies with the Nucleus CRM Tool with energy portal to remotely set-up and monitor end-user consumption. The service is primarily for businesses; consultants analyse a client location, discuss potential energy-saving measures with the client, and eventually deploy the EnergyMaps system that promises to “reduce energy costs by 30-40%” and provide return on investment within two years for businesses.

## Whirlpool – Early Direct Display & System



The system used for the “Woodridge Energy Study & Monitoring Report” by Whirlpool in mid-2000. The system provides information on household total electricity demand, plus data on 14 separate circuits, by using a custom circuit-panel, data logger, and a 12-inch color touch-screen user interface. The system is used in conjunction with Whirlpool-provided smart-appliances (washer, dryer/dishwasher) that wait until time-of-use rates are non-peak.

The monitor is an application running on WinCE. Screens are selected as follows:

- Current Watts house-graph. The whole-house graph plots in watts the energy used. On the right-hand side are three buttons: circuit detail, total home, cost overview.
- Circuit Detail plots the present power (1-7 seconds delay), last day, month, year; for all devices or a single device; in kWh and total cost; on a histogram graph with peak and off-peak plotted.
- Total home, shows historical information for the entire home over some time period.
- Cost overview, shows the energy cost of each circuit.

## Handsets & Multifunction Devices

### OpenPeak ProFrame 7E / Cisco Home Energy Controller (HEC)



Initially designed as a touch-screen VoIP device sold from Verizon (US) and Telefonica/O2, this device allows the user to buy an energy management application from their App Store. Capacitive 800x600 7" touchscreen on Intel Atom (1.1GHz) with 512MB RAM, Ubuntu-based. ZigBee Smart Energy Profile, ERT, PLC supported; can only show high-level consumption. Used by GM, Cisco.

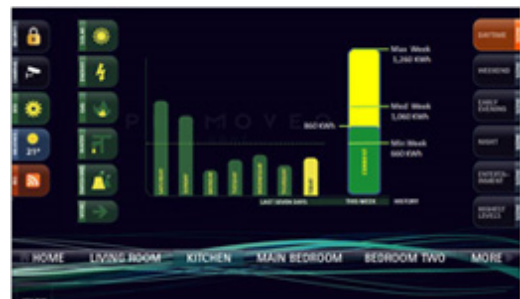
### Thomson-Alcatel Speedtouch 7G (BT Home Hub)



Intamac is integrating into the BT Home Hub an application for home energy management (expected end-2009). The Speedtouch 7G runs linux and source code has been published.

### Promoveo Technology-Energy Management System (KNX)

This system will read information from KNX presence sensors and control KNX actuators. It employs automatic control, scene management, and graphical information about energy consumption. Runs on the Quaduro Quadpad I tablet computer.

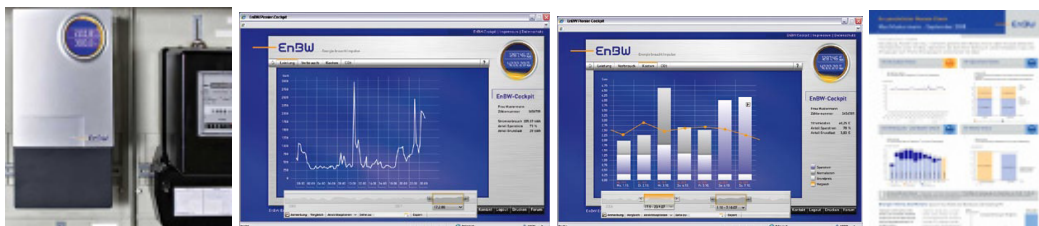


## Web Solutions & Software Dashboards

### Yello Strom & EnBW Cockpit – Web-based Interface



The YellowStrom Sparzähler<sup>online</sup> system allows customers to see their energy use online every 15 minutes in Watts. The online system has an avatar (Eve) that attempts to answer questions posed in natural human language form, and gives the site personality. Information is available as a current line-graph of energy usage, monthly histograms by day with cost totalled at the bottom, bar-graph histograms by day, week, month, and year of energy, performance, and cost. YellowStrom (since 1999) is a full subsidiary of EnBW Energie Baden-Württemberg AG.



The EnBW Cockpit is a web-based energy viewer, at 15-minute resolution, provides current and historical energy consumption, power ratings, cost structure, and CO<sub>2</sub> produced; and additionally, notes, interesting graphics (fading) between different comparison methods, information box with clear summary of data, and export of counter-data to csv. Settings include the ability to send an SMS alarm when price exceeds a certain load. In addition, a monthly bill arrives by e-mail, with comparisons of current energy-use. EnBW StromRadar installs on the user's PC and provides energy-use forecasts and examine the energy consumption to the second; and claims to identify individual energy devices.

| Parameter                | Characteristics                                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                             |
| Measuring Accuracy       | 100% (device embedded in the smart meter – revenue-grade acc.) |
| Reading frequency        | 1 second (StromRadar) or 15 minutes (Cockpit)                  |
| <b>User Interface</b>    |                                                                |
| Operating System         | PC (StromRadar) or Web-based (Cockpit)                         |
| Visual                   | Computer Screen                                                |
| Interaction              | Mouse & Keyboard                                               |
| <b>Information</b>       |                                                                |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh and \$ for present use and historically.          |
| Environmental Impact     | CO <sub>2</sub> calculation from current energy use            |

Source: YellowStrom, ENBW

### U.S. Lawrence Berkeley National Laboratory – Home Energy Saver



The Home Energy Saver provides an Energy Adviser to inform where to save the most energy and money through home improvement and who to contact to obtain this information. The tool was launched at the U.S. Department of Energy's Berkeley Lab in 1999.

## Microsoft Hohm



Microsoft has licensed the Lawrence Berkeley National Laboratory web-based tool for energy efficiency. Users log onto the site, depositing their energy information, and exchange tips (over social networking over 8'000 so far), and anonymously data-mines the information using artificial intelligence algorithms. Launched in June 2009, Hohm provides the same information available on the hes.lbl.gov site, but plans to integrate smart meter information from Western U.S. utilities, and has partnered with both Itron and L+G. Microsoft claims that 80% of home users would use web-based information if available. The project will be supported through advertising and leads.

## Google PowerMeter

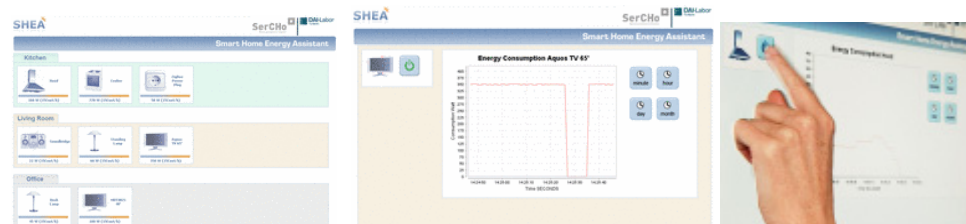
Visualization framework with three goals:

- **Analyze:** Get better information about how you use energy and what you can do to be more efficient.
- **Save:** Reduce your energy bills and carbon footprint by making smart decisions about your energy use.
- **Share:** Strike up a little friendly competition to see how your energy consumption compares to your friends and neighbors.

| Parameter                                                                | Characteristics                                   |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Accuracy</b>                                                          | <b>Electricity</b>                                |
| Measuring Accuracy                                                       | Depends on device embedded in/on the smart meter. |
| Reading frequency                                                        | 15-minute aggregate (typical)                     |
| <b>User Interface</b>                                                    |                                                   |
| Operating System                                                         | Web-based iGoogle.com Gadget                      |
| Visual                                                                   | Computer Monitor: Energy graph.                   |
| Interaction                                                              | Web-based system with tips.<br>Mouse & Keyboard   |
| <b>Software Architecture</b>                                             |                                                   |
| API                                                                      | Open Google PowerMeter API (May 2010)             |
| Source: <a href="http://Google.org/PowerMeter">Google.org PowerMeter</a> |                                                   |



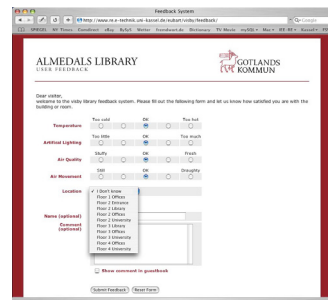
## SerCHO SHEA – Software Agent



| Parameter                                                                                                                                                                                      | Characteristics                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Accuracy</b>                                                                                                                                                                                | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                                                       |
| Update Frequency                                                                                                                                                                               | 1 seconds                                                                                                                                                                                                |
| <b>User Interface</b>                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                          |
| Operating System                                                                                                                                                                               | Microsoft Windows                                                                                                                                                                                        |
| Interaction                                                                                                                                                                                    | Touching SHEA shows a grid of all individual appliances with bar-graphs of their individual energy use. Touching an appliance draws historical information at second, minute, hour, and month resolution |
| <b>Information</b>                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                          |
| Electricity Energy Usage                                                                                                                                                                       | Usage in kWh: present and cumulative (minute, hour, day, month)                                                                                                                                          |
| Source: <a href="http://Smart Home Energy Assistant (SHEA) of Service-Centric Home (SerCHO) at DAI-Labor">Smart Home Energy Assistant (SHEA) of Service-Centric Home (SerCHO) at DAI-Labor</a> |                                                                                                                                                                                                          |

## Energy Butler – Web-based Hybrid

| Parameter                | Characteristics                                                                                                    |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>User Interface</b>    | Web-browser with Macromedia/Adobe Flash                                                                            |
| Operating System         | In-browser control of Lighting, Blinds, Heating, <i>Energy Information</i> ; Sound Settings, Help, Exit            |
| Interaction              |                                                                                                                    |
| <b>Information</b>       | Energy consumption graph in kWh: 1 month, 3 month, 1 year<br>Energy comparison of user's usage versus other users. |
| Electricity Energy Usage |                                                                                                                    |



## Tendrill Vantage



| Parameter                | Characteristics                                                                                                                                                      |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                   |
| Measuring Sensors        | Total and per-appliance submetering                                                                                                                                  |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                                                                                      |
| Visual                   | Computer Screen: Internet Portal. Mobile phone application.                                                                                                          |
| Interaction              | Mouse & Keyboard. Mobile phone touchscreen.                                                                                                                          |
| <b>Information</b>       |                                                                                                                                                                      |
| Electricity Energy Usage | Graphed & numeric per-appliance usage.<br>House standing with comparison to benchmark, comparison with neighbors (on various social networks), advice, and live chat |
| Other Information        |                                                                                                                                                                      |
| Source: Tendril          |                                                                                                                                                                      |

Note: In an interview, Vantage, along with other parts, claims to routinely conserve 15-20% electricity. Vantage is partnered to develop load control for end-user appliance makers (GE).

## General Electric: Ecomagination, Brillion, Nucleus



Ecomagination (2005) is an initiative that focuses on generation and consumption including the Smart Grid; a demonstration-site is available at: <http://ge.ecomagination.com/smartgrid/>. The GE Brillion suite (rel. July 2010) are a kit consisting of a programmable thermostat, smartphone & in-home display, and smart appliances; connected by the Nucleus communication and data storage (3 years) device. The system is a mixture of automated responses to utility requests and user behaviour changes.

Advanced Telemetry's EcoView Residential System is a table-top in-home display that General Electric plans to use in addition to the ecomagination dashboard.

## Intelligent Sustainable Energy



ISE is a spinoff of Oxford University and Navetas. The Navetas Smart Hub reads total consumption from certified meters. Oxford University's artificial intelligence algorithms identify the pattern of the load using the DSP- and micro-processor on the board. Patterns recognized identify devices used within the home from large appliances to hair-straighteners. The information is then rendered graphically (as seen in the pictures) for a rendering device to render. Finally, two ports are available as expansion slots for future appliances.

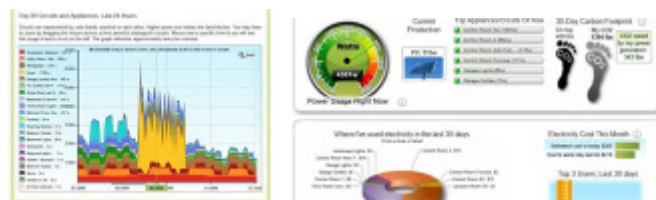
## GridPoint Customer Portal (Lixar)



An online energy management portal that is capable of circuit-level management (e.g. per appliance) that is “as easy to use as online banking.” GridPoint can generate reports on savings from demand-response programs or TOU pricing programs; and also comparative reports on carbon dioxide saved. The system can send e-mail or text message alerts (e.g. an outage has occurred, you have 10 hours of backup power available and the utility is currently working to restore your power).

Uses GridPoint Energy Manager as the intelligent hub of the smart-home system. Tested with 50'000 meters by Xcel in Boulder, CO at the SmartGridCity project, 2008-2010.

## Powerhouse Dynamics eMonitor



eMonitor is a system for per-circuit energy monitoring, intended to fully automate devices, and uses the dashboard to inform, rather than for end-user behaviour change.

## Agentis Energy

This system uses clip-on sensors to measure 1- to 3-phase power, and transmits it through 802.15.4, 6LoWPAN to Agentis' servers – these process the information and then make it available on their portal.

## BreezePlay EnviroScope Energy Management Panel

Clip-on current-transformer sensor on breaker panel attached to device communicates using ZigBee to a proprietary touchpanel.

## Cisco EnergyWise

Cisco EnergyWise is a free application that enables Cisco Catalyst switches to manage energy policies of computer components within buildings where they are installed. Software is required on the PCs. Can manage multiple buildings at once.

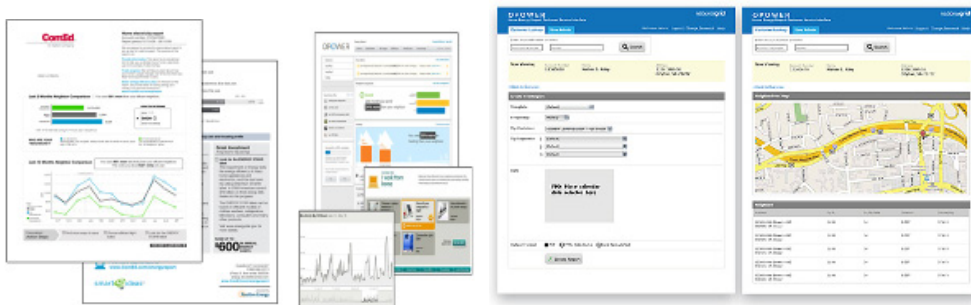
## WattzOn

The website WattzOn is an energy use tracking website. User input their information on their various activities and WattzOn helps the respective user make appropriate behavioural changes.

## GreenPocket

German Start-up Company that provides a web solution, a personalized news letter and apps for iPhone and iPad.

## Opower



Opower (previously Positive Energy) offers analysis tools for social comparison (Oct 2009). Their software collects usage data from smart meters (in Washington State) and perform a statistical regression analysis and add overlying weather patterns to generate useful reports without any devices in the home for the purpose of customer engagement and behavior modification. The generated content includes: printed reports, online „energy efficiency portal” for electricity and heat (dual-fuel capability), as well as a dashboard for customer service representatives to help in conversations with customers. They use the open-source platform for statistics, “R”. Expected results with Xcel energy are 1.5%-3.5% savings for 85% of the population. In a second pilot with Connexus Energy, 2.1% was saved for 40'000 homes (~\$1'000'000). In an interview with GreenTech Media, OPower observes "Energy efficiency is super boring. No one cares about it," and continued: "You have to push the info, no one is going to pull it. You have to deliver outcomes, not just deliver raw data." And in his words, that means that "web portals and in-home displays are not delivering value."

## Agilewaves



Developed by three former NASA engineers, the Resource Monitor is a web-based system that actively monitors electric, gas, water usage – and calculates carbon footprint. Receives information from third-party sources and processes them locally (expensive). This System focuses on apartments and Requires Agilewaves Integration Box and Data Acquisition System. They install the systems for owners of large buildings. They install sensor arrays for smart meters weather and BMS and retrieve the data into a data acquisition server to display it onto various displays.

## Lucid Design Group – Energy Dashboard

Lucid's dashboard displays information using fun, visual elements and can broadcast energy data onto existing social networks (Tweeter, Facebook) in addition to its dashboard, using fun visual elements.

## SilverSpring Greenbox

The Greenbox Energy Service Portal (ESP) retrieves data (ZigBee SEP) and visualizes it onto a software dashboard.

## eMeter Energy Engage

Web-based platform (Web 2.0) that graphs energy consumption, ToU, sends a text message and e-mail when energy use threshold is exceeded, compares energy with neighbours. Analyses rates to provide optimal plan.

## Low Carb Lane TV-based energy dashboard

Low Carb Lane shows energy consumption on the television (UK).

## Per Consumer Submetering Systems

### Plugwise, Tweet-a-watt, digitalSTROM

See Intel Home Energy Console Prototyp und OpenPeak, and digitalSTROM in appendix B.

### Geroco Webnergie

Geroco S.A., a Swiss start-up company, produces the Webnergie system. This system uses wireless Swiss plug-in adapters (PLUG), a special USB key, and a dialogue-based software system (PLAY). The PLUG measures energy, can switch loads up to 16A, and communicates through a Zigbee mesh. Energy (electricity, temperature) measured through the PLUG is rendered in the PLAY cross-platform application on a computer.

Source: Geroco (CH 2009)

### Plogg

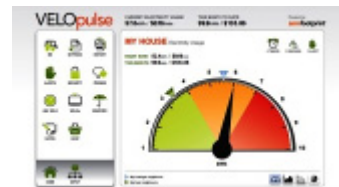
The plogg hardware is a smart plug with load control and data logging over ZigBee or Bluetooth. An Ethernet Access Point can convert data to IP. SDK / API available.



### zerofootprint TALKINGplug

The TalkingPlug is a smart-plug with remote load management and passive RFID reader. Users place an RFID sticker onto the plug of their appliance(s), which are recognized by the plug, and transmitted by 802.15.4 to a gateway, then onto the Internet-based Velo platform for analysis.

Source: zerofootprint (US 2010)



### EnergyHub



| Details 7:32 PM Thu Dec 18 2008 |                   |        |           |               |           |
|---------------------------------|-------------------|--------|-----------|---------------|-----------|
| Switch                          | Appliance         | Room   | Power     | Month to Date | Projected |
|                                 | Window A/C        | Studio | 800.6 W   | \$36.60       | \$63.37   |
|                                 | Refrigerator      | Studio | \$11.8 W  | \$23.01       | \$39.63   |
|                                 | Plasma TV         | Studio | 362.3 W   | \$4.61        | \$7.93    |
|                                 | Incandescent Lamp | Studio | 103.6 W   | \$2.65        | \$4.57    |
|                                 | Cable Box         | Studio | 23.0 W    | \$2.03        | \$3.49    |
|                                 | MacBook           | Studio | \$2.1 W   | \$1.53        | \$2.64    |
|                                 | CFL Lamp          | Studio | 19.2 W    | \$0.50        | \$0.88    |
| Total                           |                   |        | 1,875.6 W | \$71.40       | \$122.97  |

Color display designed to show per-appliance information. The system consists of three components: Dashboard, Socket, Power Strip, and Consumer Web Portal. Both Dashboard and Consumer Web Portal display energy prices and peak demand warnings, send customers energy saving tips, and (automatically) manage demand response events. The system is designed to control residential HVAC, and turn on/off applications. It is planned for pilot deployment in Queens in New York City.

Source: energyhub.net (US)

### Greenwave Reality



Greenwave Reality (2008) is developing a kit of smart-plugs and displays, gateways and LED light-bulbs. In pilot projects, claims customers have seen a 10% cut in energy usage.

## 4Home – EnergyPoint 3200 Appliance and Kit (US)

4Home provides a kit consisting of the EnergyPoint 3200 is a home automation control and monitoring application; and several smart-plugs for appliance measurement and control and programmable thermostat. The appliance connects to the 4Home internet server (allowing subscriptions for software) through the home's broadband box and uploads energy information. The appliance can use I/R, IP, LonWorks, and Z-Wave interfaces to interact with DLNA/HANA-enabled equipment in the home: TV, PC, Phone. The kit provides ability to track power consumption per device and build reports of various formats over time. It also provides rule-based “automatic” demand response in smart appliances.

| Parameter                | Characteristics                                               |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                            |
| Measuring Accuracy       | 100% (utility) or less (energy measurement & control adapter) |
| <b>User Interface</b>    |                                                               |
| Operating System         | Linux 2.4 / 16MB Flash                                        |
| Interaction              | (via TV, TouchScreen, PC, Phone, and other LAN devices)       |
| <b>Information</b>       |                                                               |
| Electricity Energy Usage | Graphed total usage, subscription-based.                      |

## Control4 Energy System

Control4 (est. 2003) is an US company that produces home automation for entertainment, lighting, security and temperature control. The company has recently begun developing EC-100 Energy Controller and WT-100 Wireless Thermostat with the goal of measuring and switching various Control4 devices.



## Compacta SimpleHomeNet series

Compacta International Ltd, of California, USA (2004) manufactures smart plugs / load controllers and web-accessible gateways compliant with the ZigBee Smart Energy Application Profile.

## JetLun Intelligent Management (JIM)

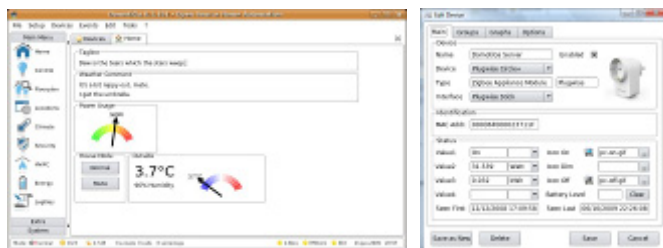
JetLun, of Hong Kong / China (2008) produces ZigBee SEP smart-plugs (110V) and gateways.

## Fujitsu Laboratories power strip



Fujitsu is developing a power strip with measurement and switching (on/off) capability. Measured data is transferred to any computer by the USB port on the side of the strip.

## DomotiGa



DomotiGa is Open Source Home Automation Software from the Netherlands. The server runs on Linux. Plugins are written by a community of home automation enthusiasts for a variety of protocols, including KNX, PlugWise ZigBee, and Z-Wave.

## **Power Economizer**

The Power Economizer, a German company, measures and controls electricity and heat. Electricity is measured with per-outlet devices (220V/16A); they draw power from the outlet, perform processing and measurement per outlet, and communicate over 868MHz radio. For heat, a battery-powered (2xAA) device is placed over the manual radiator knob, replacing it, and allowing the temperature to be changed digitally or via 868MHz AM radio. Additional thermostat allows remote control of the temperature through radio. A gateway connects the radio communications with a high-end computer server (USB, WLAN, IPv6) that uses IIS 6 to provide a web-based Silverlight interface. Windows Embedded is used on the embedded devices.

## **Wi-LEM**

This sub-metering system uses four components to measure power throughout an entire building: (1) submetering clamps that are used to measure active (class 1) and reactive (class 3) power; (2) these are wired to "energy meter nodes" that perform the measurement, and send this measurement through RF (Zigbee) to other nodes; (3) all nodes are connected in a mesh network, with "mesh gateways" acting as repeaters; (4) one special node captures all the messages and transfers them to a computer.

## **Greenlet Technologies (Israel)**

Sub-metering smart-plug system that measures and controls devices through. Web interface.

## **EcoDog (US)**

Sub-metering system that measures circuit-level loads at the breaker panel.

## **iControl - ConnectedLife Energy Management (US)**

Individual or as part of the security system offered by many US companies, this system reads information from ZigBee SEP smart-meter and temperature settings from an iControl Thermostat, and renders them as a tachometer control on a touch-screen computer or smart-phone.

## **LifeWare Energy Management (US)**

Home automation company. Provides energy management products centered around a LifeWare Gateway and LifeWare servers by iPhone, TV, PC, Web.

## **Flukso**

FLUKSO is a web-based community metering application. User installs the FluksoMeter near the fuse box (clamp) or water meter, and the information is pushed to the Flukso website by WiFi. The API is open and the software platform is based on Linux.

## **EnyMate (NL)**

Collects data every minute and uploads it to the EnyMate website to be graphed; works with all meters in the Netherlands.

## Smart Thermostats

### Cooper Power Systems / HoneyWell UtilityPro ZigBee



| Parameter                   | Characteristics                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]             | HWD                                                                                                                                                                                            |
| <b>Accuracy</b>             | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                                             |
| Measuring Sensor            | Directly from meter.                                                                                                                                                                           |
| <b>Communications</b>       |                                                                                                                                                                                                |
| Frequency                   | 2.4GHz (ZigBee SEP)                                                                                                                                                                            |
| Power Supply                | Lithium Battery                                                                                                                                                                                |
| <b>User Interface</b>       |                                                                                                                                                                                                |
| Visual                      | Backlit custom-imprint touch-screen LCD.<br>Single touch-screen display. Pressing Usage button brings up consumption. Arrows change resource. Exit exits the screen.                           |
| Interaction                 |                                                                                                                                                                                                |
| <b>Information</b>          | Current rates, billing information, month-to-date charges, and year-over-year usage comparisons. Tier in upper-left. View message in upper right. Usage displays of energy/gas on main screen. |
| Default Information         |                                                                                                                                                                                                |
| Source: Honeywell (US 2008) |                                                                                                                                                                                                |

### Comverge SuperStat PRO



| Parameter               | Characteristics                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]         | (no data)                                                                                                                                                                               |
| <b>Accuracy</b>         | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                                      |
| Sensor Type             | Directly from meter.                                                                                                                                                                    |
| <b>Communications</b>   |                                                                                                                                                                                         |
| Frequency               | One-way VHF -or- ZigBee SEP (2.4GHz).                                                                                                                                                   |
| Range                   | 40m                                                                                                                                                                                     |
| Power Supply            | Hardwire 24V A/C or "power stealing"                                                                                                                                                    |
| Communication IC        | Ember EM260 SoC (Ember sold 10Mio smart-grid ICs by 2010)                                                                                                                               |
| <b>User Interface</b>   |                                                                                                                                                                                         |
| Visual                  | Backlit LCD capable of numeric, and icon displays.<br>Two buttons (up-down) primarily for temperature.<br>Multiple buttons for settings hidden under lid.                               |
| Interaction             |                                                                                                                                                                                         |
| <b>Information</b>      |                                                                                                                                                                                         |
| Default Information     | Time, Temperature, Day-of-week, Space-heating Mode.                                                                                                                                     |
| Electrical Energy Usage | Energy Use, Tariff, Scheduled Price, Usage, Bill \$, Savings on Bill                                                                                                                    |
| Messaging               | Maximum 6 rotating messages, 5 characters per message.<br>Web programming via web-interface for advanced settings. Determines user's heating preference (120-day). Demand-side managed. |
| Other                   |                                                                                                                                                                                         |
| Source: Comverge        |                                                                                                                                                                                         |

## Tendrill SetPoint/Degree - Smart Energy Thermostat

| Parameter             | Characteristics                                                                              |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]       | (no data)                                                                                    |
| <b>Accuracy</b>       | <b>Electricity</b>                                                                           |
| Measuring Accuracy    | Directly from meter.                                                                         |
| <b>Communications</b> |                                                                                              |
| Frequency             | One-way VHF -or- ZigBee (100mW 2.4GHz).                                                      |
| Power Supply          | Hardwire 24V A/C and 18-month battery backup (uses 0.5mW)                                    |
| <b>User Interface</b> |                                                                                              |
| Visual                | 20-character alphanumeric LCD                                                                |
| Interaction           | Two color LEDs to indicate various events                                                    |
| <b>Information</b>    | Two buttons (up-down) primarily for temperature.                                             |
| Default Information   | Temperature. Real-time cost and environmental impact of raising or lowering temperature      |
| Other                 | Web-based interface to set current temperature and to store historical temperature patterns. |
| Source: Tendril Inc.  |                                                                                              |



## Energate Pioneer and Inspiration – Smart Thermostat

| Parameter                | Characteristics                                                                       |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]          | H115xW95xD15                                                                          |
| <b>Accuracy</b>          | <b>Electricity</b>                                                                    |
| Measuring Sensor         | -                                                                                     |
| <b>User Interface</b>    |                                                                                       |
| Visual                   | Backlit dot-matrix LCD                                                                |
| Interaction              | Two buttons corresponding to the on-screen menu, three for up,down and select.        |
| <b>Information</b>       |                                                                                       |
| Default Information      | Temperature                                                                           |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh and estimated \$: present and cumulative (last month); temperatures set. |
| Cost Estimation          | Temperatures settings for particular rates.                                           |
| Source: Energate Inc     |                                                                                       |



## Dreamwatts

| Parameter                | Characteristics                                                                                                                        |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>User Interface</b>    |                                                                                                                                        |
| Operating System         | Web-based interface to PowerMand server (via Zigbee-to-Internet)                                                                       |
| Interaction              | Two cursor buttons, two selection buttons, three LEDs, one LCD,                                                                        |
| <b>Information</b>       |                                                                                                                                        |
| Electricity Energy Usage | Usage in kWh: present and cumulative (minute, hour, day, month)                                                                        |
| Thermal                  | Weather.com forecast, In-home temperature.                                                                                             |
| Cost                     | 7-day cost in kWh, \$, CO2; with bar graph.                                                                                            |
| Progress                 | Lifetime savings: Power use avoided, \$ saving, carbon, bar-graph comparison to other users, equivalent cost to coffee, car emissions. |
| Source: PowerMand        |                                                                                                                                        |

## EcoFactor

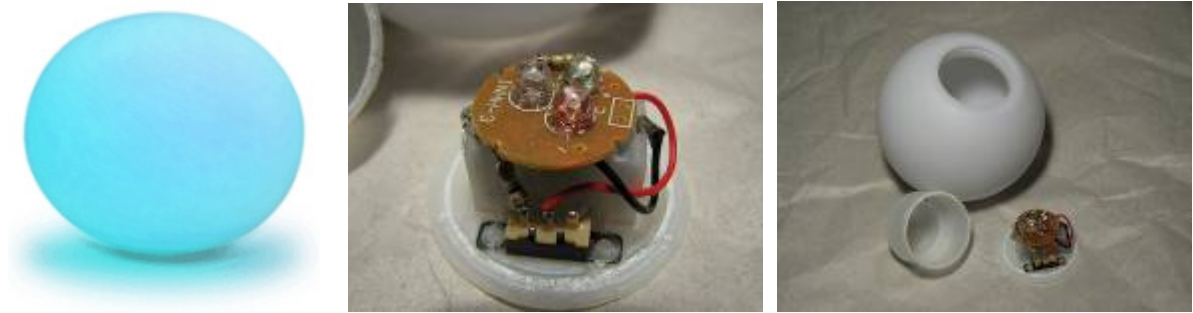
Modifies the thermostat based on user behaviour data and weather data: a “thermal profile” stored on EcoFactor servers. Example: pre-cools the room before power peak. Claims up to 30% savings.

## Computime CTW200 Thermostat

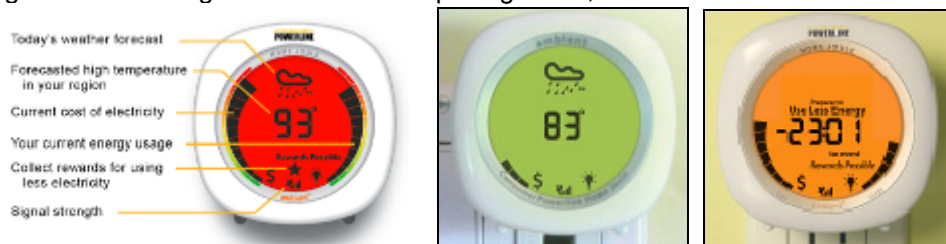
Computime, a Hong Kong company, sells a Zigbee Smart-Energy Profile certified thermostat that displays energy consumption and rate information. An Ember EM250 SoC is used. They use the same technology for an in-home display: CTW300.

## Ambient System Summary

### Ambient Devices - Energy Orb



Based on the concept that current information interfaces are either interruptive or too detailed; and some information requires constant awareness. The concept follows that ambient devices change in form, movement, color, or light and affect pre-attentive processing, and thus they are not as distracting. The orb changes color to show a pricing event; channels are selectable through myambient.com

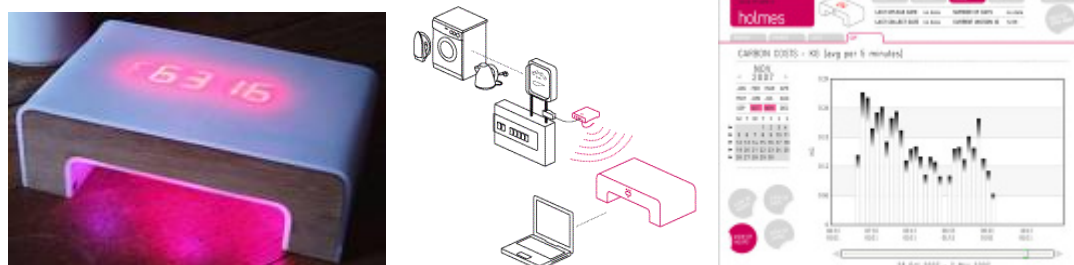


The Energy Joule is a night-light for customers of Consumer Powerline of NYC. Night-light color displays the current pricing period. Central display shows weather, time-to-event-end, instructions, signal-strength, and two graphs. The two graphs indicate the price of electricity (\$ on left) received from the utility, and current energy use (lightbulb on right) received wirelessly from the smart-meter.

| Parameter                   | Characteristics                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]             | (desk orb / sphere) or (plug-in nightlight)                                                                                                                                                                        |
| <b>Accuracy</b>             | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                                                                 |
| Measuring Range             | (does not measure)                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Communications</b>       |                                                                                                                                                                                                                    |
| Protocol & Interface        | MSN Direct – Wireless FM                                                                                                                                                                                           |
| Update Frequency            | 15 minutes for pricing event;                                                                                                                                                                                      |
| Power Supply                | Power cord (power use equivalent to VCR clock)                                                                                                                                                                     |
| <b>User Interface</b>       |                                                                                                                                                                                                                    |
| Visual                      | Orb: Glows blue-red-green by means of LEDs<br>Joule: Night-light backlight glows red-yellow-green.                                                                                                                 |
| Interaction                 | Non-visible button: press device to dim orb.                                                                                                                                                                       |
| <b>Information</b>          |                                                                                                                                                                                                                    |
| Default Information (Orb)   | Status of a Pricing Event (no event, critical pricing, day-ahead warn)<br>Status of a Pricing Event, Outdoor Weather, Time until Event Ends,<br>Graph of cost of electricity, Graph of present energy consumption, |
| Default Information (Joule) | Signal Strength, Rewards (motivation).                                                                                                                                                                             |

Source: Ambient Devices

### Watson



| Parameter               | Characteristics                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensions [mm]         | H170xW105xD55                                                                                                                                                                                     |
| Physical Material       | Outer casing polycarbonate, polypropylene and ABS.                                                                                                                                                |
| <b>Accuracy</b>         | <b>Electricity</b>                                                                                                                                                                                |
| Measuring Range         | 0-12500VA                                                                                                                                                                                         |
| Measuring Accuracy      | 1W                                                                                                                                                                                                |
| Reading frequency       | 3 seconds                                                                                                                                                                                         |
| <b>Communication</b>    |                                                                                                                                                                                                   |
| Frequency               | 433MHz / 30 meter range                                                                                                                                                                           |
| <b>User Interface</b>   |                                                                                                                                                                                                   |
| Visual                  | Numeric LED Display. Three bright organic LEDs from blue to red.                                                                                                                                  |
| Interaction             | Power, select. USB.                                                                                                                                                                               |
| Power Supply            | Rechargeable battery (3 months) (consumes <1W to 5W)                                                                                                                                              |
| <b>Information</b>      |                                                                                                                                                                                                   |
| Electricity Information | Usage in kWh: present and cumulative (28 days).                                                                                                                                                   |
| Cost Information        | Estimated costs over last 28 days.<br>Contains an USB port to download last 28 days of energy data (32KB Flash Memory), and then use in an online community to swap energy-saving hints and tips. |
| Other                   |                                                                                                                                                                                                   |
| Source: Wattson         |                                                                                                                                                                                                   |

## Concept Systems

### Delroy Dennisur “Power Conscience” Concept



array of LEDs form a floral pattern on the front panel. Increased energy use causes it to emit more light – the color depends on usage.

### Concepts at exhibition: So Watt! – L’espace EDF Electra - Paris



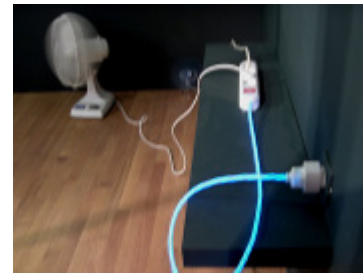
Power adapter with LED pattern that indicates when a device is on standby. The device turns off power to the socket automatically if the button is not pressed.



Power adapter



Consumption Display



Power Aware Cord

## Core77 Greener Gadgets Design Competition



Coin-operated Outlet

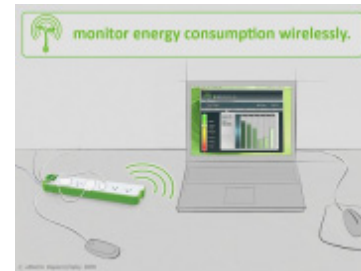


WattBlock disconnects devices when you step on them.



Eco-Neighbuzz

Source: <http://www.core77.com/grenergadgets/index.php>



eMetric monitors energy.



## Carl Smith's Wilting Flower



"A fake flower in a vase that signals when your home energy use is steadily increasing by wilting (in rainbow-hued LED lights)."

## Now.Sprint.Com

The <http://now.sprint.com> website shows many varieties of comparative information.

# Anhang D

## Basismotive des Reissmodells

- Macht (Streben nach Erfolg, Leistung, Führung)
- Unabhängigkeit, Teamorientierung, (Streben nach Freiheit, Autarkie)
- Neugier (Streben nach Wissen und Wahrheit)
- Anerkennung (Streben nach sozialer Akzeptanz, Zugehörigkeit und positivem Selbstwert)
- Ordnung (Streben nach Stabilität, guter Organisation)
- Sparen / Sammeln (Streben nach dem Anhäufen materieller Güter)
- Ehre, Ziel- & Zweckorientierung, (Streben nach Loyalität und charakterlicher Integrität)
- Idealismus (Streben nach sozialer Gerechtigkeit und Fairness)
- Beziehungen (Streben nach Freundschaft, Kameradschaft, Humor)
- Familie (Streben nach eigenen Kindern, Familie)
- Status (Streben nach Reichtum, sozialer Status)
- Rache / Wettkampf (Streben nach Konkurrenz, Kampf, Vergeltung)
- Eros, Schönheit (Streben nach erotischem Leben, Sexualität und Schönheit)
- Essen (Streben nach Essen und Nahrung)
- Körperliche Aktivität (Streben nach Fitness und Bewegung)
- Emotionale Ruhe (Streben nach Entspannung und emotionaler Sicherheit)

## Demografie

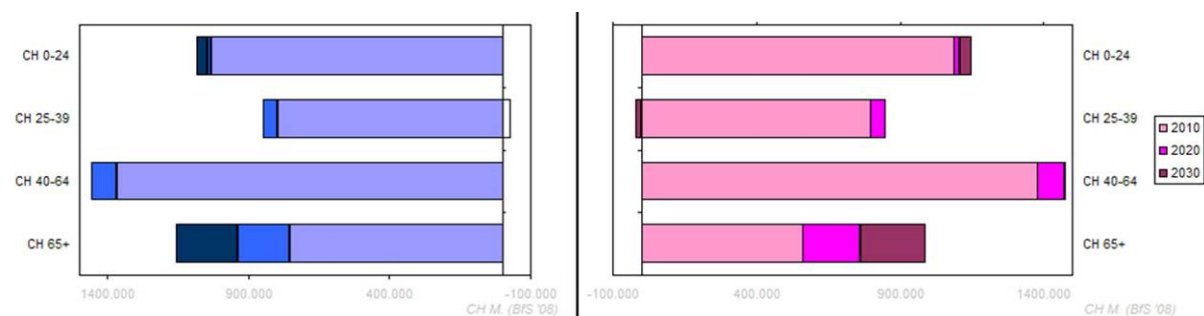
Einige statistische Fakten zur Schweizer Bevölkerung heute (7'725'200 Menschen) und mit Blick auf die Entwicklung in den kommenden Jahrzehnten.

### Altersstruktur

Das Alter beeinflusst viele der oben aufgelisteten Benutzereigenschaften wie z.B. sozialer Status, Wohnform, Einkommen, Behinderung, Technikaffinität oder auch Bewusstsein / Bereitschaft.

Die untenstehenden Grafiken zeigen die Altersverteilung der Schweizer Bevölkerung, wobei diese vergleichbar ist mit anderen Ländern in Westeuropa. Generell sieht man, dass die jüngeren Personen eher männlich, die älteren eher weiblich sind. Beobachtungen:

- **2010:** Die Mehrheit der Bevölkerung (57%) ist erwachsene, arbeitende Bevölkerungsschicht (25-39j, 21%; 40-64j, 35%). Das Durchschnittsalter beträgt rund 41 Jahre.
- **Zukunft:** Das Durchschnittsalter nimmt massiv zu (50+ Jahre). Die oben erwähnte Bevölkerungsschicht nimmt ab, während die Zahl der über 65 Jährigen zunimmt.



**Figur 67: Demographie der Schweizer Bevölkerung**

Neben den altersbedingten Einschränkungen (siehe nächstes Kapitel) erhalten ältere Leute generell Informationen und Unterstützung lieber von anderen Menschen, als über technische Hilfsmittel (Bankschalter etc.).

## Behinderungen

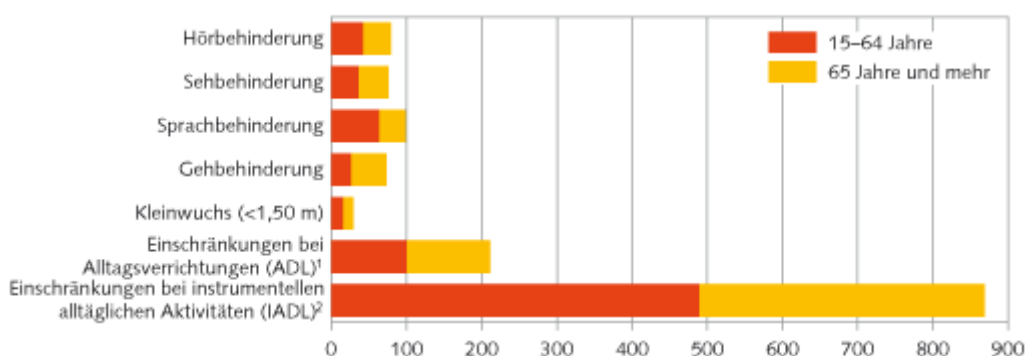
2007 zählte man gemäss der subjektiven Definition, die vom BFS verwendet wird, bei der in Privathaushalten lebenden Bevölkerung rund 865'000 Menschen mit Behinderungen (303'000 mit starken und 562'000 mit leichten Einschränkungen), was 14% der ständigen Wohnbevölkerung entspricht [101].

Wobei der Anteil an Personen mit Hör-, Seh-, Sprach- oder Gehbehinderung sowie kleinwüchsigen Personen liegt häufig unter 1%, wenn ausschliesslich die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter (15- bis 64-Jährige) berücksichtigt wird.

Der grosse Anteil von 14% ergibt sich durch die Hinzunahme von Personen über 65 und Behinderungen die zu Einschränkungen bei grundlegenden Alltagsverrichtungen<sup>15</sup> oder bei instrumentellen alltäglichen Aktivitäten<sup>16</sup> führen. Insgesamt weisen über eine Million Personen in der Schweiz eine Behinderung auf, wobei es sich mehrheitlich um einfache Behinderungen handelt.

### Objektive Behinderungslage 2007

Personen, 15 Jahre und älter, die in einem Privathaushalt leben, in 1000



1 Essen, aufstehen, sich anziehen, zur Toilette gehen, sich waschen.

2 Essen zubereiten, telefonieren, einkaufen, Wäsche waschen, leichte und schwere Hausarbeit machen, sich um Finanzen kümmern, öffentliche Verkehrsmittel benützen.

Quelle: SGB

© BFS

**Figur 68: Personen mit Behinderungen in der Schweiz (Quelle BFS)**

<sup>15</sup> ADL (Activities of Daily Living): essen, aufstehen, sich anziehen, zur Toilette gehen, sich waschen

<sup>16</sup> IADL (Instrumental Activities of Daily Living): Essen zubereiten, telefonieren, einkaufen, Wäsche waschen, leichte und schwere Hausarbeit machen, sich um Finanzen kümmern, öffentliche Verkehrsmittel benützen

Sicherlich sind bei einem MEGA-Design die Einschränkungen von älteren Personen mit einzubeziehen, deren Sicht, Gehör, Kraft und kognitive Fähigkeiten mit fortschreitendem Alter zum Teil massiv abnehmen. Grosse Bedienelemente, kontrastreiches Display, laute deutliche Töne oder Stimmen und gute Zugänglichkeit der Geräte sind sicherlich ein Muss.

Es gibt Erfahrungen aus (Forschungs-)Projekten, die speziell auf das Design von Produkten für ältere Menschen ausgerichtet waren. Viele dieser Erfahrungen sind in Standards und Richtlinien wie z.B. *Design for all*, *Universal design*, *CENELEC Guide 6*, und *ISO 20282* eingeflossen.

## Einkommen und Ausgaben

Das Einkommen beeinflusst natürlich die finanziellen Möglichkeiten, die eine Person hat, in Energiesparmassnahmen zu investieren. Die Bereitschaft etwas zu tun kann bei einem Student grösser sein, als bei einem Familienvater oder einem gutverdienenden Single, aber er wird sich eine Neuanschaffung wohl zweimal überlegen. Selbstverständlich werden auch das Geschäftsmodell, durch das ein Feedbacksystem vertrieben wird, die Anschaffungskosten und die Art der Tipps bestimmen, wie teuer das Energiesparen wird.

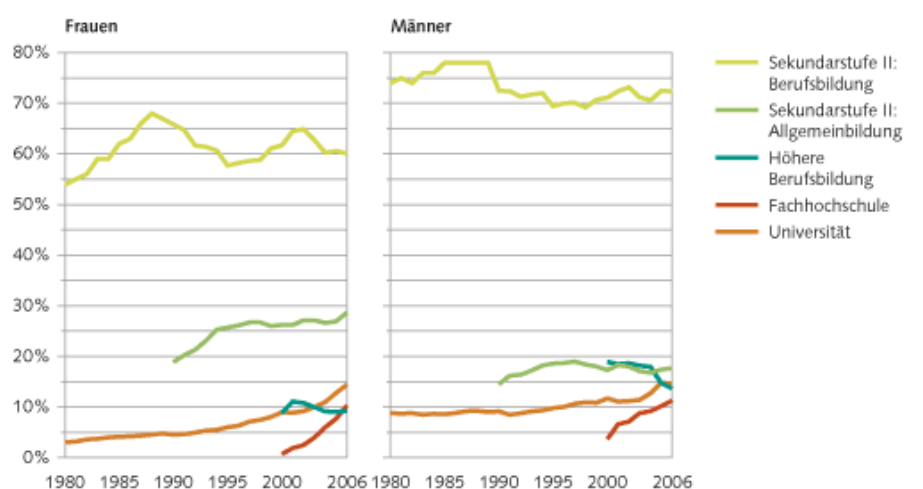
Im Allgemeinen haben die Schweizer eine hohe Kaufkraft und relativ hohe Einkommen (Gini Index 33.7, 2008). Betrachtet man alle Haushalte in der Schweiz [102], so kommt man (inkl. Erwerbseinkommen, Renten, Sozialleistungen) Brutto auf CHF 8'979. Das durchschnittliche monatliche Bruttoeinkommen liegt für Singles bei CHF 6'627 (verfügbar ~ CHF 4'200) und für Paare um CHF 10'700 (verfügbar ~ CHF 7'000).

Rund 27.6% des Bruttoeinkommens gehen weg, für obligatorische Ausgaben (obligatorische Versicherungen und Steuern), womit ein verfügbares Haushaltseinkommen von CHF 6'276 bleibt. Von diesem gehen weitere rund 7% auf Kosten weiterer Versicherungen bzw. Gebühren und ca. 60% entfällt auf Konsumaufgaben. Die Löwenanteile machen hier mit 16% Energie und Wohnen, mit 13.4% Unterhaltung, Erholung, Kultur, Gast- und Beherbergungsstätten, mit 8.3% Verkehr und mit 7.1% Nahrungsmittel und Getränke aus. Am Schluss bleibt ein durchschnittlicher Sparbetrag von ~CHF 600.

## Ausbildung und Beruf

Beeinflussen die Bereitschaft, ein neues Gerät im Haushalt zu akzeptieren und zu verstehen bzw. zu lernen wie es funktioniert. Kann ebenfalls Einfluss auf den Umgang mit Technologie im Allgemeinen und das Bewusstsein für Umweltanliegen haben.

Abschlussquoten auf verschiedenen Schulstufen



Quellen: Erhebung der Bildungsabschlüsse, Statistik des Schöler und Studierenden, ESPOP

© BFS

Figur 69: Abschlussquoten (Quelle BFS)

In der Schule lernt man den Umgang mit Themen wie Umwelt, Energie, Mathematik oder auch das Lesen von Graphen und Diagrammen oder das Interpretieren und Vergleichen von Informationen. Gut ausgebildete Personen erkennen Zusammenhänge schneller und treffen aufgrund dessen bestimmte Entscheidungen für konkrete Handlungen.

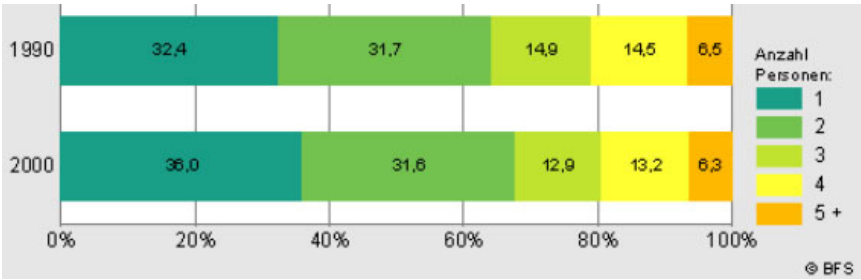
Rund 32% der Schweizer schliessen ein Gymnasium (20%) oder eine Berufsmaturitätsschule (12%) ab. Von diesen besuchen 47% anschliessend eine Institution der tertiären Bildungsstufe (Universität, Hochschule). 26% aller Studenten wählen einen wissenschaftlich-technischen Studiengang (wenig Frauen). 61% aller Haushalte mit einem Studenten haben einen Computer.

Schon in der Grundschule wird häufig Umweltbildung betrieben. Studien aus anderen Ländern zeigen, dass das vermitteln Energiethemen im Unterricht das Umweltverhalten von Schülern wie auch von Eltern nachhaltig beeinflussen kann.

Rund 23% der Bevölkerung benutzt IKT Technologien im Berufsalltag, 5.2% sind IT-Experten. Generell dominieren junge männliche Personen in den technischen Berufsgattungen (85% Männer zwischen 25..54 Jahren). Mehr Informationen zur den verschiedenen Berufsgattungen findet man beim BFS [103].

Haushaltsgrösse und Typen

In der Schweiz gibt es rund 3.32 Mio. Haushalte (Stand 2007). Dabei geht der Trend hin zu kleinen Haushalten und so überwiegen heute die Ein- (36%:2000) und Zweipersonenhaushalte (31.6%:2000).



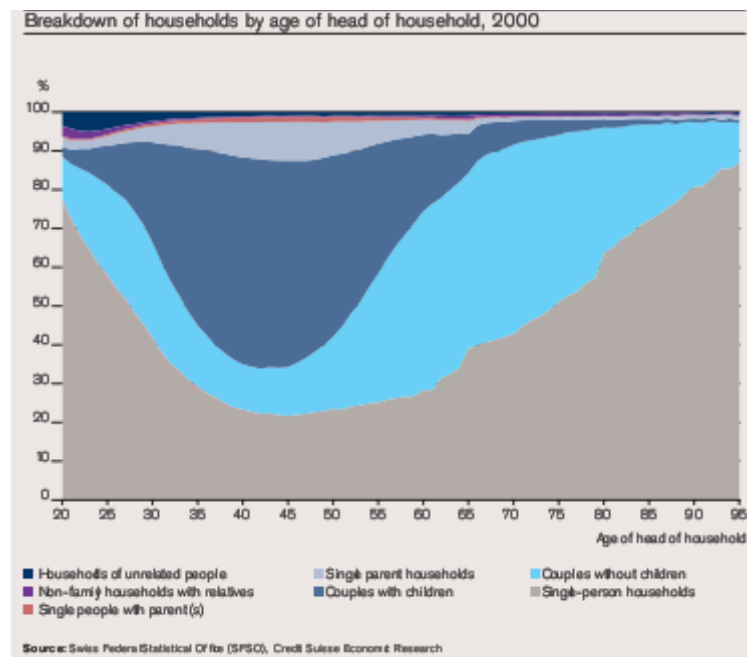
Figur 70: Haushaltsgrösse (Quelle: BFS)

Betrachtet man die Haushaltstypen so zeigt sich in etwa folgendes Bild (Stand 2000):

| Typ                     | Anteil                                                                                       |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einzelpersonenhaushalte | 36%                                                                                          |
| Familienhaushalte       | 62%<br>(Paar allein 26%, Paar mit Kindern 27.5%<br>Elternteil mit Kindern 5%<br>Andere 3.5%) |
| Nichtfamilienhaushalte  | 2%                                                                                           |

Tabelle 29: Haushaltstypen

Interessant ist hier auch die Betrachtung über das Alter hinweg, die in der untenstehenden Abbildung gezeigt wird.



**Figur 71:** Haushaltstypen bezogen auf das Alter

## Gebäude, Wohnungen und Wohnverhältnisse

Im Jahr 2000 gab es in der Schweiz 3'569'181 Wohnungen in 1'377'552 Wohngebäuden. In jeder Wohnung lebten im Durchschnitt 2.3 Personen [104]. Die Anzahl der neu erstellten Wohnungen betrug im Jahr 2007 43'796, für 2009 werden rund 42'000 erwartet. 885'198 Gebäude wurden vor 1970 (327'555 vor 1919!) gebaut und 806'894 der Gebäude wurden bis im Jahr 2000 nicht renoviert.

| Gebäudetyp         | Anteil |
|--------------------|--------|
| Einfamilienhäuser  | 60%    |
| Zweifamilienhäuser | 9.5%   |
| Mehrfamilienhäuser | 16.5%  |
| Andere Wohngebäude | 15%    |

**Tabelle 30:** Gebäudetypen

| Zimmer     | Anteil |
|------------|--------|
| 1-2 Zimmer | 25%    |
| 3-4 Zimmer | 55%    |
| 5+ Zimmer  | 20%    |

**Tabelle 31:** Zimmer in Wohnungen

| Bewohnertyp         | Anteil |
|---------------------|--------|
| Mieter              | 60%    |
| Genossenschafter    | 4%     |
| Stockwerkeigentümer | 8%     |
| Alleineigentümer    | 23%    |
| Miteigentümer       | 4%     |
| Andere              | 1%     |

**Tabelle 32:** Bewohnertyp

Zum gibt es einen Trend in Richtung grössere Wohnungen mit mehr Zimmern und mehr Fläche pro Einwohner und Einpersonenhaushalten. Zum anderen ist die Schweiz ganz klar auch ein Volk von Mietern, was sich auf die Möglichkeiten zur Renovation von Gebäuden oder Ersatz von Geräten oder Einbau von Feedbacksystemen und der damit einhergehenden Effizienzsteigerung als schlecht erweist.

### **Technische Infrastruktur**

Die Schweiz gehört zu den am Besten vernetzten Ländern in Europa. Die meisten Haushalte besitzen einen Fernseher (91%), Mobiltelefone (88%), Computer<sup>17</sup> (77%) und 74% haben einen Internetanschluss.

Nach Angaben des BFS [105] verfügen rund Dreiviertel der Schweizer über einen **Internetanschluss** (60% in Europa). Ungefähr 33% haben einen Breitbandanschluss (8+ Mbps Download) und 63% sind dafür theoretisch ausgerüstet. Man nimmt an, dass bis im Jahre 2015 90+% der Haushalte am Internet hängen wovon 65+% über einen Breitbandanschluss verfügen werden. Die Schweizer geben rund CHF 313 (6%) ihres Budgets für IKT Dienste aus, etwa davon CHF 28 für Breitbandanschlüsse.

Die Leute verwendet das Internet für Instant Messaging (88% der Nutzer), Informationssuche (75%), Reisen (70%), Events (52%), News (50%), eBanking (40%), Shopping (34%) und VoIP Anrufe (12.5%) verwendet. Im Jahr 2006 haben Schweizer für rund 2.47 Mrd. Franken (CHF 325 pro Person) im Internet eingekauft. Was darauf hindeutet, dass man dem Medium und dessen Sicherheit ziemlich vertraut.

Männer verwenden das Internet öfter (79%) als Frauen (62%), grössere Haushalte mit 3+ Bewohner häufiger als Singlehaushalte (54%). Kinder sind ein wichtiger Faktor für den Entscheid zum Internetanschluss. Kinder sind überhaupt die Überträger für moderne Technologien und Schlüsselfiguren bei der Verbreitung neuer Technologien in der Alltagsgesellschaft. Viele verwenden schon in der Schule einen Onlinekalender (31%) und haben Internet im Unterricht (48%).

Auch die Ausbildung ist ein Faktor in der Verwendung des Internet. Bewohner von Haushalten mit Grundausbildung (44%) verwenden Internet weniger häufig als solche mit Sekundarschulausbildung (70.5%) oder einem Tertiärstufenabschluss (85%). Haushalte mit niedrigerem Budget von weniger als CHF 3000 kennen es weniger (32%), als solche mit höherem Budget (68% CHF 5000, 89% CHF 9000+).

**Smart Phones** sind leistungsfähige Mobiltelefone mit grossem Touch-Bildschirm, mit denen man neben Telefonieren im Internet surfen und diverse anderen Dienste ausführen kann. Sie können sich über WiFi oder UMTS auf das Internet verbinden.

In der Schweiz gibt es mehr Mobiltelefonverträge als Personen (8.5 Mio. oder 109%) und rund 88% der Haushalte besitzen ein Mobiltelefon. Das mobile Netzwerk ist wird immer mehr für das Internet benutzt. 1'447'095 Verträge (17.6%) existieren, die es erlauben direkt über das Smart Phone oder ein WAN Modem im Telefon zu surfen. Eines der zurzeit populärsten Telefone ist das iPhone, von dem bereits rund 420'000 (6%) eingelöst wurden (61% Swisscom).

---

<sup>17</sup> Von den Computern sind rund ein Drittel (35%) Laptops.