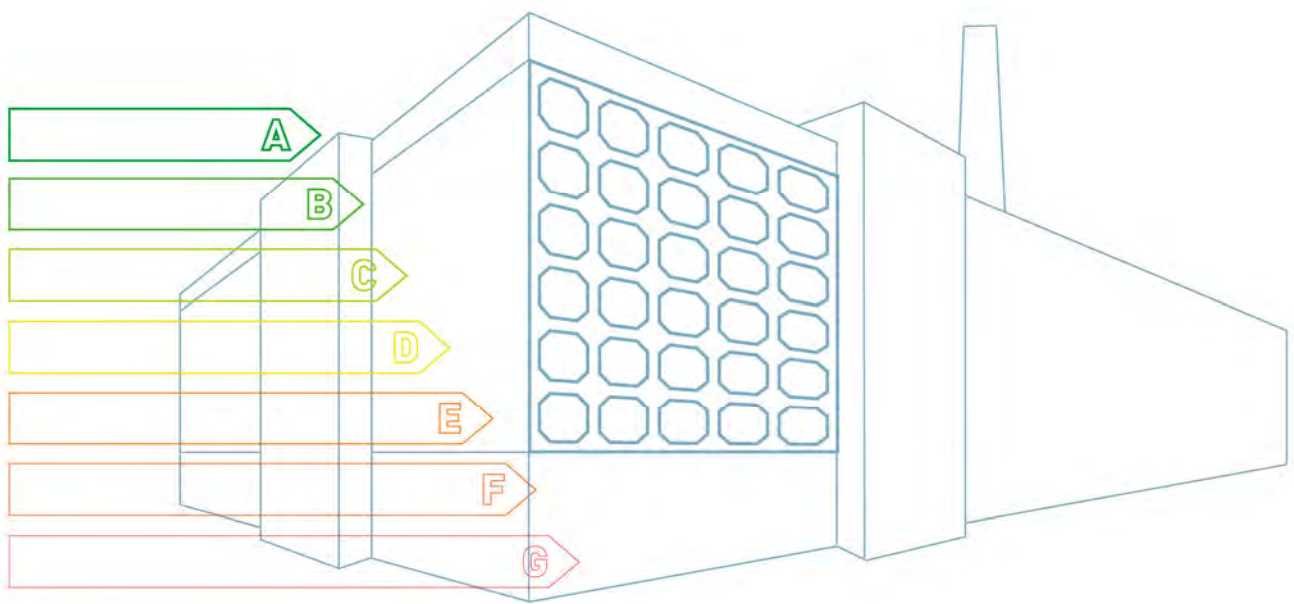




Power Saver

Aktivitätsbasiertes Implizites Energiemanagement



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

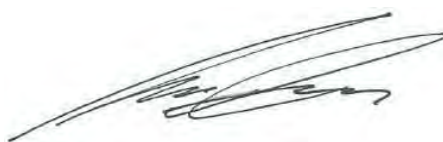
Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG.....	2
ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	6
2 INHALTLICHE DARSTELLUNG.....	8
2.1 ENERGIEEFFIZIENZ.....	8
2.2 AKTIVITÄTSBASIERTE ENERGIEVERBRAUCHSSTEUERUNG	10
2.3 POWERSAVER.....	14
2.4 SYSTEMARCHITEKTUR	15
3 QUALITATIVE ERGEBNISDARSTELLUNG	19
3.1 DATENAUFNAHME (SENSORIK)	19
3.2 STANDARDISIERTE GERÄTEANSTEUERUNG (UPNP)	20
3.3 STEUERUNGSSYSTEM (FRAMEWORK).....	21
3.4 REGELBASIERTE STEUERUNGSLOGIK.....	26
3.5 FELDSTUDIE.....	29
3.6 BENUTZERAKZEPTANZ.....	32
4 ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	33
5 SCHLUSSFOLGERUNGEN	35
6 AUSBLICK UND EMPFEHLUNGEN.....	40
7 LITERATURVERZEICHNIS	42
8 ANHANG.....	43

Kurzfassung

Energieeffizienz ist zu einem Schlagwort der letzten Jahre geworden, nicht zuletzt Aufgrund von politischen Maßnahmen wie dem Aktionsplan für Energieeffizienz der Europäischen Kommission, der eine Reduktion des Energieverbrauches um 20% bis zum Jahr 2020 vorsieht. Schon in den 70er Jahren wurden Versuche angestellt, wie der Energieverbrauch gesenkt werden könnte, etwa mit verbesserten Rückmeldungen über den Verbrauch. Die gängige Praxis einer weitgehend automatisierten monatlichen Abrechnung der Stromkosten führt zu Desinteresse und Ignoranz gegenüber dem Verbrauch einzelner Geräte im Haushalt, bereits Maßnahmen wie täglich zugestellte Information über den Stromverbrauch kann diesen um 5 bis 20 % reduzieren [Far89]. Leider zeigt sich aber, dass eine Verbesserung meist nur kurzfristig eintritt. Es geht eben nicht nur um die Information, sondern vor allem auch um deren Fähigkeit Aufmerksamkeit zu erregen und so zu motivieren [Ster92]. Die elektronische Ausrüstung in Haushalten hat sich seitdem um Generationen weiterentwickelt. Längst ist niemand mehr dazu in der Lage sämtliche Geräte explizit abzuschalten und so Standbyströme zu vermeiden oder den Geschirrspüler um 3 Uhr früh zu starten, um eine bessere Lastverteilung zu erreichen. Die Zahl an Geräten in jedem Haushalt wird in Zukunft rapide weiter wachsen und so eine direkte Steuerung über etablierte (und veraltete) Konzepte wie Knöpfe und Drehregler nahezu unmöglich machen. Stattdessen werden diese Geräte von einer kollektiven Steuerungseinheit zu bedienen sein bzw. versuchen die Wünsche der Benutzer selbstständig vorherzusehen. Genau an diesem Punkt setzt der PowerSaver an. Mittels Algorithmen zur Aktivitätserkennung und einer zentralen Steuerungslogik wird versucht, Geräte in energiesparender Weise einzusetzen, ohne dass der Anwender sich je direkt mit einem Gerät beschäftigen muss. Das System reagiert auf jede Aktivität im Haushalt mit einer entsprechend angepassten Gerätekonfiguration, es wird damit implizit Energie eingespart.

Im PowerSaver Projekt wurden drei wesentliche Ziele verfolgt: (1) Sensoren, Algorithmen und Steuerungssysteme zu identifizieren, die zur Realisierung eines PowerSaver Systems in Frage kommen; (2) Ein Pilot-System zu entwickeln, das alle wesentlichen für ein PowerSaver-System nötigen Funktionen enthält; (3) Mittels eines größeren Feldtests des Pilot-Systems zu belegen, dass implizites Energiesparen mit der entwickelten Technologie möglich ist. In den letzten Jahren wurden in der Activity Recognition Community zahlreiche Alternativen vorgeschlagen, um Aktivitäten in Haushalten zu erkennen, darunter Netzwerke aus IR-Sensoren [Wre06], Kamerasysteme [Turaga08] oder körpergetragene Sensoren [Lom07]. Aufgrund der Informationsfülle, die sich aus der großen Nähe zur untersuchten Person ergibt, wurden für PowerSaver im Besonderen die körpergetragenen Sensoren untersucht, zuallererst Inertialsensoren. Diese sind winzig, extrem energiesparend und bieten hohe Updateraten, lassen sich somit auch hervorragend in oder auf Kleidung anbringen. Mittels eines Schuhprototyps mit mehreren Inertialsensoren konnte demonstriert werden, dass sich einfache Aktivitäten wie *Gehen*, *Sitzen* oder *Stiegen Steigen* recht zuverlässig unterscheiden lassen. Trotz allem erschien die Laufzeit und vor allem Genauigkeit des Ansatzes nicht ausreichend, um die Funktionstüchtigkeit der PowerSaver-Hypothese zuverlässig quantifizieren zu können, weshalb für das Pilot-System schließlich das wesentlich zuverlässigere Ubisense angeschafft wurde. Ubisense ist ein auf Ultra-Wideband (UWB) Pulsen basierendes Lokalisierungssystem mit hoher Präzision sowie einer monatelangen unterbrechungsfreien Laufzeit. In Kooperation mit dem Projektpartner Energie AG konnte daraufhin mit einem umfangreichen Feldtest begonnen werden, mit dem Ziel die Effektivität des PowerSaver Ansatzes zu belegen. Vorgegangen wurde dabei in 2 Schritten: Zuerst

wurden in 15 Haushalten mit 2 – 4 Bewohnern jeweils für 2 Wochen Daten erfasst, anschließend wurde in Simulationen die Funktion des PowerSaver Systems nachgebildet. Es wurde dabei die Position jedes Bewohners auf wenige Zentimeter genau bestimmt, an bis zu 20 Einzelverbrauchern Durchflussmesser angebracht und auch die Gesamtleistung des Haushalts mittels SmartMeter abgegriffen. Nach den Haushaltsstudien wurde noch ein kleinerer Feldtest in einem 5-Personen Büro durchgeführt, wobei hier für 4 Wochen Daten gesammelt werden konnten. Insgesamt entstand eine Datenbank mit über 6 Millionen Positionswerten und 100 Millionen Durchflusswerten. Im Anschluss an die Aufzeichnungsphase erfolgte die Simulation mittels einer regelbasierten PowerSaver Steuerlogik, die aufgrund der spezifischen Anforderungen als Eigenentwicklung entworfen wurde. Dabei abstrahiert das System erst die Rohdaten zu leichter zu verarbeitenden Zuständen. Positionen von Personen in kartesischen Koordinaten werden Verbrauchszonen zugeordnet und Durchflussdaten zu Gerätezuständen wie *An* oder *Aus* transformiert. Ein Satz an Regeln wurde nach einem fest definierten Prozess aus den im Haushalt eingesetzten Geräten erstellt. Mit Hilfe der transformierten Daten, einigen weiteren Informationen, etwa der Uhrzeit, personenbezogene Daten, wie dem Alter von Personen, und natürlich dem Regelsatz ist die Steuerlogik in der Lage, Geräte virtuell abzuschalten oder in Standby zu versetzen, wenn diese nicht benötigt werden. So konnte in der Simulation ein neuer, durch PowerSaver reduzierter Verbrauch für jedes Gerät ermittelt werden.

Das Ergebnis bezieht sich nur auf jenen Bereich der Haushalte, in denen auch Daten erfasst wurden, also etwa 2 Räume und die darin enthaltenen Geräte. In diesem Bereich konnte im Schnitt eine Reduzierung der Leistungsaufnahme um 21,5 Watt bzw. 17 % erreicht werden. Als besonders Effektiv erwies sich der PowerSaver bei Unterhaltungselektronik und Beleuchtung, mit Einsparungswerten jenseits der 50 %. Überraschend war das Ergebnis der Feldstudie im Büro, in dem wir kaum Einsparungen erwartet hatten. Es befanden sich nur wenige Geräte wie PCs im Raum, die üblicherweise auch nur während der Arbeitszeiten laufen und dabei auch nicht abgeschaltet werden dürfen. Dennoch konnten im Schnitt 36,5 Watt bzw. 28 % an Leistung eingespart werden, insbesondere bei den Monitoren, bei denen wieder eine Einsparung von über 50 % zu erreichen war. Neben der PowerSaver-Simulation wurde auch ein Demonstrator entwickelt, der tatsächlich in Echtzeit auf Veränderungen der Umgebung reagiert. Ein Aufbau im Labor des Instituts für Pervasive Computing mit Geräten, die typischerweise in einem Haushalt anzutreffen sind, etwa Kaffeemaschine, Mediacenter oder diverse Lampen, wird durch dasselbe regelbasierte Steuersystem gelenkt. Zur Ansteuerung der Geräte wird ein UPnP Interface eingesetzt, das an den Endpunkten mit drahtlosen Schaltsteckern arbeitet. Sofern ein Gerät dies unterstützt, wie etwa das Mediacenter, kann dieses auch direkt über UPnP angesteuert werden.

Alle Ergebnisse des Projekts belegen eines ganz hervorragend: Implizites Energiesparen ist möglich und erreicht eine brauchbare Reduktion der Leistungsaufnahme. Aufbauend auf diesen Resultaten ist es nötig, spezialisierte Hard- und Softwarelösungen zu entwickeln, die sich als praxistaugliches Produkt verwerten lassen. Algorithmen und Regelsysteme sind zu verfeinern und einfachere Bedienungskonzepte zu erarbeiten. Als letzter Abschnitt des Smart-Grids, sozusagen als Finger in den Haushalten, sind auch Schnittstellen zu den Energieversorgern zu finden und es ist festzulegen, welche Informationen bis wohin übertragen werden dürfen, ohne zu weit in die Privatsphäre von Individuen einzugreifen.

Abstract

Energy efficiency has gained significant interest during the last years, especially through the energy efficiency plan of the European Commission COM2006(545), which predicts a possible reduction of energy of 20% until the year 2020, without a reduction in quality of life or economic strength. Already in the nineteenseventies, a reduction of energy consumption was the goal of several experiments, which resulted among others in an increased feedback for the user, how much energy he is consuming. However, nowadays the automated process of billing and payment of the consumed energy removes this feedback to a minimum, although daily information on the energy consumption can lead to a decrease of 5-20% [Far89]. Unfortunately, this decrease is only temporary, as the information on the consumption alone is not enough for the user, as continuous motivation to preserve energy is necessary [Ster92].

Electronic equipment in the household has been improved ever since, and has changed significantly since 1970. Additional, so called stand-by modes have been implemented, to reduce the energy consumption to a small amount, while the device is kept in a state where it is instantly available for further usage if needed. Unfortunately, as have different user studies shown, the availability of such modes have resulted in the fact that devices are no longer turned totally off, causing high stand-by losses. In the PowerSaver project, we have addressed these losses, and demonstrate a way how these losses can be circumvented without reducing the comfort of the user, or rely on explicit user interaction.

Three goals defined by the project were fulfilled accordingly: (1) the usage of sensors, actuators and the development of a background intelligence, which draws information about the user's context and activity from the sensors, and generates commands to switch devices into standby modes or disconnect them from the power line by so called actuators; (2) the implementation of the first goal into a working prototype system, which can be evaluated in real life households for empirical underpinning of the PowerSaver Technology, and (3) the utilization of this prototype in 15 domestic households in Upper Austria, and the statistical evaluation of the collected data.

The result of the development of the background intelligence is a rule-based reasoning engine, which takes into account (1) the current position of a user within the household, (2) the activity of this person, (3) the measured power consumption of all devices within the household as well as the total consumption and eventually (4) the current state of the devices in the household (i.e. device is in use, device is in stand-by, device is turned off etc.). The user position and activity is gathered from a wrist worn sensor platform, a digital watch with a micro-controller and RF technology in the final project state. Power consumption data is measured by smart wall-sockets, which are able to measure the voltage and current and transmit the data wireless to the background intelligence. These smart wall-sockets are equipped with a switch too, which enables them to disconnect a device entirely from the electric power supply. Thus these wall-sockets combine sensor and actuator technology into a single package, but a separation of these components is valid as well.

The collected data of the case study, executed in the second half of the project, together with individual rule-sets for each household utilized by the rule-based reasoning engine of the background intelligence, resulted in an average 17% energy saving potential for a household when utilizing the PowerSaver technology.

1 Einleitung

Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung für dieses Projekt ergibt sich grundsätzlich aus der Erklärung innerhalb des Aktionsplans für Energieeffizienz der Europäischen Kommission COM(2006)545 in dem eine Reduktion des Energieverbrauches um 20 % bis 2020 vorgegeben und für möglich erachtet wird. Des Weiteren wird im nationalen Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich (gem. EU Richtlinie 2006/32/EG) die „Entwicklung und Nutzung energieeffizienter Geräte und Lösungen“ vorgegeben, wodurch die vordergründige Aufgabe der Entwicklung und Bereitstellung von energiesparenden und –effizienten Lösungen bereits umrissen ist. Im Speziellen, ausgehend von den Themenfeldern innerhalb der 1. Ausschreibung des Forschungs- und Technologieprogramms „Neue Energien 2020“ sind in diesem Projekt der Themenschwerpunkt „Energie und Endverbraucher“ und davon abgeleitet technische Lösungen und deren Einsatz in einem praktischen Umfeld intensiv behandelt worden.

Schwerpunkte des Projektes

Aus der oben angeführten Aufgabenstellung wurden deshalb folgende Themen schwerpunktmäßig erarbeitet:

- Neue Basistechnologien und Komponenten
- Energiebedarf und Lebensstile in den nächsten Jahrzehnten
- Effizienzsteigerung von Produkten und Systemen
- Alternative Ressourcennutzung und neue Funktionsprinzipien für Endverbrauchsgeräte
- Visionäre Konzepte und Systemlösungen

Einordnung in das Programm

Die im Projekt behandelten Themenfelder inkludieren im Besonderen Energie und Endverbraucher sowie Foresight und strategieunterstützende Querschnittsfragen. Dabei wurden folgende Zielsetzungen im Speziellen behandelt:

- **Energiestrategische Ziele**

Im Allgemeinen bestehen die primären energiestrategischen Ziele aus der Umsetzung von ökologischer Energieeffizienz sowie der ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit der präsentierten Lösung. Im Besonderen wurde zu Beginn des Projektes eine Reduktion des Energiebedarfs durch die implizite Steuerung von Verbrauchern von 12,5 % erwartet. In den innerhalb des Projektes durchgeführten Studien konnte eine durchschnittliche Bedarfsreduktion von 17 % erarbeitet werden, wobei einzelne Systemkomponenten einer weiteren Optimierung unterzogen werden müssen sowie in folgenden Arbeiten alle Wohnbereiche Berücksichtigung finden müssen, wodurch sich dieser Wert sogar noch verbessern kann.

- **Systembezogene Ziele**

Bei den systembezogenen Zielen stand die Entwicklung intelligenter und robuster Energiesysteme wie auch die einfache Integration einer Vielfalt von verfügbaren Technologien im Vordergrund. Dies wurde vor allem durch die Umsetzung einer dezidierten Regellogik sowie eines generischen Ansatzes zur Integration vieler unterschiedlicher Energieverbraucher realisiert. Die Anbindung anderer Energieträger ist somit automatisch vorgegeben da hierfür dieselbe Schnittstelle verwendet werden kann als für die Ansteuerung verschiedener Energieverbraucher. Es ist lediglich eine entsprechende Treiberkomponente hinzuzufügen, welche die Spezifika des entsprechenden Energieträgers abbildet. Die gewünschte Signal- und Hebelwirkung hat sich in den Haushalten, in denen die Feldstudie umgesetzt wurde, auf alle Fälle eingestellt (siehe Kapitel Feldstudie sowie. soz.-wiss. Bericht) und wird sich erwartungsgemäß in einem größeren Umfeld einstellen, da eine großflächige Ausbringung der Studienergebnisse angestrebt wird. Durch entsprechende Verwertungsmaßnahmen soll darüber hinaus noch ein größeres Publikum für die Ergebnisse des Projektes begeistert werden.

- **Technologiestrategische Ziele**

Technologiestrategische Ziele für erhöhte Wettbewerbsfähigkeit durch eine verbesserte Ressourceneffizienz wurden dahingehend erreicht, dass durch die Abarbeitung der Projekthinhalte innerhalb des Partnerkonsortiums eine Vorreiterrolle für den wissenschaftlichen genauso wie für den wirtschaftlichen Partner erreicht werden konnte indem Themen behandelt wurden, die in dieser Form von keiner vergleichbaren Organisation aufgegriffen wurden und einen nachhaltigen Lösungsansatz bieten. Die Verstärkung von internationalen Kooperationen und der Aufbau einer internationalen Führungsrolle wurde angestoßen und wird in anschließenden, auf diesem Projekt aufbauenden Arbeiten vertieft, vor allem bei den Schnittstellen zum Smart Meter, wo strategische Kooperationen zu international tätigen Unternehmen angestoßen werden konnten.

2 Inhaltliche Darstellung

2.1 Energieeffizienz

Ausgehend vom Aktionsplan für Energieeffizienz der Europäischen Kommission COM(2006)545 [Com06] soll eine Reduktion des Energieverbrauches um 20% bis zum Jahr 2020 erreicht werden. Dazu werden mehrere Maßnahmen verfolgt, wie die Verbesserung der Energieeffizienz und Energieumwandlung, die Begrenzung des Energieverbrauchs im Verkehr, der Bereitstellung von Finanzierung und Anreizsystemen sowie eine entsprechende Energiepreispolitik, die Änderung des Umgangs mit Energie und die Anpassung und Entwicklung internationaler Partnerschaften, um gemeinsame Projekte zur Energieeffizienzsteigerung zu etablieren. Diese Zielsetzung wird in der gesamten Innovationskette von der Forschung bis zum Markt verfolgt, sodass Forschungsprojekte konsequent bis zur Umsetzung gelangen, um die Nachhaltigkeit und den Erfolg der geplanten Zielsetzung zu sichern.

Im hier durchgeführten Projekt PowerSaver wurden Modelle und Methoden entwickelt und implementiert um personenbezogene, implizite und nachhaltige Energieverbrauchssteuerung im häuslichen Umfeld anzubieten, welche dazu führt, dass mögliche Einsparpotentiale von Energieverbrauchern umgesetzt werden ohne das gewohnte Benutzerverhalten verändern oder anpassen zu müssen bzw. Nachteile in Bezug auf gewohnten Bedienkomfort hinzunehmen. In Zusammenarbeit mit einem der größten im österreichischen Raum regional tätigen Energieversorger wurden umfangreiche Feldstudien durchgeführt, um entwickelte Konzepte und Modelle in der Praxis zu evaluieren und deren Tauglichkeit im täglichen Umgang mit einem entsprechend umgesetzten System zu erproben. Dadurch konnten wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, welche einerseits dazu dienen die Qualität der bisher erarbeiteten Lösungen zu beurteilen und andererseits wichtige Aufschlüsse liefern, um die Entwicklung von personenbezogenen, impliziten Energiemanagementsystemen abschätzen zu können.

Mittlerweile ist es bei einem großen Teil von elektrischen Geräten üblich, dass sie jederzeit verfügbar sein können, wenn dies vom Benutzer gewünscht wird. Aus der Sicht des Endkunden stellt dies natürlich eine erhöhte Benutzerfreundlichkeit dar, mit dem Nachteil, dass dadurch auch hohe Stand-By Verluste in Kauf genommen werden müssen, da die einzelnen Geräte sich in einem ständigen Bereitschaftsmodus befinden, der einen mehr oder weniger hohen Stromverbrauch nach sich zieht. Die Annahme im Projekt PowerSaver ist nun, dass durch eine automatische und vollständige Trennung einzelner Verbraucher von der Energieversorgung diese Stand-By Verluste reduziert und im besten Fall vermieden werden können, ohne dabei zusätzliche Anforderungen an den Benutzer stellen zu müssen und das elektrische System in einer Form verwendet werden kann, wie es bereits bisher der Fall war. Wie in weiterer Folge im Detail erläutert, ist es gelungen Ansätze zu skizzieren und umzusetzen durch deren Anwendung Stand-By Verluste reduziert werden können und eine nachhaltige, effizientere Energiebedarfssteuerung umzusetzen, ohne dadurch Einschränkungen in der Systembedienung einführen zu müssen.

Um eine aktive benutzerbezogene Energieverbrauchssteuerung umzusetzen, ist es primär notwendig den Benutzer sowie zu steuernde Geräte in der Umgebung zu erfassen und entsprechend aktueller Zustände und Aktivitäten zu steuern. Im vorliegenden Fall wurden dafür ausgesuchte Bereiche innerhalb der Wohnumgebung von Benutzern erfasst, wobei in den meisten Fällen Hauptwohnbereiche wie Küche oder Wohnzimmer berücksichtigt wurden, da diese Umgebungen die

größte Anzahl an Aktivitäten sowie möglichen Einsparpotentialen bieten. Eine flächendeckende Berücksichtigung wurde nicht in Erwägung gezogen, da dafür einerseits die Kosten den gegebenen Rahmen überstiegen hätten sowie das zusätzliche Potential geringer ausfällt als in den berücksichtigten Räumlichkeiten (vgl. Kühlgerät, welches sich den ganzen Tag über in ständigem Aktivzustand befindet bzw. wenn während der Nachtruhe im Schlafzimmer ohnehin kein Verbraucher aktiv ist).

Um den benutzer- und geräteabhängigen Energieverbrauch erfassen und kontrollieren zu können wurde der beobachtete Bereich in sog. „Energieverbrauchszonen“ (*Symbolic Locations*) eingeteilt, welche mit ausgeführten Aktivitäten und dabei verwendeten elektrischen Geräten in direktem Zusammenhang stehen. Für diesen Zweck wurde eine Darstellung, wie in Abbildung 1 ersichtlich, erstellt wo spezifische Zonen in allgemeinere eingebettet sind. Zusätzlich werden elektrische Geräte entsprechend ihres physischen Aufstellungsortes den Zonen zugeordnet. Unter Verwendung eines später detailliert erläuterten Positionserfassungssystem kann nun die Präsenz eines Benutzers innerhalb dieser Zonen jederzeit festgestellt werden und bereits aufgrund dieser Information eine entsprechende Gerätesteuerung angestoßen werden.



Abbildung 1: Energieverbrauchszonen

Die durchgeführten Aktivitäten von Benutzern können ebenfalls aus den Positionsdaten abgeleitet werden, da entsprechend der jeweiligen Zone nur mehr eine bestimmte, überschaubare Anzahl an Aktivitäten pro Zone in Frage kommen, welche dort ausgeführt werden. Zusätzlich wurden noch Energieverbrauchsmessungen für einzelne Geräte durchgeführt, wodurch die aktuell ausgeführte Aktivität noch detaillierter spezifiziert werden kann. Steigt beispielsweise der Energieverbrauch einer Espressomaschine sprunghaft an, kann davon ausgegangen werden, dass ein Benutzer unter anderem mit der Zubereitung von Kaffee beschäftigt ist. Durch die zusätzliche Anwendung von benutzergetragenen Inertialsensoren kann die Erkennung von Benutzeraktivitäten noch weiter verfeinert werden, wodurch die implizite Gerätesteuerung bedarfsangepasst erfolgen kann.

Durch die gegebenen Anforderungen und umgebungsbedingten Eigenschaften ist ein entsprechendes Modell mit mehreren Herausforderungen konfrontiert. Es war notwendig exakte Konventionen festzulegen, wie eingebettete bzw. überlappende Energieverbrauchszonen zu behandeln sind, welche Automatismen bei der gleichzeitigen Präsenz von mehreren Benutzern innerhalb einzelner Zonen ausgeführt werden, aber auch wie das generelle Verhalten von Benutzern zu einer automatischen Anpassung der Gerätesteuerung verwendet wird. Beispielsweise werden einzelne Gewohnheiten von

Benutzern über einen längeren Beobachtungszeitraum bereits aufgrund der erfassten Präsenzen bestimmt, welche in weiterer Folge dazu verwendet werden, die bedarfsangepasste Gerätesteuerung abhängig von den abgeleiteten Gewohnheiten einzustellen. Beispielsweise stellt die Grafik in Abbildung 2 die durchschnittliche Verweildauer in einer Esszimmerzone von 0 bis 24 Uhr wochentags sowie am Wochenende dar.

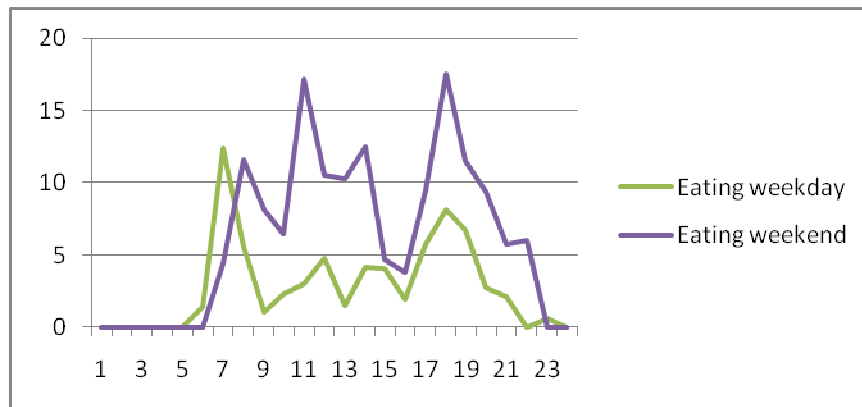


Abbildung 2: Durchschnittliche Verweildauer in Esszimmerzone

Dabei wird angegeben wie viele Sekunden einer vollen Stunde eine Person sich in der entsprechenden Zone befindet. Die abgebildete Grafik setzt sich aus dem Durchschnitt aller im Haushalt lebenden Personen zusammen und ist deshalb nicht direkt für die automatische Verarbeitung verwendbar, bietet jedoch die benötigten Anhaltspunkte für eine intuitive Bewertung. Innerhalb des Systems werden diese Daten jeweils auf einzelne Person bezogen ausgewertet, wodurch diese Auswertungen einer exakten Repräsentation entsprechen. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass beispielsweise die Esszimmerzone am Wochenende im Durchschnitt um eine Stunde später als Wochentags aufgesucht wird und die Verweildauer am Wochenende ebenfalls durchwegs höher ist. Dadurch stellt sich das System darauf ein entsprechende Energieverbraucher am Wochenende erst später in einen Bereitschaftsmodus zu versetzen, wodurch hier ein weiteres Sparpotential ausgeschöpft wird. Die höhere Verweildauer am Wochenende ist ein Hinweis darauf, dass in anderen Zonen die Verweildauer entsprechend niedriger ist, weshalb in den anderen Zonen die elektrischen Verbraucher wiederum in einen abgeschalteten bzw. Bereitschaftszustand versetzt werden können.

2.2 Aktivitätsbasierte Energieverbrauchssteuerung

Für die implizite Steuerung des Energieverbrauchs ausgehend von erfassten und abgeleiteten Benutzeraktivitäten in gewohnten Haushaltsumgebungen bedarf es eines Systems, welches unaufdringlich die in der beobachteten Umgebung auftretenden Aktivitäten durch geeignete Sensoren erfasst und in weiterer Folge entsprechende Aktionen in einer Form auslöst, sodass der tägliche Energiebedarf abnimmt, obwohl die Art der Systembenutzung sich nicht ändert bzw. vereinfacht wird. Es ist dabei notwendig einige Aspekte zu berücksichtigen, um energieeffiziente Lösungen umzusetzen:

- Die Erkennung einer Aktivität bzw. einer Menge von Aktivitäten, welche die Steuerung eines Energieverbrauchers betreffen darf, keinen erhöhten Verbrauch elektrischer Energie nach sich ziehen, in der Form, dass durch Aktivitätserkennung und in weiterer Folge impliziter Steuerung mehr Energie aufgewandt werden muss, als Verbraucher explizit und ohne den Einsatz des hier angeführten Systems bedient werden.
- Das System muss in einer Form umgesetzt sein, dass keine zusätzlichen Einschränkungen durch die Anwendung des Systems für den Benutzer entstehen. Das bedeutet, dass in der Umgebung eingebettete Sensoren im besten Falle für den Benutzer unsichtbar ihre Tätigkeiten verrichten.
- Sicherheitsaspekte des Systems müssen jederzeit berücksichtigt und erfüllt werden: Durch die Automatisierung des Schaltverhaltens des Energieversorgungssystems innerhalb eines Haushaltsbereiches und des impliziten Wechsels des Verbrauchszustandes kann es in Fehlerfällen zu unvorhergesehenen Schaltvorgängen mit ungewissen Folgeerscheinungen kommen. Solche Ausnahmezustände müssen unter allen Umständen vermieden werden, damit dadurch keine Beeinträchtigungen in der Bedienbarkeit sowie negative Auswirkungen für den Benutzer entstehen.

Für die automatische Aktivitätserkennung ist es erforderlich geeignete Komponenten einzusetzen, um entsprechende Umgebungsinformationen erfassen zu können und Benutzeraktivitäten abzuleiten, welche für eine implizite Gerätesteuerung herangezogen werden können. Die schematische Darstellung in der folgenden Abbildung gibt einen Überblick über die Komponenten die erforderlich sind um die gegebenen Anforderungen zu erfüllen.

- Aktivitätserfassung: Benutzergetragene oder in der Umgebung integrierte Sensoreinheiten zur Erfassung der aktuellen Benutzeraktivität.
- Kontexterkenkung: Einzelne Aktivitäten und andere in der Umgebung beobachtbare Gegebenheiten (z.B. aktueller Stromverbrauch) werden zu einem komplexen Modell zusammengefasst, welches in weiterer Folge verwendet wird, um genaue Aussagen über den aktuellen Umgebungs- und Systemzustand treffen zu können, um vollständige Eingangsinformation für darauf aufbauende Komponenten verfügbar zu machen.
- Hintergrundintelligenz/Kontextframework: Aufbauend auf der Aktivitätserfassung und der Kontexterkenkung wird hier ein softwaretechnisches Modell erstellt, das die vollständige Information über alle Systemkomponenten sowie deren Beziehungen herstellt, entsprechende Systemzustände verwaltet, gegebenenfalls speichert und allfällige darauf aufbauende Aktionen setzt.
- Kommunikation: Bewerkstelligt Austausch von Nachrichten und Information zwischen verschiedenen Komponenten.
- Endgeräte/Energieverbraucher: Physische Einheiten, welche für ihren Betrieb elektrische Energie benötigen.
- Kontrolleinheiten: Sind entweder bereits direkt in ein Endgerät inkludiert bzw. werden über entsprechend adaptierte Zusatzgeräte dem Endgerät vorgeschaltet. Verursachen zusätzlichen, minimalen Energieverbrauch.



Abbildung 3: Darstellung des Konzeptes inkl. Legende



In einem ersten Ansatz wird dafür die Präsenz und die exakte Position eines Benutzers innerhalb eines bestimmten Bereiches herangezogen. Dafür wird der beobachtete Bereich in sogenannte *Energieverbrauchszone* (*Symbolic Locations*) eingeteilt, die entsprechend den Standorten von elektrischen Verbrauchern (z.B. Küchenzeile, Fernsehecke, ...) sowie den vorwiegenden Aufenthaltsorten einzelner Benutzer (z.B. Wohnzimmercouch, Esstisch, ...) eingeteilt werden. Diese Einteilung erfolgt individuell und ist je nach Installation unterschiedlich. Wenn der Aufenthaltsort eines Benutzers innerhalb des erfassten Bereiches bestimmt ist, kann bereits eine erste Abschätzung getroffen werden, welche potentiellen Tätigkeiten und Aktivitäten an diesem Ort ausgeführt werden können. So werden mit hoher Wahrscheinlichkeit innerhalb einer Küchenzone Tätigkeiten durchgeführt, die mit der Zubereitung von Essen oder der Reinigung diverser Küchenutensilien zu tun haben, während in einem Wohnzimmerbereich eher Aktivitäten mit Bezug zu häuslicher Freizeitgestaltung auftreten werden. Um eine exakte Erfassung einzelner Benutzer, deren Aufenthaltsort sowie deren Tätigkeiten und Aktivitäten zu ermöglichen, ist es notwendig, Benutzer mit Sensoren auszustatten, um diese Anforderungen abdecken zu können. Um diesen Aufwand so gering wie möglich zu gestalten, wurden Sensoren ausgewählt, die sich ähnlich einer Armbanduhr bzw. in einer Armbanduhr integriert am Handgelenk von Benutzern befestigen lassen.

Um eine genauere Einschätzung von Benutzeraktivitäten zu erhalten, kann der Energieverbrauch von Endgeräten herangezogen werden, wobei bei einem spontanen Anstieg der Energielast an einem Endgerät davon ausgegangen werden kann, dass ein Benutzer aktuell ein solches Gerät bedient. Im Rahmen der im Projekt durchgeführten Feldstudie wurden vom Projektpartner Energiemessungen durchgeführt, die einerseits den Gesamtverbrauch eines Haushalts über einen SmartMeter ermitteln und andererseits den Energieverbrauch einzelner Endgeräte durch die Anwendung von funkbasierten Durchflusszählern feststellen. Diese Energiemessungen können nun herangezogen werden, um sie im Zusammenhang mit den erfassten Positionsdaten einer erweiterten Aktivitätserkennung zuzuführen. So kann beispielsweise ermittelt werden, dass wenn ein Energieanstieg bei einer im Haushalt befindlichen Kaffeemaschine festgestellt wird und sich ein Benutzer innerhalb der Zone um dieses Gerät befindet, der Benutzer mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit mit der Zubereitung eines Heißgetränkes beschäftigt ist.

In einem erweiterten Ansatz können die benutzergetragenen Sensoren mit weiteren Sensorelementen wie beispielsweise einem Accelerometer oder einem Gyrometer ausgestattet werden, wodurch eine weitere Erhöhung der Anzahl der erkannten Aktivitäten sowie der Genauigkeit erreicht werden kann. So können gleichzeitig ausgeführte Aktivitäten (z.B. Benutzer liest oder schreibt während der Kaffeezubereitung) genauso wie komplexe, zusammengesetzte Tätigkeiten von u. U. Gruppen von Personen (z.B. Tischsituationen beim Essen) beobachtet werden, die entsprechend berücksichtigt werden müssen, um einerseits Benutzern den größtmöglichen Gestaltungsspielraum bei damit einhergehender energieeffizienter Verwendung von Endgeräten zu ermöglichen

Dadurch ergeben sich drei aufeinander aufbauende Ansätze zur Aktivitätserkennung:

1. Grobe Aktivitätseinschätzung durch Feststellen der Benutzerposition.
2. Erste Ausbaustufe durch Miteinbeziehen des zeitabhängigen Energieverbrauchs, um die explizite Interaktion mit Endgeräten zu bestimmen.
3. Zweite Ausbaustufe durch Einsatz körpergetragener Sensoren wie z.B. Accelerometer oder Gyrometer. Dadurch kann bereits eine große Menge an Aktivitäten mit energierelevantem Zusammenhang erkannt werden.

Bei den Arten der Interaktion zwischen Benutzern und Geräten unterscheidet man zwischen expliziter und impliziter Interaktion. Während bei der expliziten Interaktion der Benutzer aktiv gefordert ist entsprechende Aktionen auszuführen, um Geräte in verschiedene Energieverbrauchsmodi zu versetzen, werden beobachtete, implizite Interaktionen verwendet, um automatisch und zeitgerecht den Einschaltzustand von Geräten zu bestimmen, in Abhängigkeit von durch Benutzer ausgeführte und erkannte Aktivitäten. Beispielsweise ist die Programmwahl auf einer TV Fernbedienung der expliziten Interaktion zuzuordnen, wohingegen die automatische An- und Abschaltung des Lichtes bei Betreten und Verlassen eines Raumes zur impliziten Interaktion gerechnet wird.

Um nun implizite Interaktion in einer komfortablen für den Benutzer intuitiven Weise umzusetzen, benötigt es eine entsprechende Gerätesteuerung, die es erlaubt aufgrund von Aktivitätsereignissen entsprechende Kommandos an die jeweiligen Endgeräte weiterzuleiten. Dabei wurde die Anwendung eines offenen Standards umgesetzt, um eine potentiell große Menge unterschiedlicher Endgeräte zu unterstützen. Universal Plug and Play (UPnP) ist ein offener, IP basierter Standard der vorwiegend zum Datenaustausch und der Steuerung von Multimedia Geräten dient, der jedoch generisch genug ist, um Erweiterungen für beliebige Geräteklassen zuzulassen. Deshalb wurde für die Zwecke dieses

Projektes dieser Standard herangezogen, um die entsprechenden benötigten Endverbraucher ansteuern zu können.

2.3 PowerSaver

Sensoren, Aktuatoren und Steuerungsintelligenz

Das vorliegende Projekt wurde in neun Arbeitspaketen umgesetzt, die die grundlegende Softwareinfrastruktur, die Logik für Energieeinsparungsalgorithmen und zur Aktivitätserkennung, die Integration von Sensor- und Aktuatorhardware, sowie die begleitende Feldstudie und anschließende sozialwissenschaftliche Studie bzw. die Auswertung der Projektergebnisse beinhalten.

Um, wie eingangs beschrieben, eine intelligente und implizite Energieverbrauchssteuerung umzusetzen, werden verschiedene Komponenten benötigt, um ein entsprechendes Modell entwerfen zu können, welches die gestellten Anforderungen erfüllt. Um Tätigkeiten und Aktivitäten eines Benutzers bzw. einer Gruppe von Benutzern erfassen und weiterverarbeiten zu können, ist es notwendig Sensoren in der Umgebung unterzubringen, welche relevante Daten erfassen können, von denen in weiterer Folge entsprechende Aktivitäten und Umgebungsinformationen abgeleitet werden, um die Steuerung von Energieverbrauchern zu kontrollieren.

Innerhalb unserer Softwarearchitektur wurden drei Typen von Sensoren verwendet:

- Lokalisierungssensoren (Ubisense) mit denen die Position von Benutzern innerhalb eines vordefinierten Bereiches erfasst wird und über welche eine grobe Zuordnung von Benutzern zu Raumabschnitten und darin enthaltenen Geräten durchgeführt wird, um eine erste Aktivitätsabschätzung durchzuführen und dadurch den Energieverbrauch elektrischer Geräte aktiv zu beeinflussen.
- Energiemesssensoren (SmartMeter und funkbasierte Durchflusszähler) werden verwendet, um eine detailliertere Aktivitätsabschätzung durchzuführen und um den tatsächlichen Energieverbrauch sowie die entsprechende Ersparnis sichtbar zu machen.
- Körpergetragene Inertialsensoren dienen der genaueren Bestimmung und Feinabstimmung von Benutzeraktivitäten und werden im Zusammenspiel mit den beiden anderen Typen von Sensoren eingesetzt, um dadurch die Bereitschaftszustände von Energieverbrauchern genau an den Bedarf der Benutzer anzupassen.

Für die direkte Ansteuerung von Energieverbrauchern bzw. Aktuatoren wurde eine Lösung aufbauend auf dem Universal Plug & Play (UPnP) Framework umgesetzt, bei der unterschiedliche Typen von Verbrauchern auf die gleiche Weise gesteuert werden können. Da nur wenige Geräte die benötigten Steuersequenzen für die Energiezustände Ein, Aus und Stand-by direkt unterstützen, wurden entsprechende Routinen implementiert, damit einzelne Geräte einheitlich angesprochen werden können.

Wie im nächsten Abschnitt im Detail erläutert, werden Sensoreingangsdaten über entsprechende Mechanismen, welche in einem Framework zusammengefasst sind, zu Ausgangsdaten verarbeitet, mit denen entsprechende Schaltereignisse generiert werden, die zur direkten Steuerung von Energieverbrauchern verwendet werden. Außerdem ist es möglich, über dieses Framework den Energieverbrauch auszudrücken und eine allfällige Energieersparnis zu berechnen. Durch die initiale

Vorgabe eines Regelwerkes können Gruppen von Geräten z.B. innerhalb gesamter Räume genauso wie einzelne Geräte in verschiedene Energieverbrauchszustände versetzt werden.

Die drei wesentlichen Zustände sind dabei

- EIN
- AUS
- STAND-BY

wobei im Zustand „EIN“ das Gerät vollständig betriebsbereit ist, im Zustand „AUS“ der Verbraucher komplett vom Versorgungsnetz getrennt ist und im Zustand „STAND-BY“ das Gerät in verminderter Bereitschaft gehalten wird, um bei einem Wechsel in den Zustand „EIN“ diesen schneller einnehmen zu können. Durch entsprechende auf Benutzer sowie auf Geräte und Gerätegruppen bezogene Regeln werden ausgehend von den Eingangsdaten korrespondierende Steuerereignisse generiert. Das soll an folgendem Beispiel näher erläutert werden:

```
IF PERSON Anna IN Esstisch { SET POWER ON FOR D06Küchenradio; }
```

Die obige Regel bezieht sich in diesem Fall auf eine Person, einen Ort sowie ein bestimmtes Gerät. Sie besagt, dass wenn sich Person „Anna“ zum Esstisch begibt, das Küchenradio eingeschaltet wird. Damit die Aktion dieser Regel ausgeführt wird, ist es notwendig, dass das System die Präsenz der Person erfassen kann, was z.B. mit den eingesetzten Lokalisierungssensoren möglich ist. Wird über einen Sensoreingangswert die Bedingung einer Regel erfüllt, so wird die entsprechende Aktion ausgeführt. In einem folgenden Abschnitt werden der Prozess zur Regelerstellung, mögliche Arten von Regeln sowie das Zusammenspiel mehrerer Regeln innerhalb eines Regelwerkes im Detail erläutert. So ist es beispielsweise möglich spezielle Regeln zu definieren, die den Fall mehrerer Personen innerhalb desselben Bereiches behandeln genauso wie zeitgesteuerte Regeln, die nur zu einer bestimmten Tageszeit zutreffen. Beim ersten Start des Systems ist es notwendig eine initiale Menge an Regeln zu vergeben, die die wichtigsten Schaltzustände betroffener Geräte vorgeben, damit das System grundsätzlich eingesetzt werden kann. Im Laufe der Zeit passt sich das System selbständig der Routine der Benutzer an, in dem es gegebene Regeln entsprechend adaptiert bzw. selbst neue Regeln einführt, die das ständig wiederkehrende Verhalten von Benutzern berücksichtigt. Dabei ist zu beachten, dass das System trotzdem Ausnahmesituationen behandeln muss, sollte eine berufstätige Person während einer Arbeitswoche erkranken und nicht wie gewohnt allmorgendlich das Haus verlassen.

2.4 Systemarchitektur

Die grundlegende PowerSaver Systemstruktur ist in Abbildung 4 angeführt. Ausgehend von Datenreihen aufgenommener Sensormesswerte und unter Berücksichtigung einer Aufstellung von Regeln, die Personen, deren Aktivitäten und elektrische Verbraucher in Zusammenhang stellen, werden entsprechende Schaltvorgänge für elektrische Verbraucher generiert, um auf den Energiezustand (ein, aus, dim/stand-by) elektrischer Geräte direkt einzuwirken.



Abbildung 4: Allgemeine Systemarchitektur

Ausgehend von dieser generellen Systembeschreibung werden in weiterer Folge die detaillierte Zusammensetzung und die Interaktion von Systemkomponenten erläutert. Wie in Abbildung 5 ersichtlich besteht das Softwarepaket aus 5 Komponenten:

- Activity Tracker
- PS Base
- PS Core
- UPnP Control Endpoint
- User Control Interface

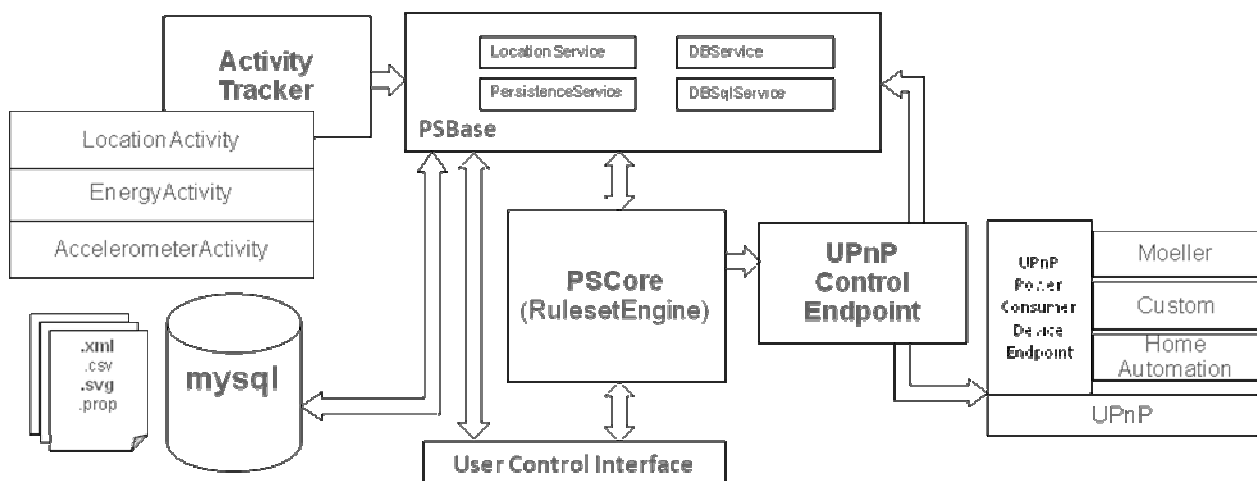


Abbildung 5: PowerSaver Framework

Die *Activity Tracker* Komponente stellt die Verbindung zu den benötigten Sensoren her und leitet empfangene Sensor Datenwerte bzw. bereits extrahierte Aktivitätsvorkommnisse an die PSBase Komponente weiter, wo sie einerseits für spätere Simulationen (in einer Datenbank oder in entsprechenden Dateien) archiviert werden und andererseits durch Anwendung der PS Core Komponente Aktionen abhängig von der jeweiligen Aktivität ausgelöst werden. Als Sensorsysteme zur Datenakquisition kommen aktuell das Lokalisierungssystem von UbiSense, sowie verschiedene miniaturisierte eingebettete Plattformen, welche mit einem Bewegungssensor bestückt sind, zum Einsatz.

In diesem Projekt wurden drei verschiedene Typen von Sensoren zum Einsatz gebracht, von deren Daten entsprechend interpretierte Aktivitäten abgeleitet werden können:

- Lokalisierungs- und Präsenzerfassung über das Ubisense Location Tracking System, um den Aufenthaltsort von Benutzern festzustellen.
- Energiemessungen über SmartMeter und Möller Einzeldurchflussmesser: Der SmartMeter ist im Sicherungskasten der Hauptversorgungsanlage eines betrachteten Installationsobjekts untergebracht und erfasst den Gesamtstrombedarf der Anlage. Die Einzeldurchflussmesser erfassen den Strombedarf einzelner Geräte bzw. von Gruppen von Geräten, sofern diese über Stromverteilerstecker versorgt werden.
- Benutzergetragene Sensoren wurden entweder in Schuhe integriert oder als vom Benutzer getragene Armbanduhr verwendet. Sie dienen dazu eine exaktere Bestimmung der aktuell vom Benutzer durchgeführten Aktivität zu ermöglichen, um eine bedarfsangepasste Verbrauchersteuerung umzusetzen. Da die benutzergetragenen Sensoren in der jetzigen Form noch nicht alltagstauglich sind, wurden sie in der Feldstudie nicht verwendet und die bisher extrahierten Ergebnisse beruhen auf einer Reihe von Laborstudien.

Die *PSBase* Komponente stellt grundlegende Datenstrukturen und Zugriffsfunktionen über OSGi Services zur Verfügung. Sie verwaltet bereits existierende Datenbestände sowie zugehörige Metadaten und ist für die persistente Speicherung von Messdatenreihen verantwortlich. Bereitgestellte Services, welche von anderen Komponenten zugegriffen und benutzt werden können, sind:

- *DBService*: Ermöglicht Datenbankzugriff über dezidierte Objekte.
- *DBSqlService*: Generischer Datenbankzugriff mittels direkter SQL Abfragen.
- *LocationService*: Positionswerte von Ubisense bzw. Replay von früheren Positionsmessungen.
- *PersistenceService*: Speichert Werte von *LocationService* und *AccelerometerService* in Datenbank für spätere Energieanalyse.

Die *PSCore* Komponente stellt Kernfunktionalität zur Energieverbrauchs/-einsparungsberechnung sowie zur direkten Steuerung von Energieverbrauchern zur Verfügung. Dazu werden die Services der *PSBase* Komponente referenziert, um auf Datenbasis zuzugreifen. Desweiteren ist in dieser Komponente die Logik implementiert, um die regelbasierte Abarbeitung von Eingangseignissen und korrespondierende Schaltanforderungen bereitzustellen. Aktivitätsbasierte Services aus dem *ActivityTracker* können direkt eingebunden werden, um Sensorrohdaten zu beziehen. Um Aktionsereignisse an Aktuatoren weiterzuleiten, wird das OSGi *EventAdmin Service* herangezogen. Außerdem werden in dieser Komponente verschiedene Reporttypen zur Verfügung gestellt, um Energieberechnungen nachvollziehbar zu machen und für eine weitere Verwendung abzulegen.

Die *UPnP Control Endpoint* Komponente stellt die Umsetzung der direkten Steuerung von Energieverbrauchern dar. Sie wird mit entsprechenden Ereignissen aus dem *PSCore* Modul gespeist, welches basierend auf erkannten Benutzeraktivitäten und durch Anwendung eines zugehörigen Regelwerkes diese Ereignisse generiert. Es wurden verschiedene Möglichkeiten zur Ansteuerung von Aktuatoren realisiert, wobei die zugrundeliegende Steuerungstechnologie auf UPnP basiert. Auf Seite des Software Frameworks wurde ein sogenannter UPnP Controller implementiert, welcher es ermöglicht, diverse Geräte anzusteuern, die das UPnP Device Protokoll unterstützen müssen. Dafür wurde für zu steuernde Geräte die *UPnP Power Consumer Device Endpoint* Komponente implementiert, um eine generische Schnittstelle für einen einheitlichen Zugriff auf beliebige Energieverbraucher herzustellen. Obwohl nicht direkter Bestandteil des Kernframeworks wird diese

Komponente hier angeführt, um die Integrationspunkte der einzelnen Module in einer Gesamtansicht darzustellen. Für dieses Projekt wurden drei verschiedene Ansteuerungstechnologien ausgewählt und implementiert:

- **Möller Steuerung:** Dieses System erlaubt es funkbasierte Zwischenstecker ein- und auszuschalten bzw. zu dimmen. Mit diesen Geräten können einzelne sowie ganze Gruppen von Verbrauchern geschaltet werden.
- **Custom Steuerung:** Ist eine PC basierte Lösung, um Standard PC Systeme in verschiedene Energiemodi zu versetzen. Wurde unter anderem auch genutzt, um die korrekte Funktionalität der UPnP Steuerung zu testen.
- **Home Automation Steuerung:** Aufgrund mangelnder Verfügbarkeit erhältlicher Lösungen wurde diese Art der Ansteuerung nur rudimentär umgesetzt, um eine raschere Umsetzung zu ermöglichen, sobald entsprechende Systeme zugänglich sind.

Das *User Control Interface* Modul dient dazu, das Framework in unterschiedlichen Modi zu betreiben und eine entsprechende Laufzeitsteuerung bereitzustellen. Über mehrere integrierte Ansichten können diverse Aspekte des Systems eingestellt und überwacht werden. Eine detaillierte Aufstellung der einzelnen Optionen, welche über diese Schnittstelle bedient werden können, findet sich im Anhang.

Um eine potentielle Energieeinsparung auszudrücken, wurden entsprechende Berechnungen angestellt, die Benutzeraktivitäten mit Energieaufwänden in Beziehung setzen, um somit Energieverbräuche unter verschiedenen Bedingungen zu bemessen. Dafür wurden durch den Projektpartner umfangreiche Energieverbrauchsmessungen in den in der Feldstudie erfassten Haushalten durchgeführt. Da innerhalb der Feldstudie keine impliziten und aktiven Steuerungsmechanismen eingesetzt werden konnten, wurde dafür eine Simulationsumgebung definiert, innerhalb welcher der erfasste Datenbestand mit verschiedenen Konfigurationen analysiert werden konnte und über diesen Weg unterschiedliche Einsparpotentiale ausgearbeitet wurden. Die Energieverbrauchsmessungen des Projektpartners bestehen aus einer Gesamtverbrauchsmessung des kompletten Haushalts über die Messperiode sowie mehreren, gleichzeitigen Einzelverbrauchsmessungen an ausgesuchten Geräten. Da die Bereiche, in denen die zum PowerSaver gehörende Lokalisierungsmessungen durchgeführt wurden, nicht alle Verbraucher miteinschließen, an denen der Einzelverbrauch erfasst wurde, wurde in einem ersten Schritt der Gesamtenergiebedarf für die innerhalb der im PowerSaver erfassten Bereiche verwendeten Geräte ermittelt. Dies stellt den gewöhnlichen Energiebedarf dar, ohne dass spezielle Energiesparmaßnahmen getroffen wurden. Um eine Energieersparnis auszudrücken, wurde in weiterer Folge ein Energiebedarf ermittelt, bei dem energiesparrelevante Konfigurationen bei der Berechnung mitberücksichtigt wurden. Dafür wurden entsprechende Regeln formuliert, die dazu führen, die Bereitschaftszustände von elektrischen Verbrauchern zu reduzieren, wenn eine Benutzung eines Gerätes nicht gegeben ist. So wurde die einfache Standardregel formuliert, dass alle Geräte vom Versorgungsnetz getrennt werden müssen, sobald sich kein Benutzer mehr innerhalb des beobachteten Bereiches befindet. Dies wurde für alle Geräte durchgeführt, die keinen dauernden, vollständigen Betriebszustand erfordern wie beispielsweise Kühlgeräte oder Heizungen. Dabei wurde ein mittleres Einsparpotential von ~17% für alle erfassten Haushalte ermittelt. Die genaue Auflistung der einzelnen Potenzialberechnungen findet sich in den Anhängen wieder wo auch auf Besonderheiten einzelner Berechnungen, möglicher Ausreißer bzw. Repräsentativität der Stichprobe eingegangen wird.

3 Qualitative Ergebnisdarstellung

3.1 Datenaufnahme (Sensorik)

Für eine unaufdringliche und dennoch effektive Gerätesteuerung mit dem Ziel möglichst viel Energie einzusparen, ist es wichtig, so genau wie möglich über die Aktivitäten der Personen im Haushalt Bescheid zu wissen. Die Menge an Sensoren, die uns bei der Beantwortung dieser Frage helfen können, ist riesig, weswegen es nötig war, sich auf eine kleine Auswahl zu beschränken.

- **Accelerometer (Beschleunigungssensoren)**

Beschleunigungssensoren bieten einige große Vorteile: Sie sind winzig und leicht, somit auch ausgezeichnet an diversen Körperteilen zu tragen oder in ohnehin getragene Geräte und Kleidungsstücke zu integrieren. Im Rahmen des Projekts wurden jeweils 2 Accelerometer gemeinsam mit einem Funktransponder an Vorder- und Hinterseite eines Paares Schuhe verbaut. Mehrere Messreihen zeigten, dass sich damit einzelne Schritte sowie komplexere Aktivitäten wie „Stiege hochsteigen“ unterscheiden lassen. Für den geplanten Feldtest wurde allerdings entschieden, keine Accelerometer einzusetzen, da die bestehende Plattform zu starke Limitationen in Bezug auf Laufzeit und Reichweite aufweist. Eine spätere Untersuchung von Accelerometern an den Handgelenken demonstrierte auch dort eine grundsätzliche Eignung zur Identifikation von Aktivitäten wie „Kaffee umrühren“ oder „Aus Tasse trinken“.

Eine voll integrierte „PowerSaver Watch“ mit Accelerometer, Rechen- und Speicherkapazität sowie Funktransponder wurde gezeigt.

▪ **Lokalisierung von Personen**

Die Position von Personen lässt sehr gute Rückschlüsse auf deren Aktivität zu, eine Person, die auf der Fernsehcouch sitzt, wird etwa mit großer Wahrscheinlichkeit Fernsehen. Dazu ist es meist nicht einmal nötig eine exakte Position zu kennen, schon der Bereich ist ausreichend. Für die Feldtests wurde schließlich das Ubisense-System eingesetzt. Es bietet eine deutlich höhere Genauigkeit als eigentlich erforderlich, benötigt dafür aber auch etwa 4 Sensoren pro Raum (siehe Anhang) und einiges an Installationsaufwand. Für den PowerSaver Prototyp wurde das in Kauf genommen, da eine hohe Genauigkeit wichtig für eine einwandfreie Feststellung der grundsätzlichen Funktionstüchtigkeit des PowerSaver-Prinzips ist.

▪ **Energieverbrauch von Geräten**

Zur Berechnung des Einsparungspotentials sind Aufzeichnungen der Leistungsaufnahme der einzelnen Geräte im Haushalt nötig. Im Feldtest wurden dazu Durchflussmesser der Firma Möller eingesetzt, die in Zwischenstecker integriert sind. Die gespeicherten Leistungsdaten wurden auch dazu genutzt, um den aktuellen „Verbrauchszustand“ (*Aus, Standby, An*) der Geräte zu bestimmen.

3.2 Standardisierte Geräteansteuerung (UPnP)

Das PowerSaver System muss in der Lage sein, ein enorm breites Spektrum an unterschiedlichen Geräten anzusteuern. Voraussetzung dafür ist, dass entweder die Geräte selbst eine entsprechende Schnittstelle anbieten oder eine Steuerkomponente die Stromversorgung von weniger komplexen Geräte an-/abschaltet. Diese Steuerfähigkeit kann etwa ein Hausbussystem bieten.

Als Steuerprotokoll kommt nur UPnP in Frage. Kein anderes Protokoll ist ebenso weit verbreitet bzw. akzeptiert und flexibel genug, um beliebige Geräteklassen anzusprechen.

Es wurde eine PowerSaver Gerätebeschreibung (XML, Abbildung 6) und ein „Power Consumer Endpoint Interface“ entworfen, angelehnt an andere bereits etablierte Gerätebeschreibungen wie etwa zur Steuerung von Leuchten.

```
<?xml version="1.0" ?>
<root xmlns="urn:schemas-upnp-org:device-1-0">
  <specVersion>
    <major>1</major>
    <minor>0</minor>
  </specVersion>
  <device>
    <deviceType>urn:schemas-upnp-org:device:ps_generic:1</deviceType>
    <friendlyName>PowerSaver Generic Device</friendlyName>
    <manufacturer>PowerSaver</manufacturer>
    <manufacturerURL>http://www.powersaver.at</manufacturerURL>
    <modelDescription>PowerSaver Generic Device</modelDescription>
    <modelName>PSGeneric</modelName>
    <modelName>PSGeneric</modelName>
    <modelNumber>1.0</modelNumber>
    <modelURL>http://www.powersaver.at</modelURL>
    <serialNumber>F000000001</serialNumber>
    <UDN>uuid:powersaverGenericDevice</UDN>
    <UPC>ABCDEF0123456</UPC>
    <iconList>
      <icon>
        <mimetype>image/gif</mimetype>
        . . . . .
      </icon>
    </iconList>
  </device>
</root>
```

Abbildung 6: UPnP PowerSaver Generic Device Description

Die Softwarekomponente UControlEndpoint des PowerSaver Framework setzt Steuerbefehle in entsprechende UPnP Kommandos um und verteilt sie an Geräte im Netzwerk. Geräte müssen dazu nur das „Power Consumer Endpoint Interface“ implementieren, die Registrierung und alles weitere läuft über die UPnP-internen Mechanismen ab.

3.3 Steuerungssystem (Framework)

Neben einem breiten Feld an Eingangssensoren und einer ebenso flexiblen Ausgangssteuerung (UPnP) ist ein zentrales Steuerungssystem erforderlich. Aus den Rohdaten sind Informationen höherer Ebenen abzuleiten, im Besonderen Aktivitäten, und darauf basierend entsprechende Maßnahmen, um den Energieverbrauch zu reduzieren. Es wurde ein flexibles Software-Framework mit folgenden wesentlichen Fähigkeiten entwickelt:

- **Integration beliebiger Sensoren über ein generisches Datenmodell**

Generische Datenklassen erlauben eine einfache Erweiterung des Systems um zusätzliche Sensoren. Im Feldtest wurden schließlich 2 Sensorschnittstellen genutzt, die nachfolgend dargestellt sind: Ubisense zur Lokalisierung der Personen und Durchflussmesser, um die Leistungsaufnahme der Geräte zu überwachen.

LocationData	
Timestamp	Zeitpunkt
Person	Die betroffene Person
X, Y, Z	Kartesische Koordinaten im Haushalt

PowerData	
Timestamp	Zeitpunkt
Device	Das betroffene Gerät
Power	Leistungsaufnahme [kW]

Tabelle 1: LocationData und PowerData

▪ Ein generisches Aktionsmodell

Das PowerSaver Framework könnte über UPnP theoretisch beliebige Gerätevorgänge auslösen, also etwa auch Mediengeräte starten und anhalten, Nachrichten per SMS versenden oder das Bild eines Wanddisplays austauschen. Vor allem ist aber das Versetzen von Geräten in verschiedene Verbrauchsmodi relevant und dementsprechend wurde eine „PowerAction“ mit 2 Attributen implementiert (siehe Tabelle 2).

PowerAction	
Device	Das Zielgerät
Setting	Der neue Gerätezustand: • OFF: Abschalten. • STANDBY: In Standby versetzen. • ON: Einschalten. • 1% - 99%: Auf xx% dimmen.

Tabelle 2: PowerAction

▪ Live- und Simulations-Betrieb

Im Gegensatz zum Live-Betrieb, in dem das System tatsächlich sofort auf Veränderungen der Umgebung mit entsprechenden Aktionen reagiert, werden im Simulations-Modus zuerst alle Daten aufgezeichnet und erst später Aktionen berechnet. Selbstverständlich ist es nicht sinnvoll diese dann noch auszuführen, der erzielte Einsparungseffekt kann aber nachträglich berechnet werden. Der Simulations-Betriebsmodus wurde mit besonderem Augenmerk auf den Feldtest entwickelt, bei dem zuerst eine umfangreiche Datenbasis gesammelt wurde und anschließend das mögliche Einsparungspotential abgeschätzt werden konnte. Die verzögerte Berechnung erlaubt nachträgliche Optimierungen und Systemanpassungen sowie eine unmittelbare Überprüfung der produzierten Auswirkungen.

■ **Dynamische Steuerungslogik**

Den Kern des PowerSaver Frameworks bildet die Steuerungskomponente. Ein generischer Ansatz erlaubt die Integration bereits bestehender Logiksysteme. Eine Evaluierung von 10 frei verfügbaren Systemen führte allerdings zu dem Schluss, dass für die gegebenen Anforderungen ein weniger umfangreiches, dafür schnelleres und ressourcenschonenderes System erforderlich ist. Deshalb wurde eine eigene regelbasierte Steuerungskomponente entworfen. Eine detaillierte Beschreibung ist in Abschnitt 3.4 zu finden.

■ **Graphical User Interface (GUI)**

Ein graphisches Interface ermöglicht eine schnelle und übersichtliche Bedienung des gesamten Software Frameworks. Aufgrund des großen Funktionsumfangs ist es allerdings nur für Techniker und weniger für Endbenutzer gedacht. Zentrales Element der GUI stellt eine Kartenansicht des aktiven Haushalts dar, in der neben Räumen und Zonen (Symbolic Locations) auch die Position von Personen und Geräten ersichtlich ist. Steuerungselemente erlauben eine unkomplizierte Auswahl von Personen und aufgezeichneten Lokalisierungsdaten sowie deren visuelle Darstellung als Trajektorien oder Punktwolken im Haushaltsplan (siehe Abbildung 7 bis Abbildung 10). Es können auch beliebige Konfigurationen von PowerSaver Datenquellen und Komponenten zusammengestellt und gemeinsam ausgeführt werden.

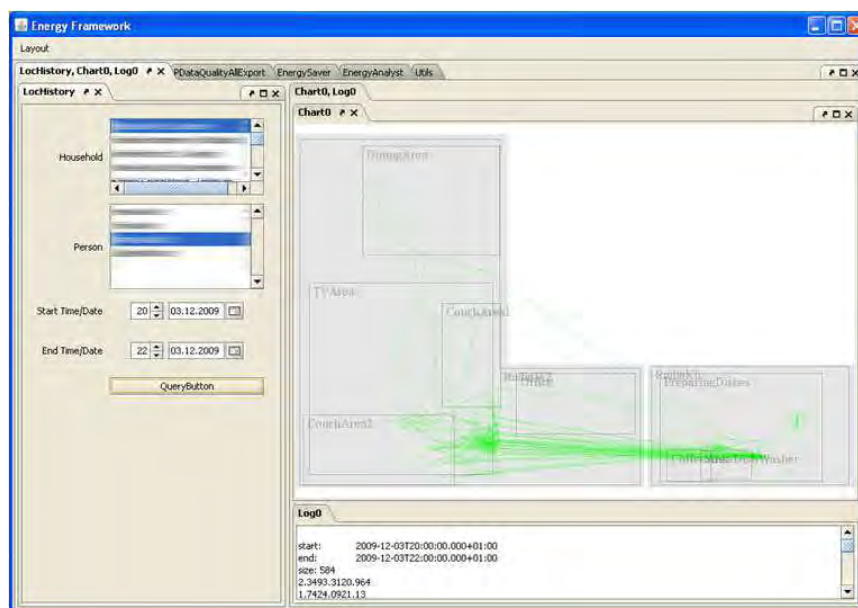


Abbildung 7: Bewegungsmuster (Trajektorie) einer Person

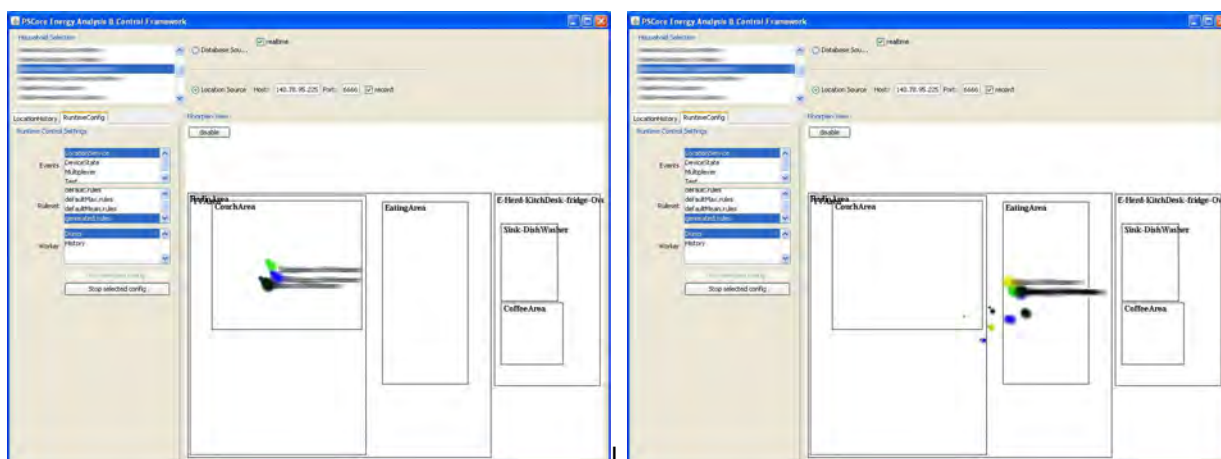


Abbildung 8: Liveansicht der Position von Personen im Haushalt

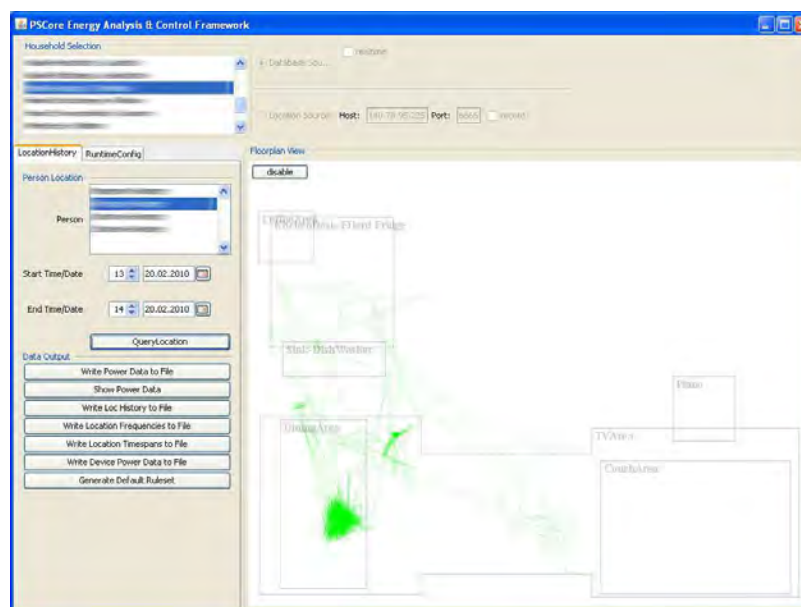


Abbildung 9: Darstellung von Bewegungsdaten aus der Datenbank

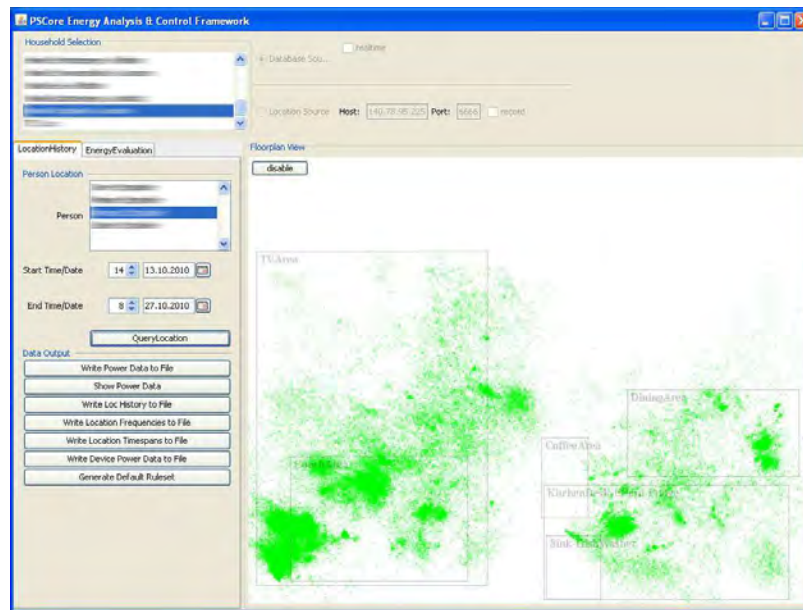


Abbildung 10: Aufenthalt einer Person als Punktwolke

Ein Regeleditor ermöglicht direkte Änderungen am Regelwerk (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Der Editor hält sich sehr genau an die systeminterne Darstellung der Regeln, wodurch einerseits volle Konfigurierbarkeit gewährleistet wird, andererseits aber auch fundiertes Wissen über den Systemaufbau nötig ist. Der Editor ist damit nicht für Endbenutzer geeignet.

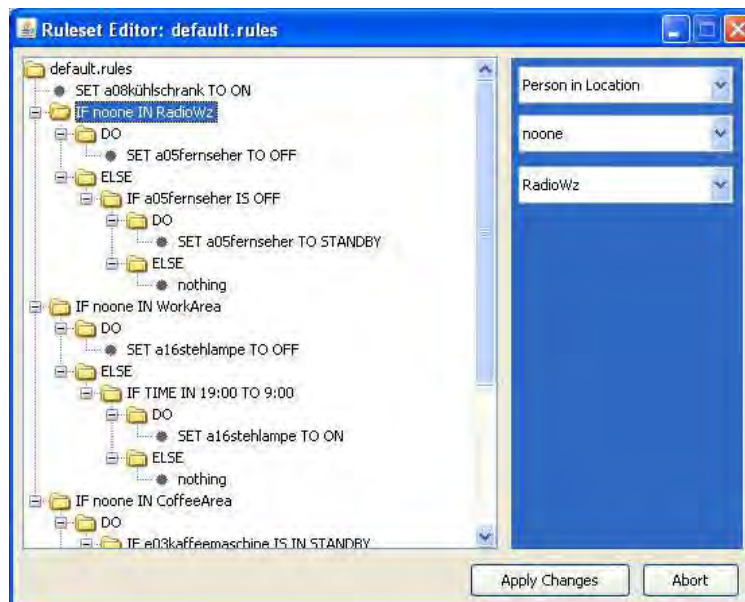


Abbildung 11: Regelsatz Editor – Bearbeiten einer Bedingung

▪ Auswertungen und Plots

Im Softwareframework sind zahlreiche Auswertungen implementiert, die sich alle direkt im graphischen Interface ausführen lassen, z.B.

- Aufenthaltsdauer von Personen in jeder Zone
- Aktivitätsplot von Personen
- Energieverbrauchsplots für Einzelgeräte

▪ Import

Eine eigenständige Import-Komponente erlaubt es, Haushaltspläne im SVG-Format (Scaleable Vector Graphics) zu importieren. Im Plan sind neben Räumen und Zonen (*Symbolic Locations*) auch alle Geräte verzeichnet. SVG-Dateien können mit bekannten Vektorgrafikprogrammen wie Adobe Illustrator erstellt und bearbeitet werden oder auch mit einer von zahlreichen frei verfügbaren Applikationen.

3.4 Regelbasierte Steuerungslogik

Der PowerSaver muss ein gewisses Maß an künstlicher Intelligenz mitbringen, um selbstständig im Hintergrund Entscheidungen treffen zu können, ohne den Tagesablauf von Bewohnern dabei auf unangenehme Weise zu beeinflussen. Die Akzeptanz und Effektivität des Systems hängt wesentlich von der eingesetzten Steuerungskomponente ab. Eine Evaluierung von bekannten und frei verfügbaren regelbasierten Logiksystemen (z.B. JBoss Drools 5, Jess, BizTalk, Blaze Advisor, Jena, JRules, OpenRules, PegaRules, RulesPower und Rete Algorithm) führte zu der Entscheidung, ein eigenes regelbasiertes System zu entwickeln. Die meisten Logiksysteme wären zwar durchaus in der Lage, die hier gestellten Probleme zu lösen, allerdings erst nach einigen Anpassungen bzw. nicht mit vertretbarem Ressourcenaufwand.

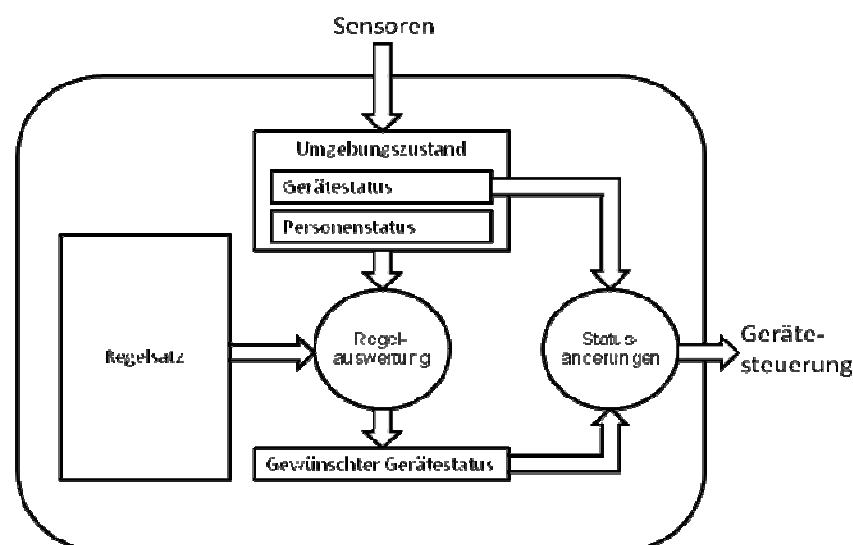


Abbildung 12: Systemarchitektur der regelbasierten PowerSaver Steuerungskomponente

Eine an die gegebenen Anforderungen angepasste Architektur wurde entworfen (siehe Abbildung 12) und im PowerSaver Framework in der Komponente PSCore implementiert. Es werden alle Sensordaten entgegen genommen und damit laufend der aktuelle Umgebungszustand (Zustand aller erfassten Personen und Geräte im Haushalt) aktualisiert. Bei jeder Veränderung des Umgebungszustands wird ein Regelsatz abgearbeitet, der den gewünschten Zustand aller Geräte feststellt. Stimmt dieser nicht mehr mit dem gegenwärtigen Zustand überein, wird ein entsprechender Steuerbefehl abgesetzt.

Regelsätze bestehen aus beliebig vielen Regeln, die in einer Baumstruktur angeordnet sind. Eine Regel besteht üblicherweise aus einer Bedingung und zwei untergeordneten Regeln: Ist die Bedingung erfüllt wird Unter-Regel 1 ausgeführt, andernfalls Unter-Regel 2. Statt einer Regel kann auch immer eine Aktion angegeben werden oder auch gar nichts. Ein Beispiel für diese Baumstruktur ist Abbildung 13 zu entnehmen.

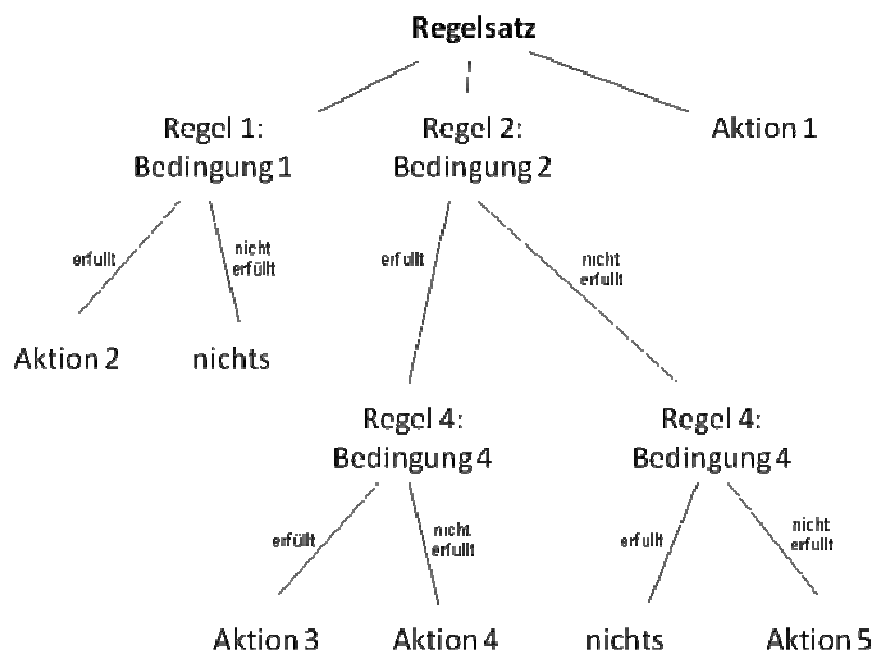


Abbildung 13: Beispielhafte Baumstruktur eines Regelsatzes

Regeln und Regelsätze werden in einer eigenen „Regelsprache“ formuliert, die weitgehend intuitiv verständlich ist bzw. lassen sich auch über ein graphisches Interface bearbeiten. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind sowohl die Baumstruktur sowie verschiedene Bedingungen und Aktionen zu sehen.

```
IF PERSON NOONE IN CoffeeArea {  
    IF DEVICE c06kaffeemaschine IS SET TO STANDBY {  
        SET POWER OFF FOR DEVICE;  
    }  
} ELSE {  
    IF AGE OF THE PERSON > 15 {  
        IF DEVICE c06kaffeemaschine IS SET TO OFF {  
            SET POWER STANDBY FOR DEVICE;  
        }  
    }  
}
```

Abbildung 14: Beispielregel zur Steuerung einer Kaffeemaschine

Befindet sich niemand im Bereich der Kaffeemaschine und ist sie auch nicht gerade aktiv (also in Standby), so wird sie abgeschaltet. Befindet sich eine Person über 15 Jahre im Bereich und das Gerät ist noch abgeschaltet, wird es in Standby versetzt.

Es wurden insgesamt 5 Bedingungen implementiert:

- Aufenthaltsort von Personen: Es kann überprüft werden, ob sich eine oder auch mehrere mit Namen bezeichnete Personen in einer oder auch gleichzeitig in mehreren Zonen befinden. Statt konkreten Personen kann auch auf eine oder mehrere beliebige Personen geprüft werden.
- Verbrauchszustand von Geräten: Es wird getestet ob sich ein Gerät im Zustand *Aus*, *Standby* oder *An* befindet.
- Alter von Personen: Die Bedingung ist nur erfüllt, wenn die Person im angegebenen Altersbereich ist.
- Tageszeit: Die Bedingung ist nur innerhalb eines bestimmten Zeitraums erfüllt.
- Wochentag: Es wird auf einen oder mehrere Wochentage geprüft.

Das Softwareframework erlaubt einfaches Einbinden weiterer Bedingungen. Die exakte Sprachdefinition in EBNF sowie weitere Beispiele sind dem Anhang zu entnehmen.

3.5 Feldstudie

Ein wesentliches Ziel des Projekts ist es, zu demonstrieren, dass das PowerSaver-Prinzip brauchbare Einsparungen erzielen kann. Das wird mit der umfangreichen Feldstudie erreicht. In Kooperation mit dem Projektpartner Energie AG wurde in 15 Haushalten (siehe Abbildung 15), die bereits mit Smart Metern ausgestattet waren, jeweils 2 Wochen Daten aufgezeichnet. Erfasst wurde die Position aller Personen in bis zu 2 Räumen des Haushalts, üblicherweise Küche und Wohnzimmer, da sich in diesen die meisten Geräte befinden und auch mit dem höchsten Einsparungspotential zu rechnen ist. Dazu wurde die gesamte Leistungsaufnahme des Haushalts aufgezeichnet (ermittelt durch den Smart Meter), sowie die Leistungsaufnahme von bis zu 20 Einzelgeräten (nicht notwendigerweise alle in den beiden überwachten Räumen). Alle Leistungsdaten wurden mit einer 1-minütigen Auflösung erfasst, die Positionsdaten abhängig davon wie schnell sich die Position veränderte mit bis zu mehreren Punkten pro Sekunde. Nach Abschluss aller Aufzeichnungen wurde mit der Evaluierung begonnen. Für jeden Haushalt wurde nach einem standardisierten Prozess ein Regelsatz generiert, basierend auf den Geräten im Haushalt. Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise ist dem Anhang zu entnehmen. Das PowerSaver-Softwareframework durchlief danach den gesamten Aufzeichnungszeitraum im Simulations-Betriebsmodus und berechnete nachträglich den Energieverbrauch, der mit aktiviertem PowerSaver zu erreichen gewesen wäre.

In Abbildung 15 sind jene Bereiche der 15 Haushalte dargestellt, in denen Messungen vorgenommen wurden. Räume sind in hellem grau eingezeichnet, Aktivitätszonen (Symbolic Locations) in grün, die Geräte sind als weiße Punkte vermerkt und die schwarzen Punkte kennzeichnen die Position der Ubisense Sensoren. Jeder Haushalt wird mit einem 7-stelligen Code in der Form „x-xx-xxxx“ benannt. Die erste Zahl gibt dabei an, ob es sich um einen Haushalt oder ein Büro handelt; die zweite Nummer (zweistellig) ist die Kennzahl des Haushalts (chronologisch aufsteigend); der letzte Codeabschnitt bezeichnet die Anzahl männlicher und weiblicher Erwachsener, Jungen sowie Mädchen in genau dieser Reihenfolge. Zu jedem Haushalt wird darüber hinaus die erreichte Einsparung in Prozent angegeben. Wie zu sehen ist, hält sich diese meist im Bereich von 10 – 25 %, bis auf wenige Ausnahmen:

- 0-11-1110 – 60,8%: Die außergewöhnlich hohe Zahl ergibt sich hier aus der Art und Anzahl der erfassten Geräte. Es befinden sich nur 3 Geräte im Aufzeichnungsbereich, darunter ein TV und PC, bei denen sehr viel Energie einzusparen war.
- 0-13-2200 – 3,9% und 0-14-1102 – 4,8%: Bei diesen beiden Haushalten befand sich kaum Unterhaltungselektronik im Aufzeichnungsbereich, dementsprechend niedrig die Einsparungswerte.



Abbildung 15: Messbereiche der 15 untersuchten Haushalte

Die Ergebnisse für jeden Einzelhaushalt sind zu umfangreich, um sie an dieser Stelle ausführlicher zu präsentieren, siehe Anhang. Eine kumulierte Ergebnistabelle, in der alle in den Haushalten angetroffenen Geräte in Geräteklassen zusammengefasst wurden, ist nachfolgend angeführt.

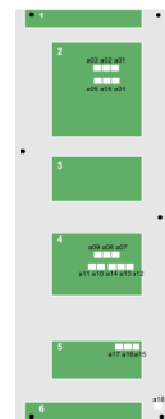
Gerätekategorie	Durchschnittsleistung ohne PS [W]	Durchschnittsleistung mit PS [W]	Einsparung absolut [W]	Einsparung [%]
Fernseher	39.75	25.94	13.81	34.7
PC	50.59	38.67	11.91	23.6
DVD-Player	27.58	16.42	11.16	40.5
Stehlampe	17.52	10.38	7.14	40.8
Beleuchtung (Indirekt)	6.67	2.87	3.80	56.9
HiFi - Tuner	6.20	3.18	3.02	48.7
Mikrowelle	6.34	4.18	2.16	34.1
Staubsauger	3.97	1.91	2.06	51.9
Netzteil für Laptop	3.65	2.58	1.06	29.2
Kaffeemaschine	5.28	4.42	0.86	16.3
Küchenradio	1.58	0.77	0.81	51.0
Ladeadapter für Mobiltelefon	1.47	0.70	0.78	52.8
KücheDiverse	9.37	8.92	0.44	4.7
WohnzimmerDiverse	2.40	2.03	0.38	15.6
Geschirrspüler	37.86	37.50	0.36	1.0
Dampfgarer	3.40	3.09	0.31	9.1
Bügeleisen	3.01	2.91	0.11	3.5
E-Herd	12.19	12.11	0.08	0.6
Wasserkocher	4.17	4.13	0.05	1.1
Brotschneidmaschine	0.67	0.62	0.04	6.7
Dunstabzug	1.55	1.51	0.04	2.3
Toaster	1.30	1.26	0.04	2.8
Wassererhitzer	36.11	36.09	0.03	0.1
Durchlauferhitzer	26.11	26.11	0.00	0.0
Kühlschrank	33.16	33.16	0.00	0.0

Tabelle 3: Einsparungspotential in Haushalten nach Gerätekategorien

Insgesamt konnte im Durchschnitt aller Haushalte eine Reduzierung der Leistungsaufnahme von 21,5 Watt bzw. 17 % innerhalb des PowerSaver (PS) Bereichs erreicht werden. Mit PowerSaver Bereich sind jene Räume und Geräte gemeint, die sich innerhalb des Ubisense Aufzeichnungsareals

befanden und für die auch eine Gerätesteuerung erfolgte. Bezieht man die eingesparten 21,5 Watt auf die Leistungsaufnahme des gesamten Haushalts (am SmartMeter gemessen), ergeben sich 3 % Einsparung. Bei einem Strompreis von 15 – 20 Cent würde das eine jährliche Einsparung von 28,25 – 37,67 € bedeuten.

Eine weitere Feldstudie wurde in einem Büro der Energie AG durchgeführt. Der Aufzeichnungszeitraum erstreckte sich dabei über 4 Wochen und es wurden 5 Mitarbeiter an ihren Arbeitsplätzen erfasst (siehe Abbildung rechts). Am meisten konnte dabei an den Monitoren eingespart werden, die auch im Standbybetrieb noch 1-2 W verbrauchten (siehe Tabelle 4**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Insgesamt ergab sich eine Einsparung von 36,5 Watt bzw. 28,3 %.



1-16-5000: 28.3%

Gerätekategorie	Durchschnittsleistung ohne PS [W]	Durchschnittsleistung mit PS [W]	Einsparung absolut [W]	Einsparung relativ [%]
Monitor	6.14	2.81	3.34	54.3
BüroDiverse	2.97	0.54	2.43	81.8
Netzteil für Laptop	6.85	5.97	0.88	12.9
PC	46.31	45.46	0.86	1.9

Tabelle 4: Einsparungspotential im Büro nach Gerätekategorien

3.6 Benutzerakzeptanz

Wie den Fragebögen der Feldstudien-Haushalte zu entnehmen ist, wurde das prototypische PowerSaver System nicht als störend empfunden. Es kann daraus allerdings nicht auf einen Einsatz in einer größeren Population geschlossen werden: Einerseits hatten sich die Feldstudien-Haushalte speziell für dieses Experiment gemeldet und sind dementsprechend positiv voreingestellt, andererseits würde eine PowerSaver Version für den breiten Einsatz natürlich auch wesentlich unkomplizierter und unaufdringlicher sein müssen, um in breit angelegten, empirischen Validierungen den geforderten Nutzen zu erbringen. Ein Ubisense System zur Positionsbestimmung ist für ein kommerzielles System etwa nicht praktikabel. Eine generellere und aussagekräftigere Einschätzung ist der sozialwissenschaftlichen Begleitstudie zu entnehmen (siehe Anhang). Dabei wurde eruiert, dass die Annahme neuer Technologien im Speziellen in Österreich einem „late follower“ Trend folgen, d. h. neue Technologien eher angenommen werden, nachdem sie sich etabliert haben, wobei die Qualität von angeschafften Lösungen im Regelfall bereits sehr hoch ist. Die Erhebung innerhalb der Feldstudie lässt den Schluss zu, dass generell ein großes Interesse nach unaufdringlichen Lösungen zur effizienten und sparsamen Verwendung elektrischer Energie besteht. Die strategische Auswahl der Teilnehmer an der Feldstudie erschwert jedoch die Hochrechnung auf eine größere Meinungsbasis, weshalb in weiteren Schritten länger andauernde Studien bei einem größeren Teilnehmerkreis durchgeführt werden müssen, um bessere, allgemein gültige Aussagen ableiten zu können.

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Basierend auf den Ergebnissen aus der Hardwareevaluierung und Hardwareintegration im ersten Projektjahr wurde im zweiten Projektjahr der Fokus auf die Benutzbarkeit und den Komfort eben dieser gelegt. Daraus resultierte der Bedarf an einer kompakten und effizienten Sensorplattform, welche die bisherige Hardware in einer Art und Weise miniaturisiert bzw. ersetzt, die die Funktionalität des Systems nicht reduziert. Seit Anfang 2010 ist eine Hardwareplattform Lösung Off-the-Shelf verfügbar, welche zu diesem Zweck verwendet werden kann. Die PowerSaver Watch ist ein in eine Uhr eingebauter Microcontroller mit integriertem Funkchip, Accelerometer, LCD-Display und Speicher, welche als am Handgelenk getragenes Gerät sowohl zur Positionsbestimmung als auch zur Aktivitätserkennung herangezogen werden kann. Während diese Plattform über ausreichende Kapazitäten in Bezug auf Rechenleistung verfügt, stellte sich der verfügbare Speicher als entscheidender Engpass heraus, den auch andere Off-the-Shelf Lösungen nicht beheben. Im Zuge dessen ist für eine weitere Verfeinerung und Optimierung des Systems eine eigenständige Hardwarelösung angedacht, die diesen Engpass beseitigt, um die entwickelte und lauffähige Lösung in einer ästhetischen und ansprechenden Form umzusetzen.



Abbildung 17: PowerSaver Watch im Einsatz



Abbildung 16: "EnergyToken", das Ergebnis der Hardwareentwicklung

Im ersten Projektjahr dominierte die Entwicklung von Software welche die Basis für die Erkennung von Benutzeraktivitäten und die Ermittlung von ungenutzten und damit abschaltbaren Geräten ermöglicht. Die gesamte Software läuft auf einem zentralen Server zusammen mit der Positionsbestimmung und Aktivitätserkennung. Sie wurde als Framework implementiert, um eine einfache Erweiterbarkeit zu ermöglichen. Damit das PowerSaver System für jeden Haushalt und sogar für jeden Bewohner des Haushaltes individuell konfiguriert und angepasst werden kann, wurde ein regelbasiertes Steuersystem entwickelt, mit dem abhängig von der Person, ihrem Aufenthaltsort und ihrer Aktivität verschiedenste Aktionen vom System gesetzt werden können. Betritt beispielsweise Person A den Raum, wird das Licht eingeschaltet, betritt jedoch Person B den Raum,

wird das Licht auf 50% gedimmt. Eine Menge an Regeln wird als Regelwerk bezeichnet und kann völlig frei definiert werden. Um die Verbraucher zu steuern, sind Aktuatoren notwendig, die in der Lage sind einen Verbraucher ein- oder auszuschalten bzw. zu dimmen oder die Standby Funktion zu aktivieren. Diese Aktuatoren werden von der zentralen Softwareinstanz über eine UPnP Schnittstelle gesteuert, basierend auf den Positions- und Aktivitätsdaten der Personen im Haushalt sowie der von den Personen festgelegten Regelwerken. Die Software, die für die simulierte Ansteuerung der Aktuatoren entwickelt wurde, kann diese auch real zur Laufzeit ansprechen. Somit ist neben der Simulation auch der Realbetrieb möglich, der mittels funkgesteuerter Zwischenstecker realisiert wurde.

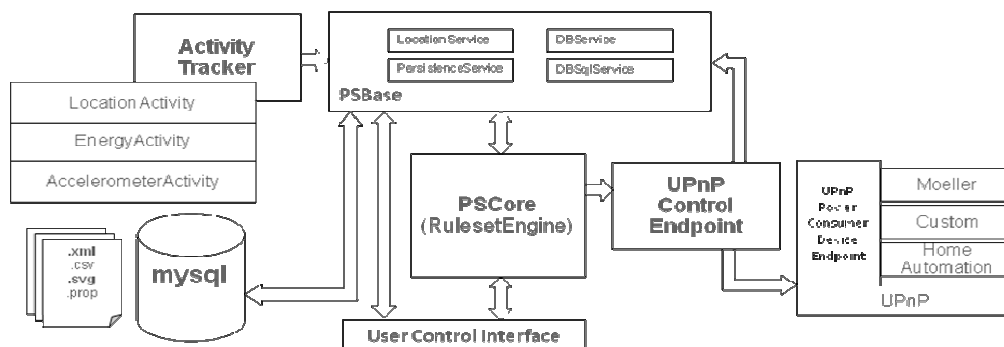


Abbildung 18: PowerSaver Framework
Architektur

Die genutzten Hardwarelösungen bilden ein prototypisches System, das in seiner Form noch nicht geeignet ist, in einem breiten Umfeld eingesetzt zu werden, da es nicht den ästhetischen Ansprüchen genügt, um in einem Privathaushalt installiert zu werden. Der Nutzen eines solchen Systems konnte jedoch im Zuge des Projektes durch empirische Daten belegt werden. Eine Feldstudie in 15 Haushalten, bei der der Energieverbrauch einzelner Geräte, der Gesamtverbrauch sowie die Position der im Haushalt lebenden Personen erfasst wurden, dient als Grundlage für unsere Berechnungen des Energiesparpotentials. Dieses Potential wurde für jeden Haushalt aufgrund von individuell entworfenen Energiesparregelwerken ermittelt. Die Regelwerke wurden in drei Kategorien aufgeteilt, um die unterschiedliche Wirkung der Regelwerke zu verdeutlichen. Ein konservatives Regelwerk, bei dem jegliche Geräte komplett abgeschaltet werden, solange sich niemand in dessen Nähe befindet, erreicht das höchste Energiesparpotential, es kann jedoch in manchen Fällen Einbußen an Komfort mit sich bringen, da z.B. eine Kaffeemaschine erst aufheizen muss und somit nicht sofort einsatzbereit ist, sobald sich eine Person der Kaffeemaschine nähert. Dem gegenüber steht ein Regelwerk, das keinen bis kaum einen Einfluss auf die Geräte vornimmt, wodurch jedoch auch kein Energiesparpotential frei wird. Mittels der implementierten Energiesparalgorithmen und der simulierten Schaltung von Aktuatoren konnte, basierend auf den Daten der Feldstudie, ein Energiesparpotential von bis zu 10% des Gesamtverbrauchs eines Haushalts erreicht werden. Die alleinige Kontrolle über dieses Regelwerk liegt immer bei den Personen die den Haushalt bewohnen. Das bedeutet, dass die Personen das Verhalten des Systems jederzeit ihren Bedürfnissen anpassen können und nicht dem System ausgeliefert sind. Es wurde großer Wert darauf gelegt, dass der Benutzer des Systems auch der Souverän ist.

Begleitend zum Projekt wurde eine Sozialwissenschaftliche Studie durchgeführt, um herauszufinden ob das PowerSaver System von den Benutzern auch akzeptiert und genutzt wird oder eher als störend und einschränkend empfunden wird. Während der Feldstudie wurden die Bewohner gebeten einen Fragebogen auszufüllen, der die soziale Verträglichkeit des Systems und die generelle Benutzbarkeit und Einstellung der Benutzer zum System wiedergibt. Diese Fragebögen wurden in einer Studie vom Zentrum für Soziale Innovation in Wien unter der Leitung von Univ.-Prof. Mag. Dr. Josef Hochgerner ausgewertet.

5 Schlussfolgerungen

Energieeffizienz

Der Aktionsplan für Energieeffizienz der EU Kommission [Com06] schreibt ein Energieeinsparungsziel von 20% bis zum Jahr 2020 vor, welches durch effizientere Nutzung von Energie erreichbar ist. Neben der Reduktion des Energieverbrauches durch modernere, stromsparendere Elektrogeräte zielt der Aktionsplan auch auf die Minimierung von Standby Verlusten ab, verursacht beispielsweise durch Fernsehgeräte, ungenutzte aber angesteckte Handyladegeräte etc. Diese Standby Verluste sind prinzipiell vermeidbar, erfordern aber die explizite Handlung einer Person. Speziell die Standby Funktion des Fernsehgeräts wird oft statt dem Ausschalten benutzt, wodurch Stromverbrauch anfällt, obwohl das Gerät nicht benutzt wird und auch nicht in absehbarer Zeit eingeschaltet wird. Zudem sind aktuelle LCD und Plasma Flachbildschirme selbst aus dem Standby Modus kaum schneller nutzbar, als wenn sie komplett abgeschaltet werden. Aufgrund des Aktionsplanes werden Hersteller von Elektrogeräten gezwungen, den Stromverbrauch im Standby Modus auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Jedoch ist immer der Mensch als ausführendes Organ erforderlich, um explizit ein Gerät abzuschalten bzw. in Standby zu schalten, sollte es nicht mehr benötigt werden. Dem gegenüber steht implizites Energiesparen, wo kein direktes Eingreifen des Menschen erforderlich ist, sondern durch verschiedene Sensoren und einer Hintergrundintelligenz ein Steuerungseffekt für Elektrogeräte erzielt wird. Die Person im Haushalt wird vom Bediener der Schalter eines Gerätes zum Bedienten, denn die Elektrogeräte werden den Bedürfnissen der Person entsprechend von der Hintergrundintelligenz gesteuert. Der Mensch an sich wird also zum Bedienelement und regelt durch seine Aktivität und Anwesenheit in verschiedenen Räumen den Energieverbrauch in diesen.

Durch die Ergebnisse der dieses Projekt begleitenden Feldstudie wurde empirisch nachgewiesen, dass eine implizite, aktivitätsbasierte Energieverbrauchssteuerung positive Effekte erzielt und helfen kann den Energieverbrauch eines Haushaltes zu reduzieren, ohne dabei Einfluss auf den Komfort der Bewohner zu nehmen. Durch die Feldstudie in verschiedenen Privathaushalten wurde die Energieineffizienz gezielt ermittelt und aufgezeichnet. Diese Daten dienen dann in Folge der Berechnung des Energiesparpotentials, welche auf den Analyseauswertungen des PowerSaver Frameworks basieren. Dieses kann sowohl im Live-Mode direkt Geräte ansteuern bzw. im Simulation-Mode das Schalten der Geräte simulieren, um im Vergleich mit den aufgezeichneten Daten Energiespareffekte direkt abzuleiten.

Die während des Projektes ermittelten Energiesparpotentiale der einzelnen Haushalte sind sehr vielversprechend, was den Einsatz eines impliziten, aktivitätsbasierten Energiesteuerungssystems betrifft. Basierend auf einem relativ einfachen Regelsatz können bis zu 10% des Gesamtenergieverbrauches eines Haushaltes eingespart werden.

PowerSaver: implizite aktivitätsbasierte Energieverbrauchssteuerung

Das PowerSaver Framework besteht konzeptuell aus drei Komponenten:

- a) den *Sensoren*, welche die Eingangsdaten für das Framework ermitteln,
- b) dem *regelbasierten Kern*, der die definierten Regelsätze anhand der Sensorwerte abarbeitet, und
- c) den *Aktuatoren*, welche die Aktionen des Frameworks umsetzen, wodurch Geräte aus-, ein- und auf Standby geschaltet werden.

Sensorausprägungen sind dabei sehr zahlreich. Neben einem Sensor für Umgebungshelligkeit und Temperatur, welche für die Beleuchtung und Heizung herangezogen werden können, kommen auch am Körper getragene Beschleunigungs- und Drehwinkelsensoren zum Einsatz. Diese dienen der Aktivitätserkennung einer Person und arbeiten sehr zuverlässig. Die körpergetragenen Sensoren verfügen über eine eigenständige Rechenkapazität und können eine Vorauswertung von Attributen für die Aktivitätserkennung vornehmen. Anhand der Aktivitätserkennung werden dann die von den Bewohnern eines Haushaltes definierten Regelwerke abgearbeitet und auf Basis dieser entsprechende Aktionen durchgeführt. Eine Aktion betrifft dabei stets einen oder mehrere Energieverbraucher, die mittels UPnP Kommando ein-, aus- oder auf Standby geschaltet werden. Das Schalten wird von den Aktuatoren ausgeführt, welche die UPnP Kommandos in ein für das betreffende Gerät verständliches Kommando umsetzen. Sollte das Gerät selbst UPnP unterstützen, werden die Kommandos direkt am Gerät interpretiert. Die im Demoszenario verwendeten Funkzwischenstecker sind in diesem Fall die ausführenden bzw. physischen Schalter und bilden mit dem ansteuernden UPnP Umsetzer den eigentlichen Aktuator.

Aktivitätserkennung und Sensorik

Implizite, aktivitätsbasierte Energieverbrauchssteuerung verwendet als Eingangsgrößen die Position und die Aktivität der Personen im Haushalt. Während der Projektlaufzeit kristallisierte sich zunehmend heraus, dass neben der eigentlichen Aktivität einer Person bereits die Position dieser die möglichen Aktivitäten stark eingrenzt. So ist beispielsweise bei einer Person im Bad nicht damit zu rechnen, dass diese Person Essen zubereitet. Somit wurde für den weiteren Verlauf des Projektes die Position einer Person als erster und einfachster Input zur Aktivitätserkennung genutzt. Die in der Feldstudie eingesetzte Sensortechnologie zur Positionserkennung lieferte eine sehr hohe Genauigkeit, welche für das System nicht unbedingt erforderlich ist. Befindet sich beispielsweise eine Person in der Küche in der Nähe des Elektroherdes, dann ist nicht relevant dass sich diese Person an den Koordinaten (X,Y) vor dem Herd befindet, sondern dass sie in der Nähe des Elektroherdes ist, denn dies reicht für eine Aktivitätszuordnung bereits aus. Sollte die Position noch keinen eindeutigen Aufschluss über die Aktivität einer Person geben, werden im nächsten Schritt die Energiemesssensoren mit einbezogen. Aufgrund der Position und eventuell ansteigenden

Energieverbräuchen von Geräten in der unmittelbaren Nähe der Person lassen sich weitere Rückschlüsse auf die Aktivität ziehen. Um die Aktivitätserkennung noch weiter zu verfeinern, kommen die körpergetragenen Sensoren zum Einsatz, welche aufgrund von Beschleunigungsmessungen die Ausrichtung und Bewegung der Hand und/oder des Fußes ermitteln können. Mit Hilfe all dieser Daten wird dann eine Bestimmung der Aktivität sehr feingranular möglich, wodurch beispielsweise Tätigkeiten wie „Milch hinzugeben“ oder „Kaffee umrühren“ während der Aktivität „Kaffee zubereiten“ klassifizier- und erkennbar werden.

Steuerungsintelligenz

Die Steuerungsintelligenz stellt die Systemkomponente dar, welche den zentralen Zugriffspunkt für alle im System verwendeten Bestandteile bietet. Über eine Datenbasis werden Informationen für alle Systemeinheiten verfügbar und verwendbar gemacht. Über die integrierte Regellogik werden Systemzustände implizit durch aktive Beobachtung der Umgebung über geeignete Sensoren eingestellt, die in weiterer Folge die Energiezustände von Aktuatoren und Energieverbrauchern bestimmen. Im aktuellen Projekt wurde für die Speicherung und Ausführung der Steuerungsintelligenz ein handelsüblicher Standard PC verwendet, um von Vornherein die praktischste Variante für Laborentwicklungen genauso wie für die Feldstudie vorzufinden. Ein Nachteil an diesem Ansatz bezüglich der Ausstattung der Systeminfrastruktur ist, dass ein separater Aufstellungsort innerhalb der Feldstudienhaushalte gefunden werden musste, weshalb kleinere Einschränkungen beim Komfort der Systemnutzung in Kauf genommen werden mussten. Deshalb soll in weiterführenden Arbeiten dieser Aspekt verbessert werden, indem der Feldstudien PC in eine integrierte und eingebettete Lösung überführt werden soll, die sich innerhalb des bestehenden Stromversorgungsnetzes beim Kunden einpflegen lässt. Darüber hinaus ist der momentan umgesetzte Systemzugang sehr technik-zentriert, um alle Aspekte des Systems feingranular abzustimmen, was für einen Endbenutzer eine wesentliche Zugangshürde darstellt. Deshalb ist es angemessen in weiteren Entwicklungen dezidierte Endbenutzerzugänge zu schaffen, um die Systembedienung generell zu vereinfachen. Angedacht ist hierbei eine einfache Bedienung über diverse drucksensitive Panele, die nur die wesentlichen Systemeinstellungen vornehmen lassen, wie z.B. die Einstellung benutzerdefinierter Regeln, um individuelle Vorlieben zu berücksichtigen. Zusätzlich soll es möglich sein, dass sich das System implizit an die Umgebung anpasst. So kann z. B. nur über die Präsenzen von Personen während der Morgenstunden vorhergesagt werden, wann in etwa das Frühstück eingenommen wird und welche täglichen Abläufe einzelner Personen dabei durchgeführt werden. Das System soll solche Umstände erkennen können, selbsttätig entsprechende Regeln anpassen bzw. aufstellen und anhand dieser neu kreierten Regeln eine noch exaktere Energieverbrauchssteuerung anbieten. Dafür müssen u. A. Methoden des maschinellen und inkrementellen Lernens eingesetzt werden, was im hier berichteten Projekt bereits konzeptuell umgesetzt wurde, jedoch in eine praxistaugliche Lösung überführt werden muss.

Aktuatoren

Eine Ansteuerung von Aktuatoren wurde über das UPnP Framework umgesetzt, da dieser generische Ansatz vielfältige Erweiterungen erlaubt und die Ausstattung von Geräten, welche eine derartige Ansteuerung ermöglichen, täglich zunimmt. Der aktuelle Standard DLNA stellt eine Obermenge von UPnP dar, weshalb dieser abwärtskompatibel ist und die hier vorgestellte Lösung für eine wirtschaftliche Verwertung einer entsprechenden Zertifizierung zugeführt werden kann. Aktuell

verfügbare UPnP fähige Geräte sind großteils im Personal Computer/Multimedia Bereich zu finden, weshalb Geräte, die eine direkte Einstellung von Betriebszuständen ermöglichen, nicht verfügbar waren. Deshalb wurde eine entsprechende Vorschaltlogik entwickelt, die auf diesem Standard aufsetzt. Die Intention hinter diesem Ansatz ist, dass sobald entsprechende Geräte verfügbar sind, die Vorschaltfunktion weggelassen werden kann und das Endgerät auf die bereits umgesetzte Weise direkt gesteuert werden kann. Es ist zu erwarten, dass in näherer Zukunft die Fülle an entsprechenden Geräten weiter steigen wird bzw. dass die Integration mit anderen, ähnlich gelagerten Standards zunimmt, weshalb eine intensivierte Konzentration auf Gebäudeautomationstechnologien für folgende Arbeiten erfolgen muss.

Home Automation Integration

Die Integration der hier vorgestellten Lösung mit bestehenden Heimautomatisierungstechnologien wurde prototypisch und ansatzweise umgesetzt, vor allem im Zuge der Entwicklung der Aktuatorsteuerung. Umfassende Heimautomatisierungssysteme sind zum aktuellen Stand der Technik zwar schon hinlänglich verfügbar, werden jedoch bei der Neuerrichtung von Gebäuden oftmals nicht berücksichtigt, da sie vergleichsweise teuer sind, was bei einer späteren Nachrüstung von Gebäuden ebenfalls zutrifft. Durch die Organisation der Infrastruktur in den Haushalten, die in der Feldstudie erfasst wurden, war es nicht möglich eine direkte Verbrauchersteuerung einzusetzen, da die baulichen Voraussetzungen nicht gegeben waren. Darüber hinaus war in keinem der Haushalte ein Heimautomatisierungssystem vorhanden, das direkt angesteuert werden konnte.

Trotzdem wurde die Anbindung an Systeme wie KNX/EIB [Gil09,Laz08,Lee09], LCN/LON [Aut07] oder ITU G.hn [Sch09] im Ansatz umgesetzt, um für spätere Entwicklungen eine Basis zu schaffen, da mittelfristig absehbar ist, dass sich derartige Systeme durchsetzen und umfassend eingesetzt werden sowie mit erhöhter Verfügbarkeit die Preisgestaltung zu Gunsten des Endverbrauchers erfolgen kann.

Empirische Validierung des PowerSaver Prinzips

Das gesamte PowerSaver System basiert auf der Hypothese, dass implizites Energiesparen möglich ist. Ein wichtiger Schritt des Projekts war deshalb, diese Hypothese auch empirisch zu belegen. Das wurde mit einer umfangreichen Feldstudie erreicht: Jeweils 2 Wochen Datenaufzeichnung in 15 Haushalten produzierten rund 100 Millionen Einzelwerte zur Leistungsaufnahme der Geräte sowie rund 6 Millionen Einzelwerte zur Position von Personen im Haushalt. Mit Hilfe des PowerSaver Frameworks im Simulationsmodus wurde anschließend errechnet, wie viel Energie eingespart werden könnte. Wie der PowerSaver dabei arbeitet, ist am einfachsten an einem Beispiel zu erklären:

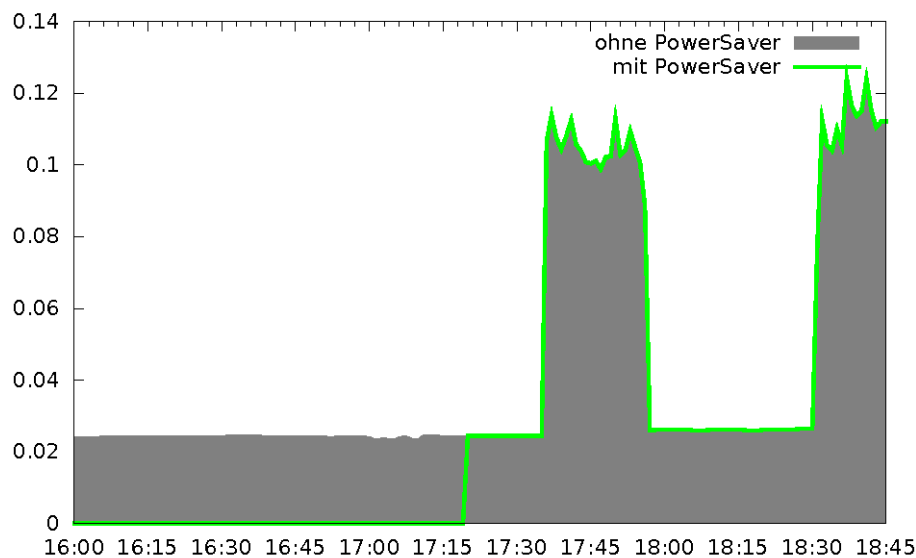


Abbildung 19: Plot der Leistungsaufnahme [kW] eines Fernsehgeräts.

Wie in Abbildung 19 ersichtlich, bezieht das Gerät ohne PowerSaver auch im Standby-Betrieb 24 W. Dies ist durch die grau schraffierte Fläche repräsentiert. Der PowerSaver, dargestellt als grüne Kurve, unterbindet dies solange sich niemand im Einzugsbereich des Fernseher befindet, wie hier zu sehen bis 17:20. Ab diesem Zeitpunkt versetzt der PowerSaver das Gerät in Standby, um nicht auf Komfort verzichten zu müssen, etwa den Fernseher per Fernbedienung einzuschalten. Ist ein Gerät erst einmal aktiviert, darf es häufig nicht wieder abgeschaltet werden, selbst wenn sich keine Personen mehr im Bereich befinden, etwa ein Geschirrspüler. Bei manchen Geräten, wie etwa einem Radio oder Fernseher, ist dies dagegen erlaubt. Der PowerSaver ist in der Lage Geräte entsprechend ihrer Ausprägung zu unterscheiden und damit teilweise sogar mehr als nur Standbyströme einzusparen.

Feldstudie

Das empirisch validierte Einsparpotential liegt bei 17%.

Das Ergebnis der Berechnungen bestätigt eindrucksvoll die Effektivität des PowerSaver-Ansatzes: Im Schnitt können 17% der Leistungsaufnahme aller Geräte innerhalb des kontrollierten Bereichs eingespart werden. Besonders effektiv ist implizites Energiesparen bei Unterhaltungselektronik und Beleuchtung, bei denen häufig eine Reduktion von über 50% erreicht werden kann.

Benutzerakzeptanz

Obwohl ein PowerSaver System auch ohne körpergetragene Sensoren denkbar ist, liefern diese doch eine Vielfalt an Aktivitätsbezogenen Informationen. Eine Befragung der Teilnehmer an der Feldstudie gibt Auskunft darüber, welche Form Sensoren haben könnten. Von 4 vorgeschlagenen Formen (Armbanduhr, Mobiltelefon, 7cm Würfel, Gürtel) gewinnt die Armbanduhr mit enormem Abstand. Auf die Frage, an welcher Stelle der Sensor getragen werden soll (Bein, Schuh, Handgelenk, Oberarm,

Kopf, Kleidung), wurde das Handgelenk mit knappem Abstand vor der Kleidung bevorzugt, völlig abgelehnt wurden kopfgetragene Aktivitätserkennungssysteme.

Privatsphäre

Der PowerSaver kann als letztes Teilstück eines Smart Grids gesehen werden, was diverse datenschutzrechtliche Fragen aufwirft. Durch einen Rückkanal eines Energiebezieher zum Energieversorger, um energieeffizientere Versorgung zu ermöglichen, können auch weitere private sowie vertrauliche Informationen abgeleitet werden. Gerade an diesem Punkt sind Überlegungen zum Datenschutz und Wahrung der Privatsphäre besonders wichtig. Die Konferenz „Daten- und Verbraucherschutz in Smart Grids“ (Juni 2010, Berlin) liefert einige Antworten. Eine datensparsame Architektur vermeidet viele Probleme im Ansatz: So können viele Entscheidungen zur Steigerung der Energieeffizienz direkt beim Nutzer getroffen werden, wenn dieser vom Energieversorger Daten wie variable Tariffinformationen übermittelt bekommt. Sensible Informationen wie Verbrauchsmuster können damit beim Nutzer verbleiben und müssen gar nicht erst an den Energieversorger weitergegeben werden. Wenn es nötig ist Daten weiterzugeben, so ist darauf zu achten, diese auf das Notwendigste zu beschränken und zu anonymisieren bzw. eine Zuordnung durch Aggregation der Daten zu verhindern.

6 Ausblick und Empfehlungen

Aufbauend auf in diesem Projekt vorgestellten Resultaten ist es in anschließenden Arbeiten notwendig, spezialisierte Hardwarelösungen zu erarbeiten, welche mit geringem Mehraufwand in ein massentaugliches Produkt überführt werden können. Dies soll der angewandten Nutzbarkeit durch den Endverbraucher entgegenkommen, welche in weiteren breit angelegten Feldstudien weiter optimiert werden soll. Dadurch wird bereits im Vorfeld evaluiert, dass entwickelte Lösungen tatsächliche Massentauglichkeit beweisen und das Potential für eine erfolgreiche wirtschaftliche Verwertung von Ergebnissen gegeben ist. Dafür ist eine erweiterte Miniaturisierung von Komponenten erforderlich, um sie nahtlos und unaufdringlich im gewohnten Lebensraum unterzubringen. Wie auch in anderen Ansätzen verfolgt, eignet sich der ehemals rein passive Stromzähler, der noch manuell abgelesen werden musste, einen großen Teil der hier vorgeschlagenen und verfolgten Technologien in einem Smart Meter zu vereinigen, da dieser eine ausgezeichnete Möglichkeit bietet, einerseits die Steuerungsintelligenz zu beherbergen und andererseits die Kommunikation zu diversen Komponenten zu organisieren sowie ebenfalls einen Rückkanal zum Energieversorger bereitzustellen. Dadurch wird auch der Endkunde in das Geflecht der Smart Grids mit einbezogen, wodurch sich eine vollständige informationstechnische Durchdringung der Energieversorgungskette umsetzen lässt.

Durch den stetig ansteigenden Wandel des Energiemarktes, unter anderem bedingt durch die gesetzlich vorgeschriebene Liberalisierung des Marktes, ändert sich das Bild vom Komplettversorger zu einem Dienstleister, der mehrere Dienste aus einer Hand anbietet. Dies ist insbesondere für österreichische Verhältnisse von Interesse, da die einzelnen Energieanbieter bis dahin eine Monopolstellung in ihren regionalen Einzugsgebieten inne hatten, was für den Kunden zwar eine praktische Organisationshandhabung zur Abwicklung der Energieversorgung bedeutete, andererseits

aber auch oft intransparente Preisgestaltung zur Folge hatte. Durch die steigende Bedeutung von alternativen Energiegewinnungstechniken, welche kostengünstig vom eigentlichen Kunden bereitgestellt werden können, durchdringt dieser Wandel bereits alle Bereiche des Lebens, wodurch erweiterte Herausforderungen für benötigte Softwaretechnologien entstehen. Diesem Aspekt wird mit derartiger Arbeit entsprechend Rechnung getragen.

In weiterer Folge ist es notwendig ein System zu entwerfen, dass eine Homogenisierung aller Systemkomponenten in technischer sowie in wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht behandelt. Aus technischer Sicht ist es notwendig einzelne Komponenten in eingebetteter und integrierter Form zu gestalten, um eine dauerhafte und nachhaltig effiziente Form der Umsetzung und Systeminstallation zu ermöglichen. Wirtschaftlichkeit muss für alle betroffenen Parteien gegeben sein, damit das System in einem ständig aktiven Gebrauchsumfeld verwendet werden kann. Dazu ist es notwendig, dass einerseits die Kosten für Endverbraucher sich in einem Maß bewegen, das eine kurz- bis mittelfristige Amortisierungslaufzeit ermöglicht. Andererseits ist es notwendig die Kosten- und Organisationsstrukturen für Anbieter derart zu entwickeln und umzusetzen, um das Angebot des hier beschriebenen Systems in effizienter Weise zu ermöglichen. Darüber hinaus müssen einzelne Prozesse so umgesetzt werden, dass eine intuitive Systembedienung ermöglicht wird, wobei Informations- und Datenschutzbestimmungen in allen Fällen ermöglicht und eingehalten werden müssen.

7 Literaturverzeichnis

- [Far89] B. Farhar and C. Fitzpatrick, "Effects of Feedback on Residential Electricity Consumption: A Literature Review", tech. report SERI/TR-254-3386, Solar Energy Research Inst., 1989.
- [Ster92] P.C. Stern, "What Psychology Knows about Energy Conservation," Am. Psychologist, vol. 47, no. 10, pp. 1224–1232, 1992.
- [Wre06] C. R. Wren, E. M. Tapia, "Toward Scalable Activity Recognition for Sensor Networks", Lecture Notes in Computer Science, Location- and Context-Awareness, Volume 3987, pp. 168-185, 2006.
- [Tur08] P. Turaga, R. Chellappa, V.S. Subrahmanian, O. Udrea, "Machine Recognition of Human Activities: A Survey", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 18, no. 11, Nov. 2008.
- [Lom07] C. Lombriser, N. B. Bharatula, D. Roggen, G. Tröster, "On-body activity recognition in a dynamic sensor network", Proceedings of the ICST 2nd international conference on Body area networks, ICST, Brussels, Belgium, 2007.
- [Com06] Mitteilung der Europäischen Kommission, „Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potential ausschöpfen“, COM(2006)545, Brüssel, Oktober 2006
- [Gil09] K. Gill, Shuang-Hua Yang, Fang Yao, and Xin Lu. A zigbee-based home automation system. Consumer Electronics, IEEE Transactions on, 55(2):422-430, may. 2009.
- [Laz08] J. Lazaro, S. Abejon, A. Astarloa, F. Chamorro, and U. Bidarte. Sopc implementation of the TP-KNX protocol for domestic applications. pages 115-120, sep. 2008.
- [Lee09] Woo Suk Lee and Seung Ho Hong. Implementation of a knx-zigbee gateway for home automation. pages 545 _549, may. 2009.
- [Leo09] Chui Leong, A.R. Ramli, and T. Perumal. A rule-based framework for heterogeneous subsystems management in smart home environment. Consumer Electronics, IEEE Transactions on, 55(3):1208 -1213, aug. 2009.
- [Sch09] M. Schneps-Schneppe, ITU G.hn Concept and Home Automation, Lecture Notes in Computer Science, 2009, Volume 5764, Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking, Pages 1-7
- [Aut07] DIN EN 14908-1:2007-11. Firmenneutrale Datenkommunikation für die Gebäudeautomation und Gebäudemanagement - Gebäudedatennetzprotokoll - Teil 1: Datenprotokollschichtenmodell; Englische Fassung EN 14908-1:2005. Beuth, Berlin 2007.

8 Anhang

Die angehängten Dokumente setzen sich wie folgt zusammen:

- Verwendete Methoden und Aufbau der Arbeit
- Technologieevaluation Aktivitätserkennung
- Evaluation Einsparpotentiale
- Core Framework
- Sozialwissenschaftliche Begleitstudie
- Case Study
- Webseite powersaver.at
- Öffentlichkeitsarbeit, Dissemination
- Publikationen

Verwendete Methoden und Aufbau der Arbeit

Das Projekt wurde über neun Arbeitspakete abgearbeitet, wobei unter Anwendung eines iterativen Ansatzes ein prototypisches System erstellt wurde, über welches eine benutzerzentrierte, implizite Energieeffizienzsteuerung umgesetzt wurde. Im Folgenden ist die Aufstellung der Arbeitspakete und deren Inhalt angegeben.

AP01: SW-Middleware

Ziele:

Die zu entwickelnde Middleware erfüllt die zentrale Rolle der Datenaggregation, -weiterleitung und -analyse über zuschaltbare SW-Module, die in anderen APs (v.a. 02 u. 04) entwickelt werden. Die Middleware kann zentral oder auch verteilt betrieben werden – diese Entscheidung fällt in der Anfangsphase dieses AP.

- Entwicklung einer robusten, erweiterbaren Middleware, die als Framework für Energiespar-Algorithmen (s. AP02) und Aktivitätserkennungs-Algorithmen (s. AP04) dient
- Einheitliche Repräsentation verschiedener Sensor-Daten (s. AP03)
- Transparente Netzwerk-Kommunikation (s. AP06)

Ergebnisse:

Die realisierte Middleware wurde als Framework konzipiert und implementiert, um ein einfach erweiterbares und modulares System zu erhalten. Das Framework vereint die Sammlung aller verfügbaren Daten, die Auswertung dieser und die entsprechende Reaktion darauf.

Verschiedene Sensoren und deren Messdaten sind der Ausgangspunkt des Systems. Anhand von aktuellen Energieverbrauchsdaten, der Position und Aktivität der Personen im Haushalt sowie von Umweltfaktoren wie Temperatur, Uhrzeit, Datum, Helligkeit, etc. werden Eingangsereignisse generiert, die dann vom PowerSaver Framework verarbeitet werden.

Die Verarbeitung erfolgt anhand eines definierten Regelwerks, welches eine Sammlung aus Verhaltensregeln des Systems darstellt. Eine Regel besteht aus einem Ereignis, einer Bedingung und einer Aktion. Das Ereignis definiert ob die Bedingung einer Regel ausgewertet werden soll. Dies kann z.B. das Betreten eines Raumes durch eine beliebige Person sein, aber auch ein Sensormesswert, wie z.B. eine Veränderung der Lichtstärke. Wurde im Regelwerk für solch ein Ereignis eine Regel definiert, dann wird deren Bedingung überprüft, ein Ausdruck der auf „wahr“ oder „falsch“ ausgewertet werden kann. Ist die Bedingung erfüllt, also „wahr“, so wird die zugehörige Aktion ausgeführt, z.B. ein Verbraucher eingeschaltet. Durch verschiedene Prioritäten der Regeln kann eine Hierarchie dieser entworfen werden. Das gesamte Regelwerk kann jederzeit von den Personen im Haushalt modifiziert werden, die Priorität der vorhandenen Regeln ist veränderbar und neue Regeln können hinzugefügt oder entfernt werden. Details zur Definition der Hierarchie und der Regelabarbeitung finden sich in AP02.

Aktuatoren sorgen für die Umsetzung der Aktionen einer Regel auf Anweisung des Frameworks. Dieses setzt dabei ein Kommando ab, das von den Aktuatoren interpretiert und umgesetzt werden kann. Details dazu finden sich in den Arbeitspaketen AP05 und AP06.

Das Framework selbst läuft auf einem zentralen Server, der alle notwendigen Software- und Hardwarekomponenten für das Framework bereitstellt welche für die Kommunikation mit den Sensoren und Aktuatoren erforderlich ist. Ein dezentraler Ansatz hätte den Aufwand für die Kommunikation zu sehr erhöht.

AP02: SW-Energiespar-Algorithmen

Ziele:

In dieses Arbeitspaket fällt einerseits die Aggregation und Bewertung der Aktivitäten und andererseits die Auswahl der zu diesen Aktivitäten passenden Energiezustände regelbarer Geräte. Zunächst werden die Aktivitäten von Einzelpersonen zur Beurteilung verwendet, anschließend werden die Aktivitäten mehrerer Personen herangezogen.

- Entwicklung von Algorithmen zur Einsparung von Energie durch geeignete Regelung elektrifizierter Geräte in Haushalt- und Büro-Umgebungen

Ergebnisse:

Die Umsetzung der Energiesparalgorithmen erfolgt unter Zuhilfenahme eines regelbasierten Mechanismus, der bei Eintritt eines Ereignisses im System eine Menge aus individuell definierbaren Regeln abarbeitet, auswertet und zugehörige Aktionen durchführt. Diese Regeln werden durch die Bewohner eines Haushaltes definiert, geändert oder gelöscht und dienen dem PowerSaver System als Eingabeparameter für die Änderung des Energieverbrauchszustandes einzelner Geräte. Eine Regel besteht aus einem Ereignis, einer Bedingung und einer Aktion, wie bereits in AP01 beschrieben.

Die Aktivität einer Person ist ein Ereignis, welche die Abarbeitung des Regelwerks auslöst. Solch ein Ereignis kann beispielsweise das Betreten eines Raumes sein, oder eine Veränderung in der aktuellen Tätigkeit, bzw. Aktivität, einer Person. Wurde vom PowerSaver System ein Ereignis erkannt, wird das Regelwerk in einer wohldefinierten Form abgearbeitet. Die zuletzt hinzugefügte Regel wird zuerst ausgewertet. Passt das Ereignis der Regel mit dem aktuell aufgetretenen Ereignis zusammen, wird die Bedingung der Regel ausgewertet. Dies ist ein Ausdruck, der auf „wahr“ oder „falsch“ evaluiert werden kann, z.B. `PERSON Anna IN WOHNZIMMER`. Ist dieser Ausdruck „wahr“, so wird die zugehörige Aktion der Regel ausgeführt.

Eine Aktion betrifft in der aktuellen Implementierung immer eine Veränderung des Energiezustandes eines Verbrauchers. Das bedeutet, dass Aufgrund eines Ereignisses, wie das Betreten eines Raumes durch eine beliebige oder bestimmte Person, eine beliebige Menge an Verbrauchern ein-, aus- oder auf Standby-geschaltet werden kann.

Wurde der Energiezustand eines Verbrauchers durch eine Regel verändert, so ist dieser Verbraucher für alle weiteren Veränderungen gesperrt, bis ein neues Ereignis eintritt. Dadurch ist die Reihenfolge der Regeln entscheidend für die Aktion die auf einen Verbraucher ausgeführt wird. Verändert beispielsweise eine Regel A den Energiezustand eines Gerätes B auf „aus“, und eine weitere Regel B auf „ein“, und haben beide Regeln die selbe Bedingung sowie das gleiche Ereignis um evaluiert zu werden, dann ist die Reihenfolge von Regel A und B entscheidend ob nach Eintritt des Ereignisses der Verbraucher ein- oder ausgeschaltet ist. Steht Regel A vor Regel B, dann wird Regel B zuerst ausgeführt, da mit der zuletzt hinzugefügten Regel im Regelwerk begonnen wird. Damit ist der Verbraucher eingeschaltet. Steht jedoch Regel B vor Regel A, bedeutet das, dass Regel A zuletzt hinzugefügt worden ist, und damit wird der Verbraucher ausgeschaltet.

Durch dieses System können Regeln unterschiedliche Prioritäten zugeordnet werden welche jedoch auch im Nachhinein jederzeit vom Benutzer veränderbar ist.

AP03: HW-Sensoren

Ziele:

Integration geeigneter Sensoren (Wearable, Mobile, Static), die der Aktivitätserkennung dienen, inkl. Anbindung an die Kommunikationsnetze. Die Sensortechnologien im Rahmen dieses Projektes werden aus den bestgeeignetsten Technologien zur Aktivitätserkennung zusammengesetzt.

- Integration von Sensoren in das Gesamtsystem (Kommunikationsanbindung, Benutzergerechtes Packaging)

Ergebnisse:

Um die Aktivitäten einzelner Personen bzw. Gruppen von Personen feststellen zu können, wurden mehrere Arten von Sensoren evaluiert und angewandt. Konkret wurde ein Positionserkennungssystem zur genauen Bestimmung der Benutzerposition, verschiedene Energieverbrauchsmesssysteme sowie miniaturisierte benutzergetragene Sensorplattformen verwendet, um entsprechend benötigte Aktivitätserkennung durchführen zu können.

Die Sensorik zur Positionsbestimmung der Personen im Haushalt besteht aus dem Ubisense Ultra-Weitband System das für Laboraufbauten, Industriebetriebe und Großraumlager entworfen wurde. Dementsprechend ist deren optische Erscheinung ungeeignet für den privaten Haushalt, da sich die Empfängerstationen nicht ohne weiteres in das Wohnraumdesign integrieren bzw. verstecken lassen. Der Funktionsnachweis in Bezug auf das PowerSaver System wurde durch die durchgeführte Feldstudie erbracht, eine Integration der Technologie in kompakte Komponenten die ästhetisch anspruchsvoll sind wäre Teil eines Folgeprojektes.

Zur späteren Energieverbrauchsanalyse und -steuerung werden Smart Meter eingesetzt um den Gesamtenergiebedarf eines Haushaltes festzustellen, sowie als Zwischenstecker ausgeführte funkbasierte Durchflussmesser der Firma Möller, mit denen der sekundengenaue Strombedarf einzelner Geräte sowie des Gesamtsystems erfasst werden kann. Die Verwendung dieser Daten ist in AP02 ausgeführt.

Für die körperbezogene Aktivitätserkennung wurden mehrere Varianten an Sensoren und deren Platzierung evaluiert und getestet. In einem ersten Versuchsaufbau sind Orientierungssensoren der Firma Intersense in ein Paar Schuhe eingebaut worden, welche drahtlos mit einer Gegenstelle an einem PC kommunizieren. Mit diesen Sensordaten ist es gelungen eine Erkennung von Schritten durchzuführen, und zwar in einer Granularität, die auch erlaubt festzustellen ob sich eine Person gerade eine Stiege hinauf bzw. hinunter bewegt, ob diese Person geht, oder läuft. Somit kann die Aktivitätserkennung bereits eine Vielzahl an Tätigkeiten, bei denen sich die Person fortbewegt, erkennen. Für mit Händen ausgeführte Aktivitäten können entsprechende Sensoren an den Handgelenken befestigt werden um diese erkennen zu können. Mit einer handgetragenen JAVA SunSpot Sensorplattform, können beispielsweise Aktivitäten wie „Kaffeezubereitung“ oder „Reinigen“ erkannt werden. Um ein möglichst benutzerfreundliches Design zu ermöglichen, wurde als Designziel für die körpergetragene Sensorplattform eine Armbanduhr gewählt, da diese von vielen Menschen genutzt wird. Als Ergebnis dieses Designkonzeptes kann die PowerSaver Watch betrachtet werden. Basierend auf einer Off-the-Shelf Lösung vereint sie Sensorik zur Aktivitätserkennung und Funktransceiver mit einem einfachen Armbanduhr-Gehäuse und einer LCD Zeitanzeige. Der Nachteil dieser Off-the-Shelf Lösung liegt jedoch in der geringen Speicherkapazität des Mikro-Kontrollers, die nicht für eine Aktivitätserkennung am Gerät selbst ausreicht.

AP04: SW-Aktivitätserkennung

Ziele:

Entwicklung von Algorithmen zur Aktivitätserkennung aus (1) HW-Sensoren (s. AP03) sowie (2) Soft-Sensoren (Kalender, Mobile Ticketing, Browserverhalten, Fahrpläne)

- Erkennen von Aktivitäten einzelner aber auch mehrerer Personen im Haushalt/Büro durch Auswertung von Sensordaten

Ergebnisse:

Im Zuge des Projektes stellte sich immer mehr heraus, dass die meisten Energiespareffekte bereits allein durch die Position einer Person erzielt werden können, unabhängig von ihrer genauen Aktivität. Darum wurde in weiterer Folge die strikte Trennung von Position und Aktivität verworfen, und die Position selbst als eine Form der Aktivität interpretiert. Zusätzlich liefern Durchflussmessgeräte den aktuellen Energieverbrauch einzelner Geräte, wodurch eine weitere Verfeinerung der Aktivitätserkennung ermöglicht wird. Um eine genaue Feststellung der individuellen Benutzeraktivität zu erreichen, kann darüber hinaus vom PowerSaver System auf die Daten von körpergetragenen Sensoreinheiten zurückgegriffen werden. Dadurch ergeben sich drei Aktivitätsklassen:

- Positionsaktivität: Lokalisierungssystem
- Energieaktivität: Energiemesssystem
- Individualaktivität: Körpergetragene Inertialsensorplattform

Befindet sich beispielsweise eine Person im Badezimmer, dann ist diese Person zu 60,87% Wahrscheinlichkeit mit Zähneputzen (2x am Tag, jeden Tag in der Woche), zu 30,43% mit duschen (1x am Tag, jeden Tag die Woche) und zu 8,71% mit Reinigen oder anderen Tätigkeiten beschäftigt. Berücksichtigt man unter diesem Aspekt noch die Uhrzeit und die Verweildauer der Person im Bad, lässt sich diese Einschätzung der Aktivitäten weiter verbessern bzw. in weitere Aktivitätskategorien aufteilen. Zum Beispiel kann eine weitere Tätigkeit im Bad das Haarföhnen sein, was in der obigen sehr vereinfachten Prozentangabe nicht berücksichtigt wurde.

Die Erkennung der Aktivität einer Person läuft für jede Person im Haushalt eigenständig. Somit können verschiedene Personen und deren Aktivitäten sowohl unabhängig voneinander als auch gleichzeitig erkannt und ausgewertet werden. Damit ergeben sich individuelle Energiesparpotentiale.

- Zuverlässiges Erkennen von Einzel-Aktivitäten
- Zuverlässiges Erkennen simultaner Aktivitäten mehrerer Personen

AP05: HW-Aktuatoren

Ziele:

HW-Aktuatoren dienen der Ansteuerung elektrifizierter Geräte, um den Energie-Level zu senken (Energiespar-Maßnahmen) oder zu heben (vorbereitende Maßnahmen – Komfortsteigerung). Grundsätzlich ist die Entwicklung von „Stick-On“ Adaptern vorgesehen, die ohne Manipulation an Geräten deren Energiezustände regeln können, etwa durch Steuerung des Fernsehers über die Infrarot-Schnittstelle oder von Beleuchtungskörpern über eine Funkschnittstelle. Für die Ansteuerung von Aktuatoren mit vorhandener Netzwerkfähigkeit werden UPnP Geräte bevorzugt. Schwerpunktmäßig wird auch die Nutzung fernauslesbarer Energy-Meters als Aktuatoren untersucht, um die dort vorhandene Kommunikations-Infrastruktur gebündelt nutzen zu können.

- Entwicklung geeigneter HW-Aktuatoren zur Steuerung der Energie-Level elektrifizierter Geräte, inkl. der Anbindung an das Kommunikationsnetz um die Ansteuerung zu ermöglichen

Ergebnisse:

Aktuatoreinheiten sind Komponenten die aufgrund von Steuerkommandos des PowerSaver Servers eine Zustandsänderung herbeiführen, um so den Energieverbrauch des mit der Komponente verbundenen Energieverbrauchers zu verändern bzw. zu beeinflussen. Diese Komponente kann sich entweder zwischen der Energieversorgung und dem Verbraucher oder aber auch direkt im Verbraucher befinden, sofern dieser über die notwendige Technologie verfügt. Die Steuerung dieser Komponenten erfolgt über den UPnP Standard der auf UDP/IP Basis verschiedenste Geräte untereinander steuerbar macht. Einheitliche Kommandos sorgen dafür, dass jedes Gerät im UPnP Verbund diese auch interpretieren und ausführen kann. Diese Kommandos werden je nach Erfordernis von der zentralen Servereinheit des PowerSavers an die entsprechende Komponente übermittelt.

Ist das PowerSaver System mit dem normalen Netzwerk des Haushaltes verbunden und verfügt damit über eine Kommunikationsmöglichkeit mit anderen PCs, können diese durch entsprechende Softwarepakete ebenfalls gesteuert werden. Im Zuge der Demonstration des PowerSaver Systems wurde so eine Anbindung mittels eines Mediacenter PCs realisiert, welcher durch UPnP Kommandos in verschiedene Stromsparmodes versetzt werden kann.

Da nicht alle Komponenten von Werk aus UPnP Fähig sind, wie z.B. eine Leselampe, wurde für diesen Fall eine weitere Schnittstelle benötigt. Einfache Verbraucher wie Lampen, Heizlüfter, etc. können durch sogenannte Zwischenstecker, das sind steuerbare Relais, angesprochen werden. Im Konkreten Fall des PowerSaver Systems wurde zu Demonstrationszwecken eine Anbindung an das Möller Heimautomatisierungssystem implementiert. Damit lassen sich Kommandos an Möller Zwischenstecker per Funk übertragen, und somit einfache Verbraucher ein- und ausschalten sowie auch dimmen. Eine zusätzliche Softwarekomponente setzt dabei die vom PowerSaver gesendeten UPnP Kommandos in vom Möller Zwischenstecker ausführbare Funkdaten um. Die Anbindung an weitere Heimautomatisierungssysteme wie EBI oder KNX ist durch die auf UPnP basierende Aktuatorkoordinationsschicht ohne weiteres möglich, da lediglich eine Softwarekomponente benötigt wird, welche die UPnP Kommandos in Kommandos umsetzt die von dem jeweiligen Heimautomatisierungssystem interpretiert werden kann. Dies wurde jedoch nur noch konzeptionell umgesetzt, da bereits durch die Möller Anbindung ein Funktionsnachweis erbracht wurde.

AP06: HW/SW-Kommunikation

Ziele:

Um die HW-Sensoren, HW-Aktuatoren und die entwickelte Middleware miteinander zu koppeln, werden passende Kommunikationskanäle ausgewählt (WLAN, Ethernet, Powerline, ZigBee, Bluetooth, GPRS, UMTS, ...) und die entsprechenden HW-Komponenten entwickelt oder integriert und konfiguriert.

- Integration geeigneter Kommunikationsmittel zur Kopplung von Middleware, Sensoren und Aktuatoren

Ergebnisse:

Die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten wie Durchflussmessgeräten, Körpergetragenen Sensoren zur Aktivitätserkennung, Aktuatoreinheiten zur Beeinflussung des Energieverbrauches der im Haushalt befindlichen Geräte sowie die Kommunikation zum zentralen Server ist auf physischer Ebene in verschiedenen Arten realisiert.

Zwischen den einzelnen Sensoren zur Aktivitätserkennung erfolgt der Datenaustausch auf einem durch den IEEE 802.15.4 Standard spezifizierten Protokoll und besteht hauptsächlich aus den Sensordaten um den Energieverbrauch der Funkhardware möglichst gering zu halten. Die einzelnen Sensorwerte werden noch am Körpergetragenen Gerät voranalysiert, damit die Menge an Daten die per Funk übertragen werden muss reduziert werden kann. Die vorgefilterten Ergebnisse werden auf der zentralen Servereinheit des PowerSaver Systems weiterverarbeitet. Zu diesem Zweck befindet sich ein Funkempfänger am Server.

Das Ubisense Positionierungssystem arbeitet im Ultra-Weitband Bereich (6-8GHz) und beeinträchtigt damit die Kommunikation zwischen den Sensoreinheiten nicht. Der vom Benutzer getragene Tag sendet einen Impuls aus, der von allen Empfangsstationen erfasst wird. Die Empfänger sind untereinander mit Standard Cat5. Ethernet Kabeln zur Synchronisation verbunden. Gleichzeitig erfolgt die Energieversorgung der Empfänger über diesen Anschluss. Ein „Power over Ethernet“ Switch ist zu diesem Zweck erforderlich. Um Daten aus dem Empfängersystem auslesen zu können, ist der zentrale Server des PowerSaver Systems ebenfalls mit diesem Switch verbunden.

Die Steuerung der Aktuatoreinheiten erfolgt unabhängig von der Art des Aktuators vom zentralen Server aus durch UPnP Standard konforme Kontrollnachrichten welche auf UDP/IP basieren. Diese werden in weiterer Folge von entsprechenden Softwarekomponenten für die jeweilige Aktuatorklasse umgesetzt. Dieses Konzept ermöglicht eine einfache Erweiterung um neue Aktuatorklassen, da zur Ansteuerung lediglich eine Softwarekomponente hinzugefügt werden muss, welche die Umsetzung der UPnP Kommandos auf die jeweilige Aktuatorklasse realisiert. Zudem kann diese Software auch auf einem anderen Gerät laufen, und braucht nur mit dem PowerSaver Server per Ethernet Kabel oder WLAN verbunden sein. Für die Demonstrationen der Funktionsfähigkeit des PowerSaver Systems wurde das Möller Heimautomatisierungssystem als Aktuatorklasse eingeführt. Zum Schalten der einzelnen Zwischenstecker, und damit der dort angeschlossenen Verbraucher, wird von einer Software am PowerSaver Server das UPnP Kommando in ein Möller Kommando umgesetzt, welches dann mit 868MHz basiertem Funk an den betreffenden Zwischenstecker gesendet wird. Für kabelbasierte Lösungen wie KNX oder EIB ist diese Möglichkeit ebenfalls vorhanden.

AP07: Case Study Home und Office

Ziele:

Die in Meilenstein 1 und 2 entwickelten HW- und SW-Komponenten werden in einem Feldversuch in ausgewählten Haushalten und Bürogebäuden aus dem Kundenstock von P1 installiert und betrieben. Die gewonnenen Daten werden ausgewertet und für die Ansteuerung von Endverbrauchern herangezogen, um eine quantitative Aussage über das Einsparungspotential der entwickelten Lösung zu gewinnen.

- Vorbereitung und Durchführung einer Feldstudie, um die entwickelten Komponenten über einen längeren Zeitraum in Haushalten und Bürogebäuden zu testen und das Energiespar-Potential quantitativ beziffern zu können.

Ergebnisse:

In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner wurde die Feldstudie sowohl in den Privathaushalten als auch in den Büroräumen realisiert. Die Privathaushalte stammen aus dem Versorgungsgebiet des Projektpartners, die Büro Feldstudie wurde in Räumlichkeiten des Partners durchgeführt, in denen Personen arbeiten die nicht mit dem PowerSaver Projekt betraut sind, um eine etwaige Beeinflussung der Daten durch Projektmitarbeiter zu vermeiden. Neben der Sammlung von Positionsdaten der Personen in den Haushalten wurden eine Erfassung der Energieverbräuche einzelner Geräte sowie der Energieverbrauch des gesamten Haushaltes durchgeführt. Diese Daten bilden in weiterer Folge die Grundlage für die Berechnungen der Energiesparpotentiale eines Haushaltes, basierend auf den für diesen Haushalt individuell entworfenen Regelsätzen. Die Verbraucher wurden in der Feldstudie nicht durch das PowerSaver Framework geschaltet bzw. kontrolliert, da der Einbau der Funk-Zwischenstecker nicht für jedes Gerät möglich gewesen wäre bzw. einen erheblichen baulichen und/oder elektroinstallationstechnischen Aufwand mit sich gebracht hätte.

Aufgrund der Implementierung des PowerSaver Systems ist die Quelle der Positions- und Aktivitätsdaten der Personen im Haushalt irrelevant für dessen Funktion. Die Daten können entweder direkt von den Sensoren geliefert werden, oder aber auch bereits früher aufgezeichnet worden sein, und nun aus einer Datenbank abgerufen werden. Die Funktionsweise des Systems wird dabei nicht beeinträchtigt, wodurch ein direkter Vergleich zwischen Simulation und Echtbetrieb möglich wird. In diesem Simulationsmodus ist es möglich, das Schalten der Geräte in dem betreffenden Haushalt durch das PowerSaver System vorzunehmen, wodurch ein direkter Vergleich möglich wird, wie viel Energie in diesem Haushalt durch das System eingespart werden könnte.

Aufgrund der nicht für den gesamten Haushalt flächendeckenden Aufzeichnung von Positionsdaten, befinden sich auch Energieverbräuche in der Statistik, die nicht durch das PowerSaver System beeinflussbar sind, aber durch Durchflussmesser erfasst wurden. Hinzu kommen Energieverbräuche die aufgrund baulicher Gegebenheiten nicht durch Durchflussmesser erfasst werden konnten, jedoch durch den Smart Meter in die Statistik eingehen. Durch spezielle, individuelle Regelwerke für jeden Haushalt können durch die Anwendung des PowerSaver Systems im Schnitt bis zu 8,94% des Gesamtenergieverbrauches eingespart werden.

AP08: Sozialwissenschaftliche Studie

Ziele:

Neben der Mithilfe bei der konzeptionellen Entwicklung der Fallstudie hinsichtlich Privatsphäre, Arbeitsrecht und gesetzlichen Bestimmungen umfasst dieses Arbeitspaket auch die Evaluierung der Einwirkung und gesellschaftlichen Akzeptanz von körpergetragener Aktivitätserkennungs-Sensorik unter Berücksichtigung deren Industrial Designs. Der Erfolg und die spätere wirtschaftliche Relevanz des Forschungsprojektes sind entscheidend durch diese Faktoren geprägt.

- Begleitende, beratende Maßnahmen bei der Planung des AP 7 Case Study zur schnellen unkomplizierten Durchführung
- Evaluierung der entwickelten Lösung im Hinblick auf Sozialverträglichkeit: Kundenakzeptanz, Kundenzufriedenheit, Ausmaß der Technologienutzung, ...

Ergebnisse:

Für die Durchführung der Sozialwissenschaftliche Studie wurden zwei Benutzerfragebögen in Zusammenarbeit mit dem Institut für soziale Innovation erstellt, wovon der erste jeweils zu Beginn der Feldstudie von einem repräsentativen Benutzer des Haushaltes beantwortet wurde, und der zweite Fragebogen nach Ende der Feldstudie abgefragt wurde. Auf Basis dieser Fragebögen wurde vom Institut für soziale Innovation eine entsprechende Evaluierung erstellt.

Mit der sozialwissenschaftlichen Analyse der Feldstudie sollten folgende Klassen von Fragen beantwortet werden:

1. Energiebewusstsein aus gesellschaftlicher Sicht
2. Individuelles Energiebewusstsein in Österreich
3. Technologie-Affinität <> Energiespar-Ehrgeiz
4. PowerSaver
5. Sozialverträglichkeit von Ambient- / Pervasive-Computing Technologie per se

Innerhalb der Studie hat sich gezeigt, dass die an der Studie teilnehmenden Parteien durchwegs positiv mit dem System in Interaktion treten konnten. Durch den reinen Datenaufzeichnungscharakter des eingesetzten Systems waren betroffene Personen nicht immer sofort von der Wertigkeit und Wichtigkeit des Systems überzeugt, zeigten sich aber grossteils motiviert sogar bei weiteren ähnlich gelagerten Studien teilzunehmen um bei der Beschleunigung solcher Vorhaben mitzuwirken und mittelfristig ein solches System zum eigenen tagtäglichen Gebrauch zu erwerben um dadurch eine effektive Senkung der praktisch aufgewendeten Stromkosten herbeizuführen.

- Schriftliche Zusammenstellung der qualitativen und quantitativen Ergebnisse des Projekts zu zukünftigen Verbesserungen und Weiterentwicklungen
- Erstellung eines zentralen Dokuments mit Hinweisen zur verwendeten Technologien, Methoden, um eine objektive Bewertung des Projekt-Erfolgs (operativ und am Energiesparerfolg gemessen) zu ermöglichen.

Eine ausführliche Aufarbeitung der sozialwissenschaftlichen Studie ist im Anhang angeführt.

AP09: Dokumentation

Start: 12/08

Ende: 01/11

Ziele:

Die geleistete Arbeit wird rückblickend kritisch betrachtet: Wie hoch ist die Energieeinsparung – wie beziffert sich der Impact des PowerSaver-Konzepts? War die Auswahl der Technologien und Werkzeuge richtig und gut? Was hat sich bewährt, was nicht? Welche Energiesparmaßnahmen haben signifikant zum Erfolg beigetragen? In welchen Bereichen ist das höchste Verbesserungspotential?

- Evaluierung der entwickelten Lösung im Hinblick auf: Effizienz, Performanz und Stabilität unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Feldstudie
- Dokumentation der gewählten Technologien, Ansätze, Methoden, Techniken hinsichtlich der operativen Projektarbeit (rasche Integration, einfache Handhabung, Flexibilität) sowie hinsichtlich der Performanz (Effizienz, Güte, Qualität, Beitrag zu Ergebnis der Feldstudie)

Ergebnisse:

Die Ergebnisse der Aktivitätserkennung wurden in einem Poster auf dem „13th International Symposium on Wearable Computers“ 2009 in Linz publiziert. Weitere Publizierungen der Ergebnisse in wissenschaftlichen Konferenzen und Journals sind in Vorbereitung:

- “Activity Recognition for Body Worn Sensors” at the fifteenth annual IEEE International Symposium for Wearable Computers 2011, San Francisco, USA, Paper Deadline February 9th 2011
- “PowerSaver Framework Case Study in 14 Homes” at the 13th ACM International Conference on Ubiquitous Computing 2011, Beijing, China, Paper Deadline April 15th 2011

Der Endbericht, der im Zuge der Formalitäten des Förderprogrammes erforderlich ist, dokumentiert die gesamte Entwicklung und Arbeit des Projekts über die Laufzeit von zwei Jahren. Die darin enthaltene Information wurde zudem als Input für ein Gesamtdokument genutzt, dass den Projektfortschritt und die Ergebnisse dokumentiert, und damit die Wiederverwendung der Projektergebnisse erleichtert. Die Qualität der Projektergebnisse kann anhand der erreichbaren Energiesparpotentiale abgelesen werden.

Während der Projektlaufzeit wurde fortwährend ein institutsinternes Wiki genutzt, in dem die wichtigsten Erkenntnisse über die Hardware, wie die Verwendung und Installationshinweise des Ubisense Systems für die Feldstudie, Installations- und Konfigurationsschritte für das implementierte Framework oder Detailberichte, dokumentiert wurden.

Eine grundsätzliche Installationsanleitung für alle Komponenten findet sich ebenfalls in diesem Wiki, jedoch nicht in einer Form die für Laien bzw. die Personen im Haushalt ohne Hintergrundwissen verständlich wäre. Eine detaillierte Anleitung zur Bedienung des Frameworks und seinen Komponenten befindet sich im Anhang.

Neben der Dokumentation der Soft- und Hardwareentwicklung wurden auch die Internen und Externen Meetings dokumentiert und die Ergebnisse dieser in Form von Besprechungsprotokollen festgehalten.



PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 1 – Evaluation of Sensor Technology for Activity Recognition

2011-01-31



Table of Contents

1	Introduction	3
2	Hardware Evaluation	4
2.1	Intersense Inertia Cube	4
2.2	Java SunSPOT	5
2.3	Ubisense	7
2.4	TI eZ430 Chronos	8
2.5	EnergyToken	9
3	Conclusion	10
	References	11



1 Introduction

Activity based energy management can be utilized to preserve energy in respect to the location and activity of a person in an implicit way, i.e. the person does not have to press a button to save energy. The simplest form would be a movement sensor, which switches the lights on and off according to the presence of a person in the room. Combined with sensors to measure the environmental lighting conditions, the movement sensor can be enhanced to switch the lights only if there is not enough daylight available. For a more sophisticated control of the energy consumption of different devices, additional context information is required, which can be delivered by a multitude of sensors placed in the environment of a person, and especially on the person. Unique identification of a person can be used to adapt the brightness of the lights to a level this person prefers. Such an approach can raise privacy concerns, thus it is important to note that activity based energy management must not use biometric data to identify a person, so there is no direct relation of a person's biometric data and the profile for the energy management. In other words, think on a wearable device X which is used to identify a person A. If another person B is using the same device X, all settings and preferences of person A are used by the activity based energy management, although person B is in the room. While this approach reduces privacy concerns, it raises security issues. Since the system can no longer be sure that the person in the room is the original owner of the wearable device, the device itself must not act as a key for a door or similar, as it would give access to the room, or household, when it got stolen. These two considerations, namely privacy and security, have a high influence on the design of such a wearable device.

Another important factor is the aesthetic of such a device. Since a person should wear it almost all time, it has to have an appealing design, small dimensions, low weight and a very long battery life-time. Some of those requirements are conflictive, as small dimensions and low weight are not achievable together with a long battery life-time, since the weight and dimension of the battery increases with its capacity. Tradeoffs have to be made to maximize battery capacity and minimize dimensions and weight of the wearable device. Low-Power hardware must be used for this device, which leads to the utilization of a micro-controller and suitable sensors. The highest energy density of rechargeable batteries is achieved by lithium polymer technology. When normal, not rechargeable, coin cells are used, the user is required to exchange them every now and then. With rechargeable batteries, the wearable device can be plugged to a charging station, whenever the user is going to sleep. Thus the battery has to have a capacity for at least 24 hours, which can be achieved with small and compact battery packs, ideal suited for a wearable device.

Having these facts in mind, we started to evaluate different sensors and sensor platforms to find a wearable device which can be used to fulfil our project goal, activity based energy management. The following chapter gives an overview of the hardware evaluation we have made and further details to the chosen sensor platforms are described in the subsections later on. Not fully satisfied with current market solutions, we have also started to develop our own sensor platform, which needs further evaluation and testing but has already a small form factor for integration into everyday objects like a wrist worn watch. The "EnergyToken" is self-contained and utilizes a lithium polymer battery with charge management on-board.



2 Hardware Evaluation

To recognize the activity of a person, sensors have to be placed in the proximity of this person, or directly on the person to collect information on the person's movement and body posture. The more sensors are used, the higher the accuracy of the recognized activity, but an increasing amount of sensors leads to a decrease in usability, even if the sensors are wirelessly connected to each other or the main computing entity. A trade-off has to be found between recognition accuracy and usability of the wearable sensor platform.

In our project, we understand the location of a person as the most basic form of this person's activity, since there is a strong relation of the location and activities which are done at that location. For example, consider a person who is located in the kitchen, then it is most likely that this person is cooking or involved in other activities which are related to the kitchen. At this point, we cannot define the exact activity of a person, but we can reduce the amount of possible activities. Imagine further, that the kitchen is separated into different activity zones, one at the oven, one at the refrigerator, etc. Now we can reduce the amount of possible activities even further, and sometimes, there is only a single activity remaining. Thus the location of a person can lead us to the activity. If the location information is not enough to classify the activity of a person, the data from the wearable sensor platform is included into the algorithms which delivers detailed information on the posture of the person, the movement on the arms and legs of the person, etc. These sensor data sets are acquired independent by the wearable sensor platform. During the first month of the project, off-the-shelf available sensor platform solutions have been examined for their accuracy and usability if used as body worn sensors. Details of this examination and prototype implementations of a wearable sensor with these platforms are described in the following subsections.

2.1 Intersense Inertia Cube

The Intersense Inertia Cube III [ICub11] is an inertial sensor which can sense its orientation in relation to the floor in three degrees of freedom. The sensor is wirelessly communicating with a base station connected to a PC which evaluates the received data. Depending on the amount of sensors used, the update rate of the sensor is between 120 and 180Hz. The sensor utilizes an accelerometer, a gyro-meter and a magnetometer to sense its orientation and can be used as calibration tool for digital compasses and magnetic field compensation. Originally designed to be used in real-time simulation and training, we have chosen to use the Inertia Cube III in our first approach of a wearable sensor platform, as it delivers a lot of sensor data which can be used for activity recognition, while being compact in size.

Image 1 shows the prototype we have developed. The Inertia Cube has been added together with a battery into a shoe. With a 9V block battery, the sensor was able to work for 8 hours, until the battery was depleted. While this would be enough in some cases, it is unconvincingly for a product a person would use in the household. The Inertia Cube transmits the data to a PC, which reads the values and prepares them according to the API defined by Intersense. This API is written in C, whereas the rest of the Power Saver Framework is implemented in Java, since it uses OSGi. Thus, a wrapper class was developed, which translates the C API calls to our Power Saver Framework. Our classifier algorithms are then processing these sensor values and decide if the person, which uses the shoe, is standing, walking, walking a stair up or down, running, etc. Due to this, we can



reduce the amount of activities a person can do at the moment, and in some cases we can conduct the activity directly just from the sensor values provided by the shoe.

However, activities where the person stands still and is just using the hands, cannot be recognized with this shoe system. Another sensor platform is required, to check at least one hand for its movement. Thus we had to investigate more time in the hardware evaluation.



Image 1: Prototype of our wearable sensor device implemented as shoe, based on the Inertia Cube III

2.2 Java SunSPOT

The Java SunSPOT [JSun11] is an embedded device which combines an ARM9 based CPU at 180MHz clock, together with different sensors and expansion cards. The software executed on the SunSPOT is written in Java with an optimized implementation of a Java Virtual Machine. For communication, the SunSPOT utilizes an IEEE 802.15.4 based radio transceiver which can deliver the measured sensor data and further information to a base station which is connected to a PC, where another Java program can be used to interpret the received data. The SunSPOTs we have used for the evaluation are equipped with a three axis accelerometer with a measurement range between zero and two or zero and six G. This depends on the configuration, written to the accelerometer by the processor. Due to the simple API and easy usage, we have chosen the SunSPOT for further testings and development in the activity based research line of the project.

To evaluate the potential of the SunSPOTs, we have written a data recorder application, which gathers accelerometer sensor values until a button is pressed on the SunSPOT to download the logged data to a base station. For data acquisition, five persons were equipped with a SunSPOT on each hand and foot, and given the task to get themselves a cup of coffee. Each person had to repeat the task three times, to gather multiple data sets for the classifier algorithms. Each run has been recorded on video, which acts as ground truth for the classification of activities. With these data sets, we were able to design activity recognition algorithms not only on a PC with a base station, but directly on the SunSPOT itself. This increased the battery life-time of the SunSPOT, as most of the power consumption in the current scenario is caused by the wireless communication, and the processor itself requires a fraction of the power the radio transceiver does.

Image 2 shows pictures of the data set recording in the kitchen of the Institute. In the top picture on the left side, the room can be seen, with the setup of the PC where the base station is connected to. The web-cam which records the video is right above the coffee machine.



Image 2: Pictures of the data recording in the kitchen of the Institute

The gathered data values have been tagged with activities by hand in comparison to the video which was recorded. To synchronize the acceleration values with the video, each participant had to clap her/his hands three times, and stomp with each foot three times on the ground. Due to the clapping and stomping, we have three sharp spikes in the acceleration data values. When the spikes are aligned with the video frame, where the hands



touch each other, we have reached a synchronisation level between these sensor data values and the ground-truth video. Now we can easily define which acceleration values correspond to which activity by simple visual comparison of the two. An image of the raw data values can be seen below.

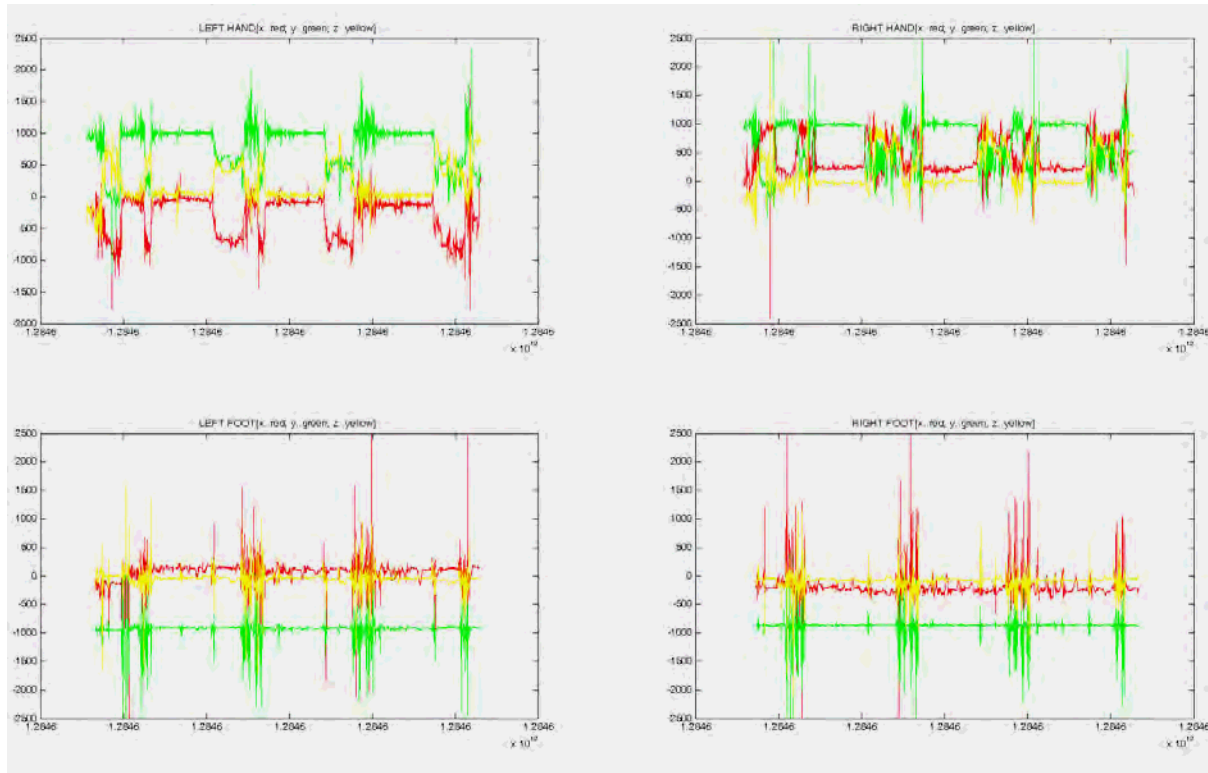


Image 3: Complete accelerometer data set of a person during the execution of the test run which lasted 3:39 min.

These data sets were used to check if we are able to fine tune the classification algorithms in a way that activities like “coffee making” are detected, and if we can recognize specific sub-activities like “adding milk”, “stir up”, etc.

Until now, we were not able to verify the classification algorithms in an empirical way, and we believe that the fine tuning of the algorithms reached a level where we are able to detect some of the mentioned subtasks for “coffee making”, but for other activities, this cannot be done, as we would have to train the classifier algorithms accordingly. Due to the amount of work, required for this training, we have not yet completed the verification of our algorithms.

Another drawback of the SunSPOT system, as we used it in this data recording scenario, is the size of each device. They are neither small and compact nor aesthetical and practical for daily usage. A smaller system needs to be found, with similar attributes.

2.3 Ubisense

Ubisense [Ubi11] is a commercial position- and location tracking system based on ultra-wideband technology. User worn devices, called tags, are emitting high frequency pulses which are received by the receiver stations, where at least four of them are needed in every room where the position tracking is desired. All receiver stations are interconnected to each other and are calculating the position of the tag, based on their reception of the tag's signal.



Utilizing angle of arrival (AoA) and time difference of arrival (TDoA) algorithms, the Ubisense system has a maximum deviation of 15 centimetres and is robust in respect to distortions and obstacles made of metal. The update interval of the tag is configurable between 0.1 and 180 seconds. The system requires to be connected to a PC which calculates the exact position of the tag; each receiver station is powered via Power-over-Ethernet.



Image 4: The Ubisense RTLS in one of the case study households

To gain a very high detailed data set, which acted as ground truth for our further developments, we used the Ubisense RTLS in all fifteen households to record the movement of the inhabitants. With this data set, we were able to calculate the energy saving potential of each and every household, since the Power Saver framework can also use recorded data and simulate the switching of the energy consumers as if they were switched during the data recording.

2.4 TI eZ430 Chronos

According to a paper about Texas Instruments' location algorithm, indoor location tracking with IEEE 802.15.4 based radio transceivers is possible, but with a maximum accuracy of 1.28m in best conditions [Ten08]. Looking for a smaller and more compact solution for the wearable sensors for activity recognition, we found the TI eZ430 Chronos[Chro11], which is an embedded micro-controller with accelerometer and temperature sensor, encapsulated into a wrist watch. Knowing that most activities can already be recognized with only the location of the person, we decided to evaluate this device for its usability for our project. In some cases, the location of a person on a room level is already enough for the Power Saver framework, to decide which power levels have to be adjusted in the corresponding room. If this location information is not sufficient, accelerometer values of the Chronos are used to detect the activity in a more detailed level.





Image 5: The ez430 Chronos watch, branded for the project partner Energie AG

data transfer and bandwidth, which is not an issue, as both platforms are delivered with suitable API bindings for the sensors. The processor of the Chronos is less powerful compared to the SunSPOT, but it consumes less power too. Like with the SunSPOT, the main power consumer is the radio transceiver. A major drawback of the Chronos is its very limited memory of 32kB, with some of this memory already reserved for the firmware. With a sample rate of 1Hz, we can record a maximum of 41 minutes of accelerometer data, which is rather poor in terms of sample rate and recording time. The data recording would be required, as it needs less power than a continuous transmission of the sensor values. Memory as bottleneck raises another issue. If we want to do the feature extraction of the sensor values directly on the Chronos itself, to reduce sensor data to be stored and sent over radio, we have even less room for recorded values, as the feature extraction requires memory as well.

2.5 EnergyToken

To circumvent the shortcomings of the eZ430 Chronos platform, we have designed our own platform prototype, which improves the memory bottleneck and radio communication range. For wireless communication, a higher frequency band is used, compared to the Chronos, which increases bandwidth, and allows shorter message bursts which results in a shorter activation of the radio transceiver to conserve energy. An onboard lithium polymer battery provides sufficient power for at least 36 hours runtime. The battery can be recharged by connecting the Energy Token to the USB port of a PC, or by using a mobile phone charger with micro USB plug. This device can be used as foundation for a new project, where the usability and its aesthetic design are optimized. It features a three axis accelerometer, three buttons for interaction, a dual colour LED and an optional microphone. The missing LCD display needs to be added to the device, in case it should act as a wrist worn watch, beside its main function as Power Saver.



Image 6: EnergyToken, top and bottom side



3 Conclusion

To gain the ground truth information we used in our calculations on the energy saving potential of each household, we used the Ubisense location tracking system, as it is the most accurate of all listed approaches for user tracking and is available on the market with an API which we were able to integrate into our Power Saver framework. However, the aesthetics of the Ubisense sensor array is not satisfying and cannot be used in a household as is. Another downside of the system is the missing accelerometer based activity recognition, as there are no further sensors available for the Ubisense tag, which is worn by the user. Thus another device would be needed to be worn by the user, which reduces usability of the whole Power Saver system. Trying to find a trade-off between usability, location tracking and activity recognition, we evaluated the Java SunSPOT and the Texas Instruments eZ430 Chronos platforms. Not fully satisfied with both, we designed our own platform where we believe that it can be used as the Power Saver wearable device, able to be used as location tracking and activity recognition platform.



References

- [ICub11] Intersense Inc., Wireless InertiaCube3, <http://www.intersense.com/pages/18/59/>, URL from Jan 2011
- [JSun11] Sun Microsystems Inc., Java SunSPOT, <http://www.sunspotworld.com/>, URL from Jan 2011.
- [Ubi11] Ubisense Ltd., Ubisense RTLS, <http://www.ubisense.net/en/>, URL from Jan 2011
- [Ten08] Tennina, S., Di Renzo, M., Graziosi, F., Santucci, F., "Locating ZigBee Nodes Using the TI CC2431 Location Engine", Proceedings of the 14th Conference on Mobile Computing and Networking - MELT'08, 2008
- [Chro11] Texas Instruments Inc., eZ430 Chronos, <http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/eZ430-chronos.html?DCMP=Chronos&HQS=Other+OT+chronos>, URL from Jan 2011



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 2.1 – Standard Regelvorlagen für Geräteklassen

2011-01-31

Michael Matscheko, Pier Lorenzo Bianchini



1 Standard Regelvorlagen für Geräteklassen

Um automatisiert Regelsätze für neue Haushalte zu erstellen, wird folgende Standard-Vorgehensweise vorgeschlagen:

- Jedes Gerät im Haushalt ist einer von 188 vorgegebenen Geräteklassen zuzuordnen.
- Für jedes Gerät wird, abhängig von der Geräteklasse, eine Regel aus untenstehenden Vorlagen erzeugt.

Einsparung von Beleuchtungsenergie

Lichter nur an, solange jemand im Einzugsbereich und nur wenn dunkel (optional: wenn Nacht). Optimal wäre ein Lichtsensor, der die Umgebungshelligkeit erfasst, ist ein solcher nicht verfügbar, können die Lampen auch nur zu Nachtzeiten aktiviert werden.

Regelvorlage:

```
IF PERSON NOONE IN <surrounding-area> {  
    SET POWER OFF FOR <device>;  
}  
ELSE {  
    IF TIME IN [19:00, 9:00] {  
        SET POWER ON FOR <device>;  
    }  
}
```

Geräteklassen:

- Stehlampe
- Beleuchtung (Indirekt)
- Nachtlichtstecker
- Beleuchtung (Decke)
- Beleuchtung (Anrichte)
- Beleuchtung (Schrank)
- Außenbeleuchtung
- Beleuchtung für Swimmingpool
- Beleuchtung (Tasklicht)
- Beleuchtung (Ablagetisch)
- Beleuchtung (Gadgets)
- Beleuchtung (Schreibtisch)
- 500/1000W Scheinwerfer



Einsparung von Standbyströmen

Zu Standby/An schalten, wenn jemand den Einzugsbereich betritt und das Gerät aus ist. Verlassen wieder alle Personen den Einzugsbereich, und das Gerät ist in Standby (nicht an!), dann ausschalten.

Regelvorlage:

```
IF PERSON NOONE IN <surrounding-area> {  
    IF DEVICE <device> IS SET TO STANDBY {  
        SET POWER OFF FOR DEVICE;  
    }  
} ELSE {  
    IF DEVICE <device> IS SET TO OFF {  
        SET POWER STANDBY FOR DEVICE;  
    }  
}
```

Geräteklassen:

- KücheDiverse
- Geschirrspüler
- Mikrowelle
- Ladeadapter für Mobiltelefon
- Staubsauger
- Wasserkocher
- Netzteil für Laptop
- WohnzimmerDiverse
- PC
- Dampfgarer
- Toaster
- E-Herd
- Küchenmaschine (Kenwood)
- Dunstabzug
- Waschmaschine
- Wäschetrockner
- Backrohr
- Wassererhitzer
- Dörrgerät
- Tauchsieder



- Stabmixer
- Mixer
- Friteuse
- Eierkocher
- Brotbackmaschine
- Elektrischer Entsafter
- Elektrische Orangenpresse
- Tischgriller (Raclette)
- Waffeleisen
- Eismaschine
- Reiskocher
- Einkochautomat
- Getreidemühle
- Kaffeemühle
- Warmhalteplatte
- Geschirrwärmer
- Kostwärmer (Babynahrung)
- Ladeadapter für elektrisches Messer
- Ladeadapter für Rasierapparat
- Ladeadapter für Haarschneider
- Ladeadapter für Digicam
- Ladeadapter für VideoCam
- Ladeadapter für CD-Player
- Ladeadapter für Walkman
- Ladeadapter für Mp3 Player
- Ladeadapter für Akkustaubsauger
- Ladeadapter für Akkuschrauber
- Ladeadapter E-Mobil
- Ladeadapter E-Heckenschere
- Ladeadapter E-Car
- Ladeadapter E-Roller
- Ladeadapter Elektrorad
- Ladeadapter Navigationsgerät
- Ladeadapter E-Schneefräse
- Ladeadapter autonomer Rasenmäher
- Stromnetz-betriebener Taschenrechner
- Elektrischer Zusatzheizkörper
- Akku-Taschenlampe
- Akku/Batterie-Ladegerät
- Heizung für Swimmingpool
- Pumpe beim Swimmingpool
- Heizstrahler
- Klimagerät
- Luftentfeuchter
- Luftbefeuchter
- Gelsenstecker/Insektenvernichter
- Pumpe für Pflanzenbewässerung
- Überwachungskamera
- Alarmanlage
- Heizung



Einsparung von Standbyströmen, nur für Erwachsene aktivieren

Identische Vorgehensweise wie bei Punkt „Einsparung von Standbyströmen“, allerdings wird das Gerät nur für Erwachsene Bewohner aktiviert.

Regelvorlage:

```
IF PERSON NOONE IN <surrounding-area> {  
    IF DEVICE <device> IS SET TO STANDBY {  
        SET POWER OFF FOR DEVICE;  
    }  
} ELSE {  
    IF AGE OF THE PERSON > 15 {  
        IF DEVICE <device> IS SET TO OFF {  
            SET POWER STANDBY FOR DEVICE;  
        }  
    }  
}
```

Geräteklassen:

- Kaffeemaschine



Einsparung von Standbyströmen, aggressives Abschalten

Identische Vorgehensweise wie bei Punkt „Einsparung von Standbyströmen“, Geräte werden aber auch abgeschaltet wenn das Gerät noch aktiv ist (nicht nur von Standby zu aus).

Regelvorlage:

```
IF PERSON NOONE IN <surrounding-area> {  
    SET POWER OFF FOR <device>;  
}  
ELSE {  
    IF DEVICE <device> IS SET TO OFF {  
        SET POWER STANDBY FOR DEVICE;  
    }  
}
```

Geräteklassen:

- Fernseher
- HiFi – Tuner
- Brotschneidmaschine
- Bügeleisen
- Küchenradio
- Beamer
- Elektrische Zahnbürste
- Haarfön
- Elektrischer Messerschärfer
- Elektrischer Dosenöffner
- Glätteisen
- Epiliergerät
- Infrarotlampe
- Whirlpool
- Beheizbarer Toilettensitz
- Digitaler Bilderrahmen
- HiFi - CD Player
- HiFi - Minidisk Player
- HiFi - Schallplattenspieler
- HiFi - Kassettenrecorder
- Manikür- und Pedikürgerät
- Massagegerät
- Aktenvernichter
- E-Book Reader
- Weihnachtsbeleuchtung
- Ventilator
- Musik-Keyboard



- Gitarren-Verstärker
- Lockenwickler
- Trockenhaube
- Diaprojektor
- Nähmaschine
- Massagefauteuille/Massagesessel
- Modelleisenbahn
- Garagentor
- Elektrische Jalousien
- Elektrische (Dach)Fenster
- Bohrmaschine
- Drehmaschine
- Fräsmaschine
- Schleifmaschine
- Stichsäge
- Dremel
- Kreissäge
- Kappsäge
- Elektrischer Rasenmäher
- Hochdruckreiniger
- Winkelschleifer (Flex)
- Kompressor

Sekundärgeräte abschalten wenn Primärgerät nicht aktiv ist

(Sekundär-)Geräte, die nur bei Verwendung eines anderen (Primär-)Gerätes benötigt werden, sind abzuschalten, wenn das Primärgerät nicht aktiv ist.

Regelvorlage:

```
IF DEVICE <primary-device> IS SET TO OFF {  
    SET POWER OFF FOR <secondary-device>;  
}  
ELSE {  
    SET POWER STANDBY FOR <secondary-device>;  
}
```

Geräteklassen:

- Drucker (abhängig von PC)
- Router (abhängig von PC)
- DVD-Player (abhängig von Fernseher)
- IP-TV Set-Top Box (abhängig von Fernseher)
- Konsole - Nintendo Wii/PS2 (abhängig von Fernseher)
- Lautsprecher (abhängig von PC oder Fernseher)



- Modem/Splitter (abhängig von PC)
- Kopierer (abhängig von PC)
- Monitor (abhängig von PC)
- Videorecorder (abhängig von Fernseher)
- DVD-Recorder (abhängig von Fernseher)
- Steaming Client (abhängig von Fernseher)
- HD-Recorder (abhängig von Fernseher)
- HD-Player (abhängig von Fernseher)
- Externer Brenner (abhängig von PC)
- Externe HDD (abhängig von PC)
- Scanner (abhängig von PC)
- Switch/Hub (abhängig von PC)
- MediaServer - PS3, Xbox, Proprietär (abhängig von PC oder Fernseher)
- Multichannel Lautsprechersystem (abhängig von PC oder Fernseher oder Hi-Fi)
- Sat-Receiver (abhängig von Fernseher)

Immer an

Geräte die niemals abgeschaltet werden dürfen, bzw. sich selbst um angepasste Energiesparmaßnahmen kümmern.

Regelvorlage:

SET POWER ON FOR <device>;

Geräteklassen:

- Kühlschrank
- Gefrierschrank
- Schnurlostelefon
- Aquarium
- Durchlauferhitzer
- Anrufbeantworter
- Türklingel
- Radiowecker
- Fax
- Zeitschaltuhr
- Bewegungsmelder

Daten verwerfen

Sowohl aus Eingangs- wie Ausgangsdaten entfernen. Das eingesetzte Messsystem würde die Einsparungsschätzungen verfälschen.

Geräteklassen:



- Messsystem



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 2.2 – Steuerbarkeit von Geräten

2011-01-31

Pier Lorenzo Bianchini, Michael Matscheko



1 Steuerbarkeit von Geräten

Dieser Katalog enthält eine Einteilung von Geräten bzw. den Geräteklassen nach ihrer Steuerbarkeit (für das PowerSaver System).

Geräte werden einer der folgenden 4 Steuerbarkeits-Gruppen zugeordnet:

- **Steuerbar:** Diese Geräte sind für den PowerSaver steuerbar (Aus, An, Standby).
- **Steuerbar aber wenig wirkungsvoll:** Diese Geräte sind zwar grundsätzlich steuerbar (abschaltbar), aber es ist mit keiner bzw. minimaler Einsparung zu rechnen, da diese Geräte in inaktivem Zustand kaum Energie verbrauchen.
- **Verschiebbar:** Diese Geräte müssen nicht zu einem exaktem Zeitpunkt aktiviert werden (z.B. Waschmaschine), ihr Betrieb kann also in günstigere Zeitspannen verschoben werden.
- **Dauerbetrieb:** Diese Geräte sollten nie abgeschaltet werden (z.B. Gefriertruhe).

Steuerbar

- Stehlampe
- Beleuchtung (Indirekt)
- Nachtlichtstecker
- Beleuchtung (Decke)
- Beleuchtung (Anrichte)
- Beleuchtung (Schrank)
- Außenbeleuchtung
- Beleuchtung für Swimmingpool
- Beleuchtung (Tasklicht)
- Beleuchtung (Ablagetisch)
- Beleuchtung (Gadgets)
- Beleuchtung (Schreibtisch)
- Weihnachtsbeleuchtung
- 500/1000W Scheinwerfer
- Akku-Taschenlampe
- Akku/Batterie-Ladegerät
- Ladeadapter für Mobiltelefon
- Ladeadapter für elektrisches Messer
- Ladeadapter für Rasierapparat
- Ladeadapter für Haarschneider
- Ladeadapter für Digicam
- Ladeadapter für VideoCam
- Ladeadapter für CD-Player
- Ladeadapter für Walkman
- Ladeadapter für Mp3 Player
- Ladeadapter für Akkustaubsauger
- Ladeadapter für Akkuschauber
- Ladeadapter E-Mobil



- Ladeadapter E-Heckenschere
- Ladeadapter E-Car
- Ladeadapter E-Roller
- Ladeadapter Elektorad
- Ladeadapter Navigationsgerät
- Ladeadapter E-Schneefräse
- Ladeadapter autonomer Rasenmäher
- Stromnetz-betriebener Taschenrechner
- Netzteil für Laptop
- PC
- Drucker (abhängig von PC)
- Router (abhängig von PC)
- Modem/Splitter (abhängig von PC)
- Kopierer (abhängig von PC)
- Monitor (abhängig von PC)
- Webcam (abhängig von PC)
- Externer Brenner (abhängig von PC)
- Externe HDD (abhängig von PC)
- Scanner (abhängig von PC)
- Switch/Hub (abhängig von PC)
- MediaServer - PS3, Xbox, Proprietär (abhängig von PC oder Fernseher)
- Multichannel Lautsprechersystem (abhängig von PC oder Fernseher oder Hi-Fi)
- Lautsprecher (abhängig von PC oder Fernseher)
- Aktenvernichter
- Mikrowelle (8)
- Dampfgarer
- Toaster
- Küchenmaschine (Kenwood)
- Backrohr
- Mixer
- Friteuse
- Eierkocher
- Brotbackmaschine
- Elektrischer Entsafter
- Elektrische Orangenpresse
- Eismaschine
- Reiskocher
- Einkochautomat
- Getreidemühle
- Kaffeemühle
- Warmhalteplatte
- Geschirrwärmer
- Dörrgerät
- Kaffeemaschine
- Brotschneidmaschine
- Elektrischer Messerschärfer
- Elektrischer Dosenöffner
- Kostwärmer (Babynahrung)
- Luftentfeuchter



- Luftbefeuchter
- Fernseher
- DVD-Player (abhängig von Fernseher)
- IP-TV Set-Top Box (abhängig von Fernseher)
- Konsole - Nintendo Wii/PS2 (abhängig von Fernseher)
- Videorecorder (abhängig von Fernseher)
- DVD-Recorder (abhängig von Fernseher)
- Steaming Client (abhängig von Fernseher)
- HD-Recorder (abhängig von Fernseher)
- HD-Player (abhängig von Fernseher)
- Sat-Receiver (abhängig von Fernseher)
- HiFi – Tuner
- HiFi - CD Player
- HiFi - Minidisk Player
- HiFi - Schallplattenspieler
- HiFi - Kassettenrecorder
- Küchenradio
- Beamer
- Diaprojektor
- Digitaler Bilderrahmen
- E-Book Reader
- Massagefauteuille/Massagesessel
- Musik-Keyboards
- Gitarren-Verstärker
- Modelleisenbahn
- Ventilator
- Elektrische Zahnbürste
- Whirlpool
- Beheizbarer Toilettensitz
- Garagentor
- Elektrische Jalousien
- Elektrische (Dach)Fenster

Steuerbar aber wenig wirkungsvoll

- Staubsauger
- Wasserkocher
- Stabmixer
- Tischgriller (Raclette)
- Waffeleisen
- Tauchsieder
- Bügeleisen
- Haarfön
- Glätteisen
- Epiliergerät
- Infrarotlampe
- Lockenwickler



- Manikür- und Pedikürgerät
- Massagegerät
- Trockenhaube
- Nähmaschine
- Bohrmaschine
- Drehmaschine
- Fräsmaschine
- Schleifmaschine
- Stichsäge
- Dremel
- Kreissäge
- Kappsäge
- Elektrischer Rasenmäher
- Hochdruckreiniger
- Winkelschleifer (Flex)
- Kompressor

Verschiebbar

- Geschirrspüler
- Waschmaschine
- Wäschetrockner

Dauerbetrieb

- E-Herd
- Dunstabzug
- Wassererhitzer
- Elektrischer Zusatzheizkörper
- Heizung für Swimmingpool
- Pumpe beim Swimmingpool
- Heizstrahler
- Klimagerät
- Gelsenstecker/Insektenvernichter
- Pumpe für Pflanzenbewässerung
- Überwachungskamera
- Alarmanlage
- Heizung
- Kühlschrank
- Gefrierschrank
- Gefriertruhe
- Schnurlostelefon
- Aquarium
- Durchlauferhitzer
- Anrufbeantworter



- Türklingel
- Radiowecker
- Fax
- Zeitschaltuhr
- Bewegungsmelder
- Messsystem

Unknown

- KücheDiverse
- WohnzimmerDiverse
- BüroDiverse
- KellerDiverse



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 3 – Core Framework

2011-01-31



Table of Contents

1	Introduction	3
2	Database Schema	3
3	Field-study setup	4
3.1	Carrying the material	4
3.2	Setting up the Ubisense	4
3.3	Setting up the Möller measurement devices	5
3.4	Designing and importing floor-plans	5
3.5	Configuring the Ubisense	7
3.6	Data recording	8
3.7	Uninstalling the system	8
4	System Setup	8
4.1	Installation Instructions	8
4.2	PowerSaver User Interface and Runtime Configuration	9
5	Activity Recognition	12
5.1	Location Sensors	12
5.2	Energy Sensors	13
5.3	Acceleration Sensors	19
5.4	Activity Recognition Toolchain	19
6	Actuator Device Control	25
6.1	PowerSaver UPnP Architecture	25
6.2	Möller Actuator UPnP Driver	27
7	Ruleengine	28
7.1	Running the rule engine	29
7.2	Ruleset Syntax:	30
7.3	Ruleset language definition:	32
7.4	Ruleset Editor:	32
7.5	Generation of default rulesets	34
	References	35



1 Introduction

In this appendix all the components necessary to deploy a fully functional framework setup are described. To setup the system in a self made style some technical knowledge is required, the reader has to be familiar with especially setting up a MySQL database or a Java development environment as these issues are out of the scope of this document good documentation is available.

2 Database Schema

The database schema and access methods are described at the start of this document as the database is the component of the system from which information will be requested by all other components directly or indirectly by calling the functions of corresponding services. A graphical representation of the database schema is depicted in Figure 1 **PowerSaver Database Schema**. The database is hosted in a MySQL DBMS and the schema is known to the system under the name “eag”.

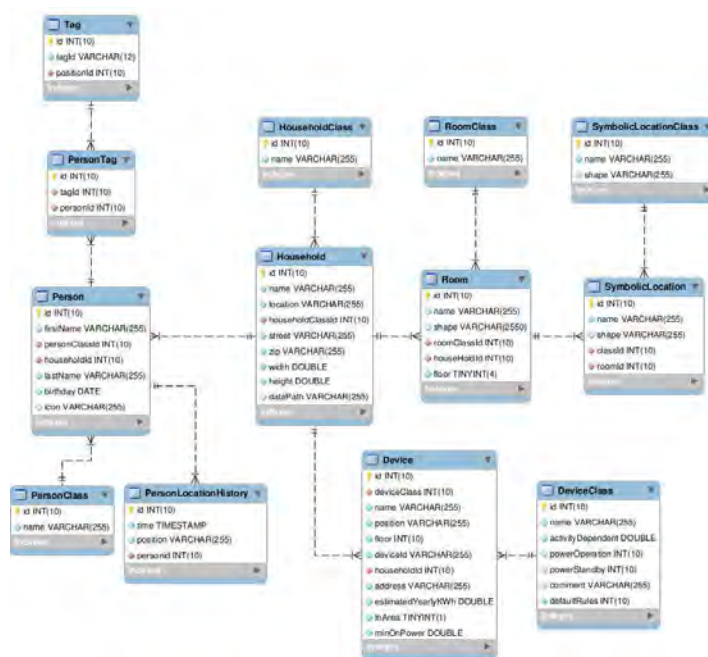


Figure 1 PowerSaver Database Schema

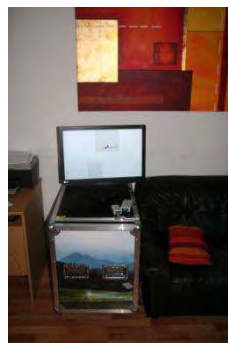
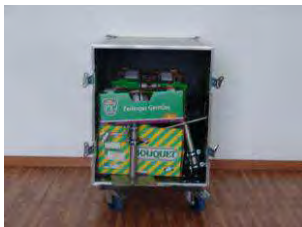
The household and belonging structures come from the floorplan that is used to specify the installation site. The location tracking system is also configured with this floorplan therefore it serves as the reference by which the relation between a user, its location and the potential requests of any electricity services is drawn. The data stating about the energy consumption measurements were surveyed by the project partner and delivered as csv files and not included in the database but directly read in by the framework for further analysis. Therefore it does not appear within the database schema.



3 Field-study setup

3.1 Carrying the material

The material necessary for setting up the study is carried in a flight case. It contains the Ubisense sensors and some supports to mount them, the tags, the cables as well as the tools needed for the installation (e.g. alan-keys or laser measurement device). The flight case is left in the household during the study-period, as the loose cables are stored in it and the study-computer (on which the positions of the tracked sensors are displayed in real-time) is placed on top of it. Below are some images of the flight case, taken in our lab or during installations in households.



3.2 Setting up the Ubisense

The installation of the Ubisense system is divided in several steps. At first, the best spots for placing the sensors must be identified; these are generally the locations where the lowest amount of sensors grants the biggest area coverage.

The following step consists in placing the field-study laptop and choosing one of the sensors, generally the closest to the laptop, as “TimingSource”; the others will be designed as “Slaves”. Then it is possible to do the cabling of the sensors, which means connecting them with data and timing cables.

For all the sensors, the data-cables have to be plugged in a switch that goes directly to the laptop (parallel connection). The approach for the timing-cable is slightly different: a Slave’s IN-port can be linked to either the TimingSource’s OUT-port (parallel connection) or an upstream Slave’s OUT-port (serial connection); in the end, this will result in each and



every Slave having a connection in their IN-port and eventually some in their OUT-ports, while the TimingSource will only have connections (at least one) in the OUT-port.

3.3 Setting up the Möller measurement devices

In order to compute the energy saving potential of the study area, it is necessary to link the positioning of the occupants to the consumption of specific devices, which is gathered through Möller measurement devices. The set up and configuration of those devices was entirely achieved by Energie AG, as well as the data recording and its treatment. Therefore, this task will not be mentioned any more in this section of the paper.

3.4 Designing and importing floor-plans

The next task consists in drawing a floor-plan of the location where the study took place.

Goals of the floor plans

The main advantage of the floor-plans is that they ensure the interoperability between graphical sketches (top-view of the studied areas) and the data format of the database. In fact, by drawing the floor-plans in a SVG format, it will be possible to store in the database the information they contain about the rooms, symbolic locations (which are areas of interest/activity) and monitored devices in the study area.

Furthermore, the floor-plan offer a practical 2d graphic of the study environment, which can be used either for visual analysis of recorded tracks or for on-site real time visualisation (giving the occupants an impression of the captured data).

Floor-plan creation

The floor-plans can be drawn with a graphics tool that is compliant with the SVG standard, such as Adobe Illustrator. In any case, it is important that the design sticks to the following constraints:

- **unit:** the scale is 1:100 (1 m $\rightarrow$ 1 cm); the measurements of the room are taken with a laser pointer.
- **origin:** the origin (0,0) of the x and y coordinates of the Cartesian plan is located in the bottom left corner.
- **layer ordering:** the information must be divided in three layers, devices, symbolic locations and rooms, which have to be exactly in the given order.
- **save format:** the file must be in UTF8 format (Java compatible, allows the use of special characters that are present in the database) and should be saved in "SVG Tiny 1.1" for better importing performances.

There are also types and naming constraints for each of the objects contained in the layers, ensuring that no problems will be encountered when parsing and importing the SVG files in the database. These constraints are listed in Table 1.



	Description	Constraints
rooms (Bottom Layer)	Rooms contain of course room shapes	- Allowed SVG Element Types: rectangle, polygon. - All devices in illustrator must be strictly named like this <RoomName>.<RoomClass>.<Floor> (without blanks in the names!) - e.g. LivingRoom.Wohnzimmer.1 - The room class must match those specified in the database (comprehensive of the special characters)
symbolicLocations (Middle Layer)	Symbolic locations denote areas of interest/activity such as kitchen plate or couch area that may be needed for analyzing energy areas later on.	- Allowed SVG Element Types: rectangle, polygon. - SymbolicLocations need to be within the bounds of any room. - All devices in illustrator must be strictly named like this <SLName>.<SLClass>.<AssociatedRoomName> (without blanks in the names!) - e.g. Relax1.Relax.LivingRoom - The SymbolicLocation class must match those specified in the database (comprehensive of the special characters)
devices (Top Layer)	Contains device information (name, location)	- Allowed SVG Element Types: rectangle, polygon. - All devices in illustrator must be strictly named like this <DeviceName>.<DeviceClass>.<Floor>.<MoellerDeviceID>.<Adresse> (without blanks in the names!) - e.g. Samsung Fernseher.Fernseher.1.D01.moe:01 - The device name must start with a letter (not with a number) - The device class must be one of those specified in the database (comprehensive of the special characters)

Table 1: description and constraints, per layer, of the objects

Once the floor-plan is saved in SVG, it has to be reopened with a text editor (such as Notepad++) in order to annotate additional information about the household. This means adding the following (filled) text to the file, right after the line starting with `<!DOCTYPE [...]>` :

```
<!--
householdclass=...
householdname=Familie ...
location=...
street=...
zip=...
-->
```

Before importing the file it is recommended to check that all the special characters that were written in the object names have been correctly saved in the SVG, and also that no “extra” character appeared (e.g. it can happen that the room names end with 1_1_, which can generate errors when parsing).

Finally, to import the SVG, its path (File dir =) and name (FilenameFilter filter =) have to be specified in the DBImportActivator class of the DBImport tool in the Java framework, which can then be run. The message “data successfully imported” will be displayed upon completing a successful import.



Note that importing data from the SVG file will modify the following database tables: **Household, Room, SymbolicLocation, Device.**

Floor-plan sketch

Finally, it is important to remark that additional information on the study environment are available on the floor-plan sketch, which is a manually-drawn document that is made before creating the SVG file. Those information are the presence in the rooms of “physical constraints” (e.g. table or library) and the exact positioning of the Ubisense sensors.

On-site database modifications

Additional data about the persons whose location will be tracked has to be manually imported in the database. That is:

1. in the **Person** table:

- **id** (generally, previous id +1);
- **first name**;
- **personClassId** (2 if adult, 1 if child);
- **householdId** (corresponding to the **id** of the current household or office in the **Household** table);
- **lastName**;
- **birthday** (in the format yyyy-mm-dd);
- **icon** (color that will be displayed on the screen during the visualization; should correspond to the tag's wristband color).

2. in the **PersonTag** table:

- **id** (generally, previous id +1);
- **tagId** (id of the tag assigned to the person, taken from the **Tag** table);
- **personId** (id of the person, taken from the **Person** table).

Note that, apart from the **householdId** attribute (which requires that the **Household** table has been updated by the DBImport bundle), this step and the floor-plan creation can be done simultaneously.

3.5 Configuring the Ubisense

Most of the Ubisense configuration is software-based. However, it is first necessary to make sure that the sensors' roll angle is null (this can be checked with a spirit level across the back of the sensor case, where the two “level tabs” are), and that their pitch is approximately -45° (even though this angle can be slightly modified to ensure a better area coverage). Also, it is required to measure the (x,y,z) coordinates of the sensors relatively to the origin of the Cartesian plan defined when creating the floor-plan.

Concerning the software part, the first task is to run the DHCP server (Tftpd32) that will assign the sensors IP address. Then the “Platform Control” should be launched, to run the required services (“UbisenseCoreServer 2.1” and “UbisenseServiceController 2.1”).



After about 30 seconds, the “Location Engine Configuration” can be started. This should show a list of all the sensors on the network; these have to be placed on a plan (according to the coordinates previously measured) and grouped in one or more measuring cells. It is important to define one sensor as TimingSource (the one selected when setting up the Ubisense) for the whole sensors’ deployment, and a “Master” sensor in each cell. At this point the sensors should boot; the successful completion of this step (which can take several minutes) is reached when the sensors display a steady green light.

The following step consists in executing a “dual calibration” for each Slave sensor; this means computing the cable offset between a pair of sensors (generally the one in question versus its cell-Master), and the orientation of both sensors, by capturing data from a tag at a known position between the two sensors. For running this kind of calibration it is important to remember that all unused sensors must be disabled.

3.6 Data recording

The last step of the field studies, which implies that the previous tasks have been completed, is to activate the data recording. For this, the UbisenseServer program, creating the link between the Ubisense implementation (in C#) and our framework (in Java), must be launched. Running the framework activates the “PowerSaver Control Panel”; through this GUI it is possible to select the current household and to connect to it; at this point, clicking on the “Start DB Recording” button will enable the direct import of location data in the **PersonLocationHistory** table of the database. Of course, it is recommended to check if data are actually being recorded by setting a query in the LocationHistory table in the database.

3.7 Uninstalling the system

After the study period it is necessary to uninstall the system. This just consists in stopping the data recording (button “Stop DB Recording” on the GUI); no further action is required before removing and packing back in the flight case the cables and the sensors.

4 System Setup

In this section system and runtime configurations are explained that are necessary to successfully run the system whether for analysis of energy relevant aspects in a simulation mode or in an online mode where actuator control will cause the direct switching of concerned energy consuming devices.

4.1 Installation Instructions

This section describes the installation tasks that have to be performed to successfully execute the framework software as described in the next section.



Prerequisites

To setup a development version of the framework an instance of the Eclipse integrated development environment (IDE) is needed. Additionally a working version of the Equinox OSGi bundle development environment is needed that is commonly included in an ordinary Eclipse installation as the main components of the IDE are implemented applying OSGi components themselves. Extra bundles and libraries are included in the software provided within the framework and they will be described where applicable. No additional prerequisites are necessary.

Retrieve PowerSaver framework software components from repository

The PowerSaver software framework is managed over a subversion repository that is accessible under `svn://www.pervasive.jku.at/projects/ne2020`. For corresponding login credentials and specific download commands please consult the authors of this document.

Setting Eclipse Runtime Configuration

Once you have successfully added all the required bundles, and no further build-path or compilation errors occur, the last step is to configure the run configuration, to be able to comfortable start and execute the framework.

1. Click Run -> Run Configurations.
2. Select your OSGi configuration (OSGi).
3. In the tab **Bundles**, select all the bundles underneath the entry **Workspace**.
4. Set the **Default Auto-Start** value to **false** (top of the window).
5. Leave all entries for **Start Level** and **Auto-Start** for every bundle at the values **default** instead of the ones listed in the following list item 6.
6. Set the **Auto-Start** value to **true** for the following bundles:
 - PSBase
 - PSCore
 - PSGUI
 - org.eclipse.osgi
 - org.eclipse.osgi.services
 - org.eclipse.equinox.event
7. Click **Apply** and **Close**.
8. Continue with the next section.

4.2 PowerSaver User Interface and Runtime Configuration

After all Eclipse runtime settings are configured in the desired way, the framework can be started whether by pressing the Run button in the Eclipse runtime configuration dialog or by applying the play button in the eclipse main view in the function panel at the top of the window. The initial view that is displayed to the user is the PowerSaver Evaluation View as is shown in Figure 2 **PowerSaver Evaluation View**. Different configuration and runtime aspects of the framework are separated within tabs that show a view according to the task that has to be handled. The top part of the user interface shows a selection list on the left side where a



specific installation site can be chosen. Installation sites are instantiated by defining a new floorplan as described above and import it with belonging meta data to the framework. The visual components shown on the right side of the installation site selection are only used within the runtime configuration panel and are deactivated in the evaluation view. The fields in this part of the window are set to reasonable default values that can also be preset by a configuration file in case of window less execution of the framework. The main part of the window shows the views to simulate, evaluate and control different aspects of the modes in which the framework can be executed. They are described in succession in the following paragraphs.

PowerSaver Energy Evaluation View

The controls of the evaluation view shown in Figure 2 **PowerSaver Evaluation View** are located on the left side of the main panel, where the upper part can be used to visualize the location trace of a person which will be shown in the floorplan diagram on the right hand side. The visual location trace will always be created for a single person and the interval within the survey period can be isolated. By activating the “QueryLocation” button the data is queried from the database and the location trace of the selected person is drawn onto the floorplan schematic.

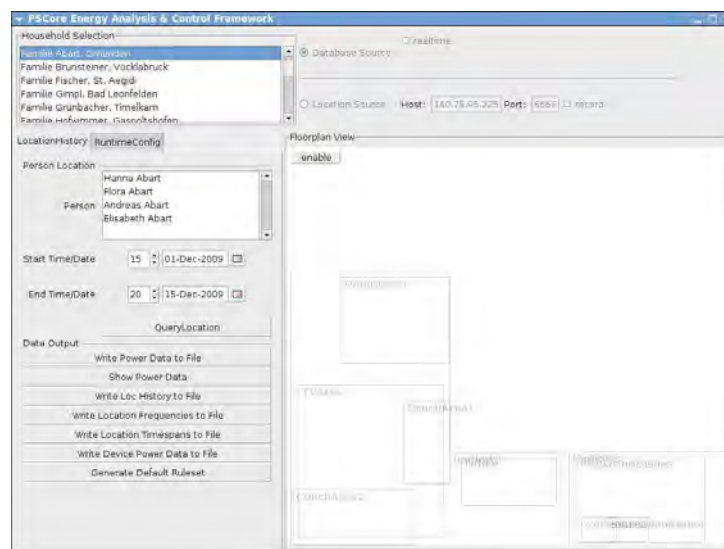


Figure 2 PowerSaver Evaluation View

The buttons under the “Data Output” label are used to create evaluation reports of different combinations of raw data that is not dependent on any particular person. To keep the user interface compact they are appended at this place. Evaluation will always be handled with respect to the selected installation site above though. The different buttons and their meanings are:

- “Write Power Data to File”: This control triggers the transformation of the energy measurement data as provided by the project partner into an internal format that will get used for various evaluation calculations that are described at their corresponding sections.



- “Show Power Data”: Display stored energy data for all devices in the household on the standard output device.
- “Write Loc History to File”: Generate file dump of localization data for further processing.
- “Write Location Frequencies to File”: Calculate at which time of day persons are in the household.
- “Write Location Timespans to File”: Evaluate how much time persons are spending in each location.
- “Write Device Power Data to File”: Store per device power usage in single files, with according plot generation scripts.
- “Generate Default Rule Set”: This creates a very simple default rule set file for the chosen household which will be used in the case where no specific rule set file is available and to initially enable a full runtime configuration of the system.

PowerSaver Runtime Configuration View

The runtime configuration is used to execute the framework in an online mode where according to set input, output and processing modalities, active device control can be enabled. Additionally the recording and replay of input data is set at this place. At the right side of the top panel, whether the replay of data from a previous recording, or the utilization of an actual physical location source can be defined. The simulation by data from the Database Source can be run in an as fast as possible style as well as in a mode adhering to the actual time constraints at the time of recording. The controls on the left side determine the event source properties, the ruleset that is applied to provide device and energy consumption control, and the chosen worker states if real actions should be forwarded to actuators or if they are only logged for further processing. On the right side an online view of the location trace of one or more persons will be presented.

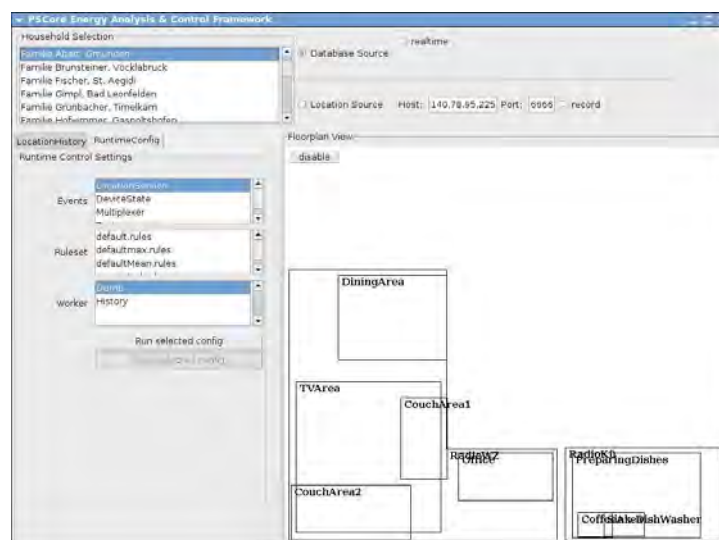


Figure 3 PowerSaver Runtime Configuration View



5 Activity Recognition

To survey different happenings within the physical environment a set of physical sensors is applied that is used to record raw data about the changes that are experienced at a specific sensor. As already mentioned three types of sensors are applied within the framework which will be described in succession in the following sections. Building up from the different types of sensors that have been applied in the project various activities will be derived

5.1 Location Sensors

The Ubisense location tracking system applied in this framework has already been mentioned to some extent in appendix 1 and in section 3 of this document. The PowerSaver framework connects to the Ubisense system over a network socket whose properties can be set over the user interface. If data recording is enabled, the location data will be preserved for later simulation in the future and to train corresponding classifiers. For a visual representation of the location traces during system execution the graphical interface depicted in **Figure 4 Runtime location view**, is used. In the top panel the configuration of how the location tracking system is used, is set whereas the main part of the view shows the visual representation of persons appearing within the surveyed area. If the “database source” option is chosen in the configuration panel, then the system can be executed in a simulation mode, replaying a measurement instance that has been recorded in the past. The realtime option tells the system if any location events shall be replayed preserving the timing constraints as if the system is running during a real recording. This mode helps to reconstruct the concrete switching behavior of the system when it was run during the field study. If the realtime option is not enabled, the location events will be replayed as fast as possible which will flood the floorplan view with graphical items that is of limited visual expressiveness. This mode serves as a suitable way to quickly run different evaluation routines that are not dependent on the timing constraints of location events and the live view can be disabled by the button on the top left of the live view.

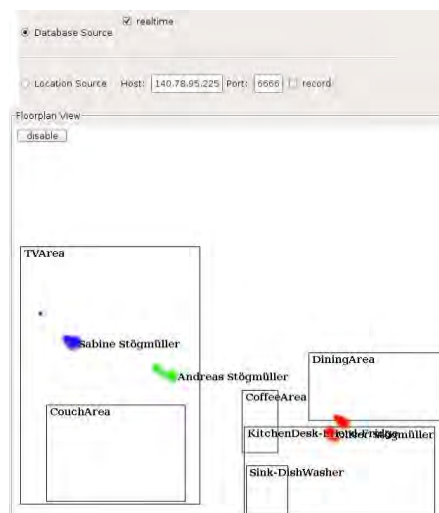


Figure 4 Runtime location view

If the „location source“ option is enabled instead the physical connection to an underlying location tracking system is enabled (the already described Ubisense system in our case) and the needed parameters for this connection can be set. In this case the recording and displaying of the live view can happen in realtime mode exclusively why no corresponding option is given. By enabling the record option, the recording session will get persisted to be used for simulation purposes in the future.

The main part of the window is covered with a visual representation of the floorplan of the household under consideration. When the system is run in a realtime execution mode the movements of persons, extracted over the corresponding wrist-worn tags, are displayed at the location where the user is actually present which exemplarily can be seen in **Figure 4 Runtime location view**. A similar display is shown in the evaluation view, but here the different user locations are presented over a user set time interval and are used for post evaluation of location traces exclusively. No runtime behavior is considered within the evaluation view as this is achieved in the runtime view, but the same graphical components could have been reused for this view.

5.2 Energy Sensors

For the recording of effective energy consumption levels, survey instruments for single end devices as well as a Smart Meter device to survey the overall energy consumption were applied. The communication protocol for both types of devices was not available during the time the corresponding workpackage was developed and therefore the corresponding energy evaluation calculations have been achieved in a simulation mode by evaluating record files that represent the total measurement timespan of a single installation site, which were provided by the project partner. Although this approach is legitimate to answer the questions this project tried to solve, an online tapping of energy consumption data during system runtime must be achieved in future work to practically enable the utilization of energy saving potentials. For our purpose the treatment of energy consumption data over evaluation of simulation executions showed sufficient to express the result of how much energy savings would be possible within the average household environment. Additionally, due to building site restrictions, it was not possible to retrieve measurement values of the lighting within an installation site although it provides a large enough fraction for practical impact on the energy consumption balance within a household. Therefore this presents an additional issue that has to be covered in future work, where an all-encompassing consideration of energy consumers will have to be enabled.

Device Specific Flow Meters

To measure the throughput of single devices, radio based flow-meters, “**Zwischenstecker Energiemesssystem Schuko**¹”, from the Möller XComfort system were used. This type of sensors, maintain a self organizing routing network over which data will get transferred to a central receiver unit connected to a common PC system.

¹ http://www.moeller.net/binary/pdf_kat/sk1080de.pdf (p. 114)

Zwischenstecker Energiemesssensor Schuko CEMP-01/01

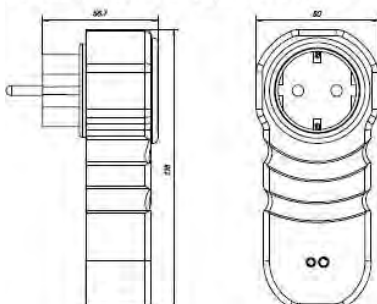
	Technische Daten
	Spannungsversorgung 230VAC, 50Hz
	Stecksystem Schuko, mit Kindersicherung
	Leistungsaufnahme 0,35VA
	Max. Strom 16 A
	Min. Leistung >3 W
	Max. Leistung ≤ 3680 W
	Genauigkeit 10%
	Messgrößen Energie in Wh Strom in A Spannung in V Wirkleistung in W
	Vorsicherung LS 16A, Kennlinie C
	Frequenz 868,300 MHz
	Übertragungsart Bidirektional, über codierte Telegramme
	Reichweite im Gebäude typisch 30 - 50m, 2 Wände + 1 Decke (abhängig von Wandstärke und Material !!)
	Schutzklasse IP20
	Verschmutzungsgrad 2
	Betriebstemperatur -5 bis +45°C
	Lager-, Transporttemperatur -25 bis +70°C
	Gehäusefarbe Weiß, ähnlich RAL9016
	Abmessungen Gehäuse HxBxT - 138 x 60 x ca. 57mm
	Approbation: siehe aktueller Geräteaufdruck

Figure 5 Datasheet Moeller single plug energy meter

Figure Figure 6 Energy consumption curve of a coffee machine shows the energy that is drained by a coffee machine during the common process of preparing a cup of coffee. From this data, tasks like water heating or explicit user interaction when starting the preparation process can automatically be derived and used to enrich the context model by this information which serves to control devices according to the explicit and implicit interaction steps taken by the user.

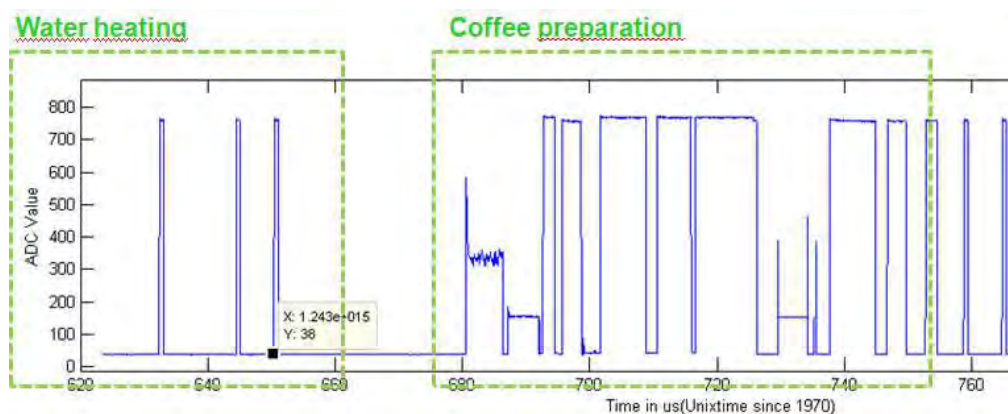


Figure 6 Energy consumption curve of a coffee machine

Topas 1000 SmartMeter

The Topas 1000 SmartMeter energy measurement device was used by the project partner to survey the overall power consumption of a household. It is mounted in the main power supply control box where it is connected to the main power supply unit to measure the overall throughput of electricity that is consumed by the household. The general specifications can be found in the following paragraphs and the detailed specification is available under [9].

Intrinsic error:

refers to reference conditions and is guaranteed for two years
developed, manufactured as per DIN ISO 9001

Quality system:

Environment conditions:

Operating temp. range:

0°C ... +40°C

Storage temp. range:

-20°C ... +70°C



Relative humidity:	10% ... 80%, no dewing
Operating altitude:	max. 2000 m
Reference conditions:	23°C $\pm$ 2K, 230 V $\pm$ 10%, 50 Hz / 60 Hz 10 minute intervals, PF=1.0
Housing:	insulated, robust housing
Protection:	IP65 as per EN 60529 with interface cover closed
Safety:	TOPAS 1000 is conform to CE-marking, complies to EN 61010-1
EMC:	
Emission:	EN 61326-1: 1997 p. 12, table 3: limits for class A equipment
Immunity:	Voltage inputs: EN 61326-1: 1997, EN 61326-6/7, amendment A1: 1998

Power supply:

Range	AC: 83 V ... 264 V, 45...65Hz DC: 100 V ... 375 V
Safety:	IEC/EN 61010-1 300 V CAT II, class I
Power consumption:	max. 30 VA

In case of a power supply failure an internal accumulator maintains the supply for up to 3 minutes. Afterwards, or in case of discharged accumulators the **TOPAS 1000** is turned off and continues the measurements as soon as the supply voltage returns. The accumulator can be replaced by the user.

Display

TOPAS 1000 features 9 LEDs as status display for the 8 channels and the power supply.

Power LED

- Permanent light: normal power supply from mains.
- Flashing light: supply via internal accumulator in case of a power failure.

Channel LEDs

- OFF, brief light ON: too low or no measuring signal
- ON, brief light OFF: overload
- Permanent light: "channel o.k."
- Rapid flashing: "sensors incorrectly connected".

Data memory:	Internal 512 MB Compact Flash card, 1 GB, or 2 GB CF-card optional
Memory model:	linear or circular
Interfaces:	Ethernet (100MB/s, compatible to Windows® 98/ME/NT/2000/XP RS 232

external modem connected to RS 232
9600 Baud ... 115 kBaud

Baudrate for RS 232: 9600 Baud ... 115 kBaud

Dimensions: 325 mm x 300 mm x 65 mm (H x W x D)

Weight: appr. 4 kg (without accessories)

Warranty: 2 years

Calibration interval: 2 years recommended



Energy Measurement Comparison

When a measurement period is completed for an installation site the project partner performed various analysis steps for the observed data for later use with regard to total power consumption compared to the sum of single device measurements and general power usage interpretation for the installation site under consideration. This data was delivered as a .csv file, which was used to express the results of energy savings calculations within the PowerSaver influenced zones and compared to the total energy consumption of the whole household within the measurement period (recorded with the Smart-Meter). Additionally, extrapolations were calculated to derive the trend for energy management that can be observed in an execution period of a year. A very short example of the energy data that is used, is given in table n. Normally this file will have several Megabytes of size and various additional information is contained like minimum and maximum values for every physical item as well as for every of the three phases, named L1, L2 and L3 in the table. Every second the energy measurement system generates a new line within the table and the resulting files,



representing the energy usage over the measurement period, contains around a million lines with respect to the measurement period of 10 days on an average. For future developments it is necessary to automate the data processing regarding the power measurements which is actually not possible directly, as the transport protocol for the corresponding central receiver unit is not available. Another possibility to retrieve real-time energy sensor data might be to attach to the process organizing and handling the receiver unit and retrieve the required data over this way.

	P ges	P L1	P L2	P L3	GESAMT_ P	E01_Kaffemaschine_ L2	E02_Geschirrspüler_ L1	
06.04.201 0 11:01:22	0,17269 3	0,02369 3	0,05362666 7	0,09537333 3	0,14509	0,00003	0,00016	
06.04.201 0 11:01:23	0,17272	0,02371 2	0,05357333 3	0,095435	0,14509	0,0	0,0001	

Table n: summarized example of power.csv file

The following illustrations depict the graphical data statistics in the way the project partner expressed the data for further analysis like to the projection of the average of the measured households for optimization of demand planning. It has to be noted that the PowerSaver project was part of a greater energy consumption measurement project whose results are described in separate documentation.

Figure 7 Cumulated energy consumption per device shows the cumulative energy consumption of the considered devices over a single measurement day. The measurement periods were always around 10 days in all cases, to work with a time-span that is long enough to be significant and that allows a proper study organization. A diagram, as in **Figure 7 Cumulated energy consumption per device**, is generated for every measurement day. The device list on the right side gives the identifications of the applied single flow meter gadgets, which are described above. The suffix at the end of every measurement device name gives the reference to the phase at which the flow meter is connected. This is relevant for the next diagram, **Figure 8 Cumulated energy consumption per phase**, because this shows the cumulated energy consumption as recorded by the smart meter, that is installed in the main power supply box in the household.

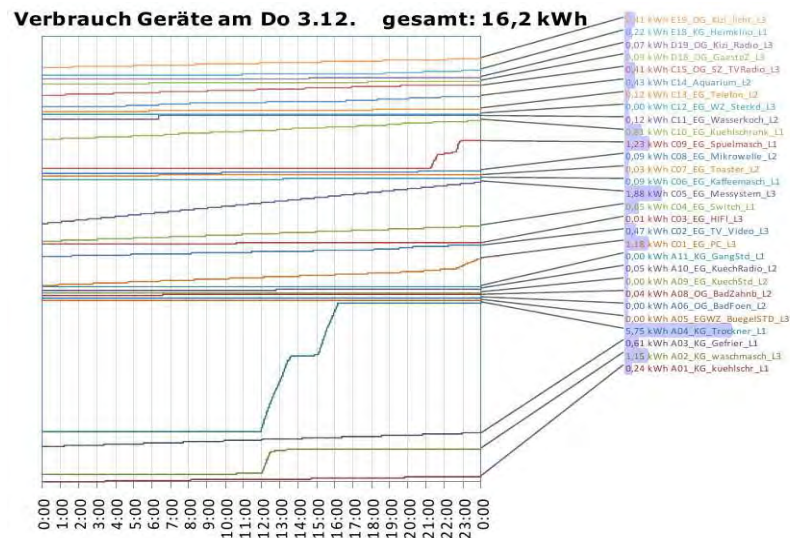


Figure 7 Cumulated energy consumption per device

In **Figure 8 Cumulated energy consumption per phase**, the energy consumption peaks, recorded for every phase during the 24 hours of a day, are depicted on the left side. On the right side again the cumulated energy consumption is depicted, this time for the 3 phases that are available in every Austrian power supply network. The 3 phases are shown in 3 different colors and the straight line shows the actually measured values at every phase, whereas the corresponding dashed lines show the accumulated values from all single device flow meters at the corresponding phase they were connected at. To map single device flow meters to the according phase the identification suffix mentioned in the previous paragraph is used. The difference between the straight and the dashed line is called **unsolved area**. This area originates from the fact that not every single plug in the household was equipped with a corresponding flow meter. Especially for small industry like devices, like a buzz saw or a concrete mixer or specialized white ware, like air conditioners or room dryers, which might need quite a large amount of energy, are not recorded specifically. This is the same for the whole lighting system at all recorded installation sites. Due to house building matters there was no practical solution to measure or control the consumption and functionality of the light system in any case. This will be an aspect of further work, to find cheap and easy solutions to bring as much as possible of the electrical system of the control of the corresponding management system. Within the PowerSaver system possible gains are calculated from both, the resolved as well as the unresolved part of the consumed energy, at least on a theoretical basis.

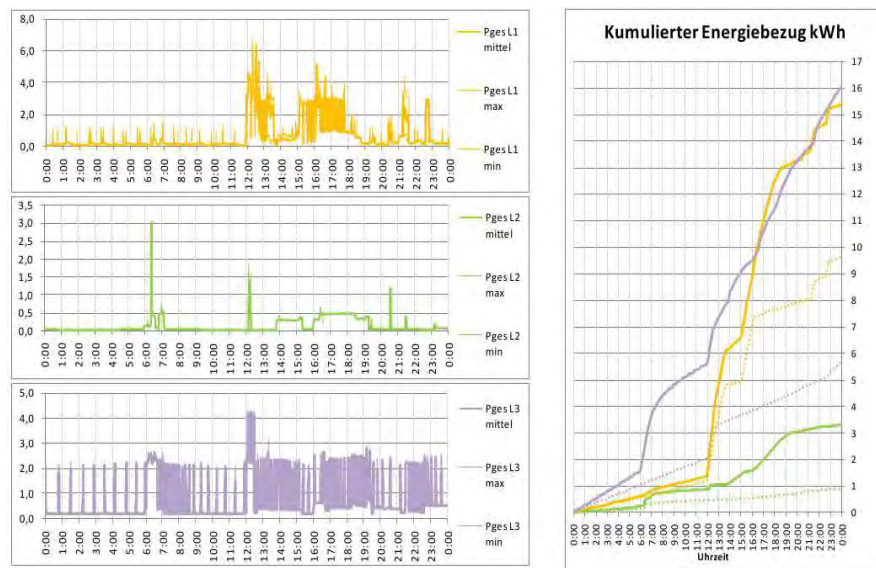


Figure 8 Cumulated energy consumption per phase

In **Figure 9 Overview energy consumption measurement period**, an overview of the single device measurements for the measurement period in contrast to the smart meter recordings is shown. Additionally, a projection of the energy consumption for the whole year, based on the average values of this specific measurement, is presented. This projection is only of limited reliability, as it strongly depends on regional factors like strong seasonal influences as is the case in Austria. The project partner achieved several energy measurements in parallel which was not possible for the PowerSaver field study due to limited resources. The project partner tried to record every household twice, once during the summer months and the second time during winter. For the total energy consumption, which the project partner is interested in, this will give a better average approximation as relying on a single measurement, done in a specific season. For the PowerSaver project this issue was of peripheral interest because the percentage of gain follows a more uniformly distributed nature and does not that strongly underlie seasonal fluctuations.



Energieverbrauchsübersicht	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	AVG	kwh/a
	3.12	4.12	5.12	6.12	7.12	8.12	9.12	10.12	11.12	12.12	13.12	14.12	15.12		
A01_KG_Kuehlisch_L1_Energie	0,24	0,23	0,23	0,26	0,25	0,21	0,28	0,28	0,24	0,26	0,26	0,25	0,24	0,25	96,7
A02_KG_Waschmasch_L3_Energie	1,15	0	0	0	0	0	0	2,84	0	0	0	0	0	0,31	112,0
A03_KG_Gefrier_L1_Energie	0,61	0,6	0,62	0,61	0,62	0,6	0,62	0,63	0,61	0,61	0,63	0,6	0,62	0,61	224,1
A04_KG_Trockner_L1_Energie	5,75	0	0	0	0	0	0	6,09	0	0	0	0	0	0,91	332,4
A05_EGW2_Buegelstd_L3_Energie	0	0	0,21	0	0	0,48	0	0	0,59	0	0	0	0	0,10	35,9
A06_OG_Badfoen_L2_Energie	0	0	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0	0	0,02	5,6
A08_OG_BadZahnb_L2_Energie	0,04	0,05	0,05	0,03	0	0,08	0,08	0,04	0,05	0,04	0,07	0,04	0,04	0,05	17,1
A09_EG_KuechStd_L2_Energie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0
A10_EG_KuechRadio_L2_Energie	0,05	0,04	0,04	0,02	0	0,01	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	12,4
A11_KG_GangStd_L1_Energie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0
C01_EG_PC_L3_Energie	1,18	2,7	1,78	1,69	0,71	2,06	4,79	2,68	2,41	1,41	3,21	0,87	0,85	2,03	739,5
C02_EG_TV_Video_L3_Energie	0,47	0,47	0,43	0,37	0,38	0,56	0,56	0,77	0,55	0,48	0,64	0,61	0,43	0,52	188,7
C03_EG_HIFI_L3_Energie	0,01	0,02	0,01	0	0	0,01	0,13	0,08	0,16	0,09	0,35	0,11	0,01	0,08	27,5
C04_EG_Switch_L1_Energie	0,65	0,65	0,65	0,63	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	236,7
C05_EG_Messsystem_L3_Energie	1,88	1,82	1,71	1,7	1,71	1,69	1,71	1,71	1,71	1,7	1,71	1,71	1,69	1,73	630,3
C06_EG_Kaffeemasch_L1_Energie	0,09	0,1	0,09	0,01	0	0	0,09	0,08	0,1	0,01	0,04	0,1	0,08	0,06	22,2
C07_EG_Toaster_L2_Energie	0,03	0,03	0	0,03	0	0,1	0,14	0,05	0,03	0	0,07	0,05	0,11	0,05	18,0
C08_EG_Mikrowelle_L2_Energie	0,09	0,21	0,08	0,05	0,06	0,07	0,09	0,16	0,08	0,08	0,18	0,11	0,07	0,10	37,3
C09_EG_Spuemasch_L1_Energie	1,23	0,01	1,16	1,36	0	0	1,19	1,2	0	1,21	1,15	1,23	0	0,75	273,5
C10_EG_Kuehlischrack_L1_Energie	0,81	0,8	0,77	0,72	0,64	0,65	0,79	0,79	0,87	0,76	0,77	0,73	0,73	0,76	276,0
C11_EG_Wasserkoch_L2_Energie	0,12	0,42	0,25	0,22	0	0,14	0,09	0,18	0,1	0,13	0,24	0,08	0,25	0,16	59,0
C12_EG_WZ_Steckd_L3_Energie	0	0,1	0,02	0	0	0,01	0	0	0	0	0,03	0	0	0,01	5,1
C13_EG_Telefon_L2_Energie	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,11	0,13	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	44,9
C14_Aquarium_L2_Energie	0,43	0,42	0,42	0,41	0,42	0,43	0,43	0,42	0,41	0,42	0,42	0,41	0,41	0,42	153,0
C15_OG_SZ_TVRadio_L3_Energie	0,41	0,61	0,77	0,31	0,3	0,38	0,3	0,36	0,32	0,46	0,38	0,3	0,55	0,42	153,0
D18_OG_Gaestez_L3_Energie	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,14	0,09	34,5
D19_OG_Kiwi_Radio_L3_Energie	0,07	0,07	0,1	0,02	0	0,01	0,24	0,08	0,08	0,06	0,16	0,08	0,09	0,08	29,8
E18_KG_Heimkino_L1_Energie	0,22	0,93	0,4	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,17	60,4
E19_OG_Kiwi_licht_L3_Energie	0,41	0,2	0,32	0,21	0,07	0,13	0,24	0,16	0,12	0,21	0,31	0,13	0,32	0,22	79,5
Sensor 30															
Sensor 31															
Sensor 32															
Sensor 33															
Sensor 34															
Sensor 35															
Sensor 36															
Sensor 37															
Sensor 38															
Sensor 39															
Sensor 40															
Sensor 41															
Sensor 42															
Sensor 43															
Sensor 44															
Rest	18,6	14,6	19,0	9,39	3,78	12,2	17,4	19,7	22,3	8,57	19,4	13,8	11,3	14,22	5189,2
Summe	34,7	25,2	30,3	18,2	9,87	20,7	28,9	24,3	41,9	16,2	31,2	22,1	20	24,90	9088,25

Figure 9 Overview energy consumption measurement period

5.3 Acceleration Sensors

For acceleration data acquisition and activity extraction different sensors have been applied whose technical properties are explained in appendix 1. Due to the impractical style of the first two generations of hardware platforms, the Intersense Inertiacube3 followed by the SunSpot, their application within the field study was not feasible regarding the available resources required for their utilization. The third type of accelerator supported hardware platform, the Texas Instruments Chronos, became available only after already two thirds of the field study was recorded. Therefore it was not considered for practical use but shows a promising platform for future developments.

Activity recognition based on body worn inertial sensor devices was researched for foot-worn and wrist-worn body positions. The presented results originate mainly from laboratory setups and were not derived from the field study as the developed solutions were not practically enough for everyday usage. This will be a strong requirement for future work, to develop a sustainable package that can easily be put into everyday use without great installation or maintenance efforts.

5.4 Activity Recognition Toolchain

Eventually, after all system components are installed and configured as required, the system will execute its typical runtime. Data from the various sensor sources are used control corresponding actuator devices on behalf of the configured rules. Initially the set of rules



applicable to a single household is set during the installation phase according to statements gathered from user interviews. During real-time execution the system needs to be self-adaptable under various conditions, whether to more precisely open and utilize energy saving potentials as well as reacting to several special conditions like non-periodical events. Therefore machine learning methodology is applied and implemented in the ActivityTracker component of the system. From the raw sensor data according activity events are forwarded to the system core, where corresponding rules will lead to the control of concerned devices.

Activity Recognition Architecture

Similar to the other bundles implemented in the framework the activity tracker component consists of an internal architecture that is depicted in figure **Figure 10 Activity Recognition architecture diagram**.

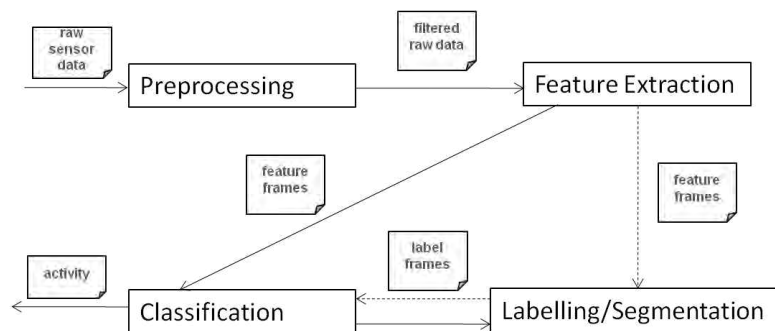


Figure 10 Activity Recognition architecture diagram

According to the depicted architecture, an activity recognition tool-chain was implemented that provides the necessary tools to allow a user to configure the various steps that occur until the activity tracker can output corresponding activity actions in the desired fashion. Activity recognition as implemented up until now is a two stage process, where the first step comprises the setup, configuration and training of suitable classifiers and the second stage executes the trained classifiers during system runtime to generate according activity output that will be used as input for the rule engine to control the corresponding energy consumers. Additionally incremental learning can be activated to optimize the deployed classifiers. The dashed lines in the diagram in **Figure 10 Activity Recognition architecture diagram** represent the manual supervised learning procedure which is a user controlled process. The transition from preprocessing to feature extraction is the same in both stages. During training, sets of feature vectors will be labeled by the user by application of a corresponding tool that is able to export the labeled data in a suitable format to be used by the classifier to build up the corresponding activity tracking model. In the runtime phase of the activity tracking toolchain, explicit labeling is not applied any more as classification has to be done automatically. The solid arc from classification to Labeling depicts the case that the classification routines can query label data from the label model database to be used during classification.

Sensor Connection

The connection to accelerometer sensors is achieved over two possible methods, first wrapping an according library in the case of the Intersense InertiaCube3 platform and



second over corresponding routines that connect to the serial port in case of the SunSpot or the TI Chronos platform.

Sensor Recording

Data recording actually is achieved manually where suitable interfaces to access activate and record a measurement session has been created. Figure 1 depicts the graphical user interface to connect to the InertiaCube3 platform. Different settings can be configured like the path where data has to be stored in files as well as the port at which the receiver device is connected to the host PC which can optionally be autodetected. Additionally the interval at which sensor data will be recorded can be configured.

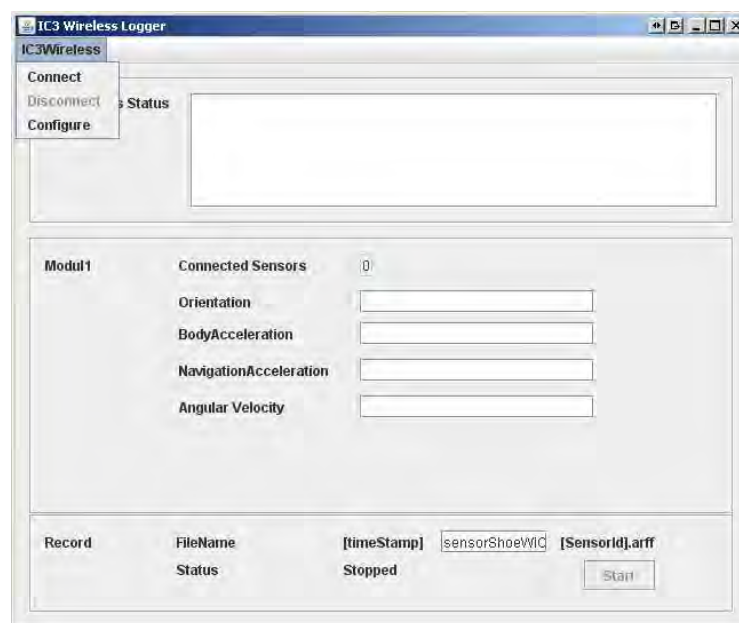


Figure 1 GUI of the sensor data recorder.

The data recorder has been successfully deployed to save the data of 7 InertiaCube trackers simultaneously at a sampling frequency of 20 Hz. As output format the Weka ARFF file format has been chosen, as it can be directly applied to the routines contained in the Weka library as well as imported by the labeling tool to augment data in the way necessary for classification training.

Feature Extraction

For walk analysis the following orientation and acceleration data were recorded.

Euler[3]	Orientation in Euler, returned in degrees.
Quaternion[3]	Orientation in Quaternion form.
AngularVelBodyFrame	Angular rotation speed in sensor body coordinate frame. This is the processed angular rate, with current biases removed, rad/sec. This is the angular rate used to produce orientation updates.
AngularVelNavFrame	Angular rotation speed in world coordinate frame, with



	boresight and other transformations applied, rad/sec.
AngularVelRaw	Raw gyro output, only factory calibration is applied. Some errors due to temperature dependant gyro bias drift will remain.
Magnetic Heading	Magnetometer heading, computed based on current orientation. Like analog Compass needle , Does not behave like Yaw in Euler Signal
Acceleration-based features	
AccelBodyFrame	Acceleration in sensor body coordinate frame, meter ² /sec. Only factory calibration is applied to this data, gravity component is not removed.
AccelNavFrame	Acceleration in the navigation (earth) coordinate frame, meters/sec ² . This is the accelerometer measurements with calibration, and current sensor orientation applied, and gravity subtracted. This is the best available estimate of acceleration.

For the IMU-based walk analysis especially 3 parameters are of importance, which are the acceleration in Y and Z direction and the pitch of the foot in relation to the plane. The Sunspot tracker system fulfills only part of these requirements as it only contains a single 3-axis accelerometer. The Intersense Intertiacube3 tracker, on the other side, guarantees 6 degrees of freedom (DOF) within the world coordinate and the body coordinate system, due to the utilization of a 3-axis accelerometer, 3 gyroscopes and a magnetic field sensor.

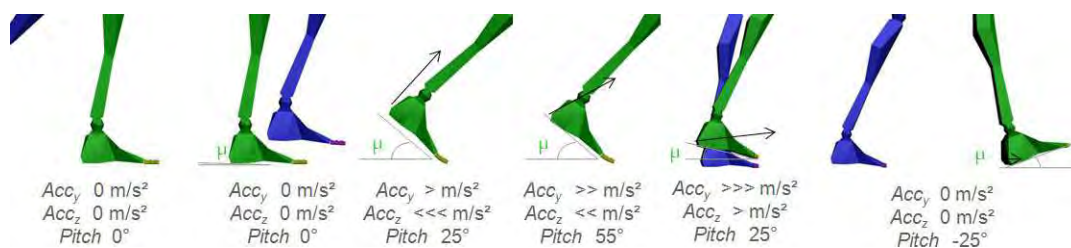


Figure 11 Walk sequence; symmetric signals are 50% phase-shifted



In case of the SunSpot or the TI Chronos platform a similar approach as depicted in [6] has been used, where simple features like, mean, variance, standard variation, cross correlation or energy has been recorded to get evaluated for classification.

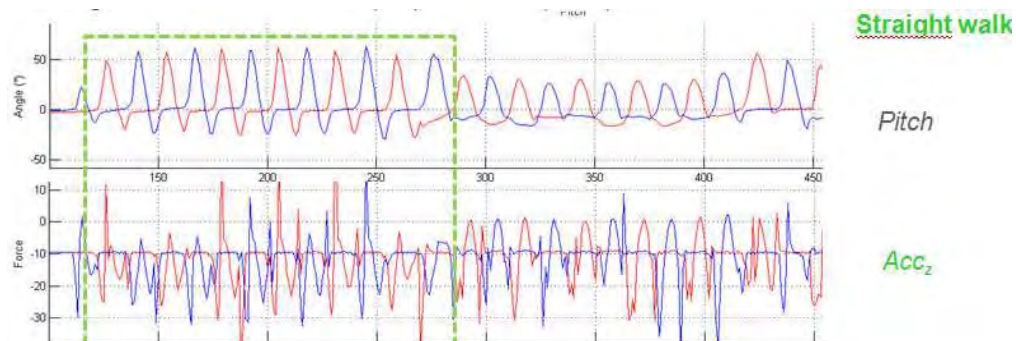
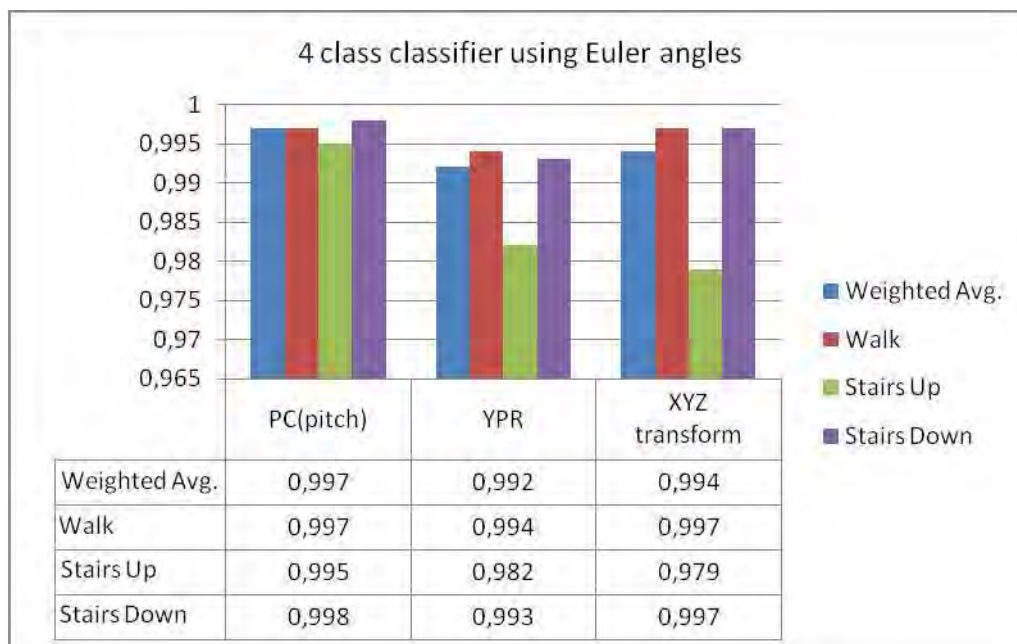
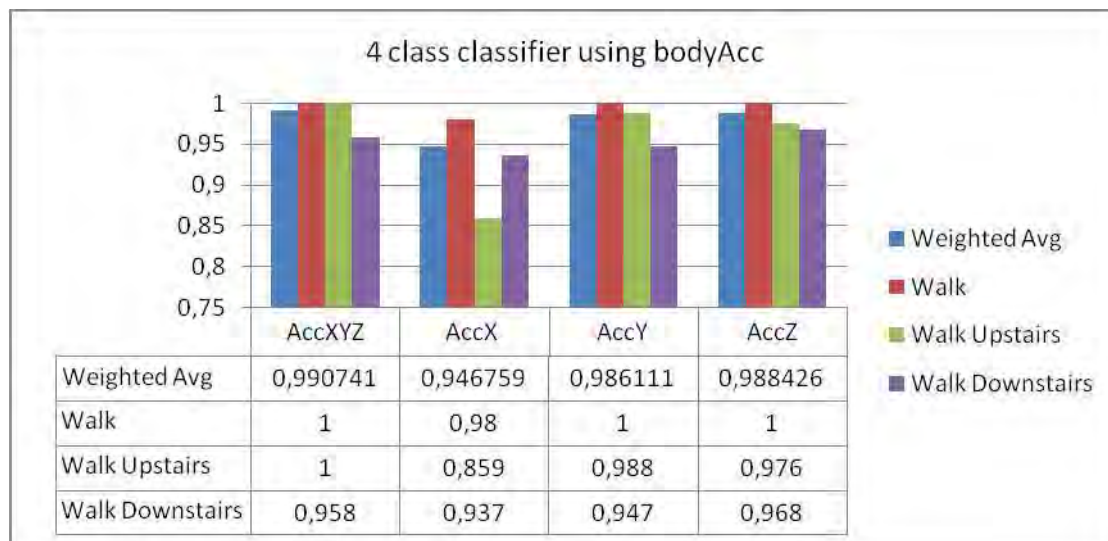


Figure. 1 Important components of walk analysis (Acc Y/Z and Pitch)

Offline Klassifikation





Online Classification – Preprocessing step detection

To retrieve suitable datasets that can be used to train according classifiers an input set, where an example fragment is depicted in figure 2, has to be labeled manually. An example labeling can be found in figure 3.

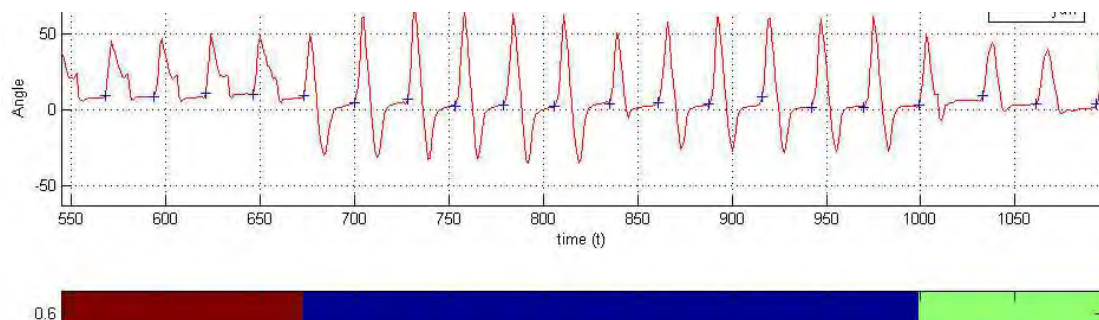


Figure 2 Labeling of the pitch signal by visual annotation.

To test the online classification during system runtime the Java Weka library was applied to build up a recognition routine that is based on orientation classifiers. It is able to perform step detection using the latest 25 sensor samples at a recording frequency rate of 20 Hz. Label sequences such as the one depicted in figure 3 are applied to train the corresponding classifiers. In the current state of development an extensive training phase is necessary for every single user which would be inconvenient in case of the case study and impossible regarding the time ranges of single household installations in the case study achieved in this project.



6 Actuator Device Control

The control of different energy consumers is handled over the UPnP framework as depicted in Figure 12 **PowerSaver UPnP Actuator Control Architecture**. It is divided into three subcomponents: UPnP Control Endpoint, UPnP Power Consumer Endpoint, and specific device drivers that transform generic UPnP command requests into control messages dedicated to a certain type of device. Details about the UPnP specification can be found in [1].

6.1 PowerSaver UPnP Architecture

Within the PowerSaver framework the **UPnP device control component** has been implemented to realize the direct communication and control of endpoint devices that will lead to practical energy savings if applied within the installation site under consideration. The corresponding architecture is shown in Figure 12 **PowerSaver UPnP Actuator Control Architecture** where the UPnP Control Endpoint shown on the left side is implemented as an OSGi service too to seamlessly integrate with the other framework components. As the Apache Felix OSGi reference implementation [12] already provides a dedicated bundle, this package was reused and adapted to the requirements given by the framework and the communication and coordination methods in use. The UPnP Power Consumer Endpoint in a practical system setup will most likely be hosted on a device external to the PowerSaver framework and can therefore be implemented by any methods that adhere to the UPnP specification. For our purpose the Java based CyberGarage [11] implementation of the UPnP protocol (which serves as the basis of the above mentioned bundle too) was reused to realize the direct endpoint part of the controlled device. In the following paragraphs all items in the presented architecture are discussed in detail and corresponding examples are given to underpin the realized approach.

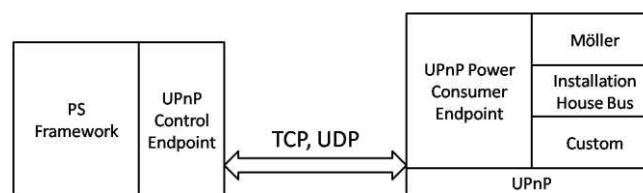


Figure 12 PowerSaver UPnP Actuator Control Architecture

UPnP Control Endpoint

The UPnP Control Endpoint is used to receive action events from the core framework which will control various UPnP enabled device endpoints. Exemplarily these control mechanisms have been implemented for a bunch of device classes that provide the prototypical functionality necessary to demonstrate the required switching functionality for devices in use in the chosen demonstration setups as well as providing the physical basis for realtime power saving that can be evaluated again with the methods already described.

An UPnP controllable device has to implement the UPnP Power Consumer Device Endpoint interface to be able to receive power state changing events from the UPnP Control Endpoint. When a corresponding device endpoint appears on a network segment it is automatically



registered within the UPnP communication realm according to the self configuration abilities provided by the underlying UPnP runtime environment. Additionally a mapping of internal PowerSaver framework enddevice IDs to UPnP device IDs is maintained in the database to be able to address certain device endpoints individually and directly.

UPnP Power Consumer Endpoint

This is the opposite part of the PowerSaver Control Endpoint that receives events from the core framework and forwards them to the corresponding UPnP enabled devices. Ideally, the core framework is not aware of any UPnP specific issues as this will all be encapsulated by this entity. Just sends out events and if a suitable receiver device is online the event triggers some physical action.

Following comes a generic version for a device description file that has to be modified dependent on the specific application requirements. It is a modified version of the UPnP Light Device sample. Initially the power (on/off) service example can be directly taken from the UPnP Light Device sample. It might be extended to support additional service features.

The UPnP Consumer Endpoint provides an API that has to be implemented with the specific actuator command routines to be able to control the corresponding physical devices.

PowerSaver UPnP Enabled Devices

Device connection and control within the PowerSaver formation for which UPnP control support has been realised are Moeller Actuator Plugs and Custom Device Control.

UPnP PowerSaver generic device example

```
<?xml version="1.0" ?>
<root xmlns="urn:schemas-upnp-org:device-1-0">
  <specVersion>
    <major>1</major>
    <minor>0</minor>
  </specVersion>
  <device>
    <deviceType>urn:schemas-upnp-org:device:ps_generic:1</deviceType>
    <friendlyName>PowerSaver Generic Device</friendlyName>
    <manufacturer>PowerSaver</manufacturer>
    <manufacturerURL>http://www.powersaver.at</manufacturerURL>
    <modelDescription>PowerSaver Generic Device</modelDescription>
    <modelName>PSGeneric</modelName>
    <modelName>1.0</modelName>
    <modelURL>http://www.powersaver.at</modelURL>
    <serialNumber>F000000001</serialNumber>
    <UDN>uuid:powersaverGenericDevice</UDN>
    <UPC>ABCDEF0123456</UPC>
    <iconList>
      <icon>
        <mimetype>image/gif</mimetype>
        <width>48</width>
        <height>32</height>
        <depth>8</depth>
        <url>icon.gif</url>
      </icon>
    </iconList>
    <serviceList>
      <service>
        <serviceType>urn:schemas-upnp-org:service:power:1</serviceType>
        <serviceId>urn:schemas-upnp-org:serviceId:power:1</serviceId>
        <SCPDURL>/service/power/description.xml</SCPDURL>
        <controlURL>/service/power/control</controlURL>
        <eventSubURL>/service/power/eventSub</eventSubURL>
      </service>
    </serviceList>
    <presentationURL>http://www.powersaver.at</presentationURL>
  </device>
</root>
```

6.2 Möller Actuator UPnP Driver

The control of power states for single devices was mainly achieved by the application of Möller actuator devices that are more or less the opposite of the single device measurement sensors. They are controlled over a PC connected transmitter device that is attached as an USB HID device.

		Technische Daten	
Spannungsversorgung	230VAC, 50Hz	Stecksystem	Schuko, mit Kindersicherung
Last	230VAC, 50Hz, 8A ohmsche Last	Vorsicherung	interne Absicherung über Thermoschutz
		Frequenz	LS 16A, Kennlinie B
		Übertragungsart	868,300 MHz
		Reichweite im Gebäude	Bidirektional, über codierte Telegramme
			typisch 30 - 50m, 2 Wände + 1 Decke (abhängig von Wandstärke und Material !!)
		Schutzklasse	IP20
		Verschmutzungsgrad	2
		Betriebstemperatur	-5 bis +45°C
		Lager-, Transporttemperatur	-25 bis +70°C
		Gehäusefarbe	Weiß, ähnlich RAL9016
		Abmessungen Gehäuse	HxBxT - 138 x 60 x ca. 57mm
		Approbation:	siehe aktueller Geräteaufdruck

Figure 13 Moeller CSAP-01/0X actuator device specification

The utilized single plug actuators are switching and dimming actuators Möller CSAP-01/0X where the specification overview can be found in **Figure 13 Moeller CSAP-01/0X actuator device specification**. They are controlled over the communication protocol found in [10]. For this purpose a simple USB HID driver was developed. As no interface to directly access USB HID from the Java programming language exists, the driver was implemented directly in the native system supported language and encapsulated over the JNI interface to make it accessible to Java classes. The java part of the driver implements the UPnP power consumer endpoint interface to provide the switching and dimming functionality to the main framework. All actuators under the influence of one controller are defined by a single service description to which action commands of the following format are forwarded from the control endpoint to the device endpoint. The identification of the specific actuator endpoint is handled over the floorplan and according to the affected location put in a different power state. Within the UPnP actuator control routines this ID is not considered but only at the USB HID controller, where targeted endpoint is controlled.

```
<?xml version="1.0"?>
<s:Envelope
xmlns:s="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
s:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
  <s:Body>
    <u:setPower xmlns:u="urn:schemas-upnp-org:service:serviceType:v">
      <deviceID>81</deviceID>
      <setPower>1</setPower> <!--switching devices allow 0 or 1-->
      <!--setDimm>30</setDimm> #between 0-99%, in case of dimmer-->
    </u:setPower>
  </s:Body>
</s:Envelope>
```

The service description for the Möller radio based controllers is depicted in the following listing:

```
<?xml version="1.0"?>
```



```
<scpd xmlns="urn:schemas-upnp-org:service-1-0" >
  <specVersion>
    <major>1</major>
    <minor>0</minor>
  </specVersion>
  <actionList>
    <action>
      <name>SetPower</name>
      <argumentList>
        <argument>
          <name>Power</name>
          <ident>deviceID</ident>

          <relatedStateVariable>Power</relatedStateVariable>
          <direction>in</direction>
        </argument>
        <argument>
          <name>Result</name>
          <relatedStateVariable>Result</relatedStateVariable>
          <direction>out</direction>
        </argument>
      </argumentList>
    </action>
    <action>
      <name>GetPower</name>
      <argumentList>
        <argument>
          <name>Power</name>
          <ident>deviceID</ident>
          <relatedStateVariable>Power</relatedStateVariable>
          <direction>out</direction>
        </argument>
      </argumentList>
    </action>
  </actionList>
  <serviceStateTable>
    <stateVariable sendEvents="yes">
      <name>Power</name>
      <dataType>boolean</dataType>
      <allowedValueList>
        <allowedValue>0</allowedValue>
        <allowedValue>1</allowedValue>
      </allowedValueList>
      <!--allowedValueRange>
        In case of dimmer
        <maximum>100</maximum>
        <minimum>0</minimum>
        <step>1</step>
      </allowedValueRange-->
    </stateVariable>
    <stateVariable sendEvents="no">
      <name>Result</name>
      <dataType>boolean</dataType>
    </stateVariable>
  </serviceStateTable>
</scpd>
```

The device control system as far as developed up until now works well enough to control the presented actuators. In future work especially the driver library, enlarging the types of supported controllable devices, will have to be extended to cope for upcoming systems within home automation.

7 Ruleengine

The rule engine is the core component that transforms sensor input to device control messages. Its behavior is defined by a set of rules. These rules are defined in a single file, called rule-set, and have to adhere to a well defined language. Following is a very simple example of a rule:

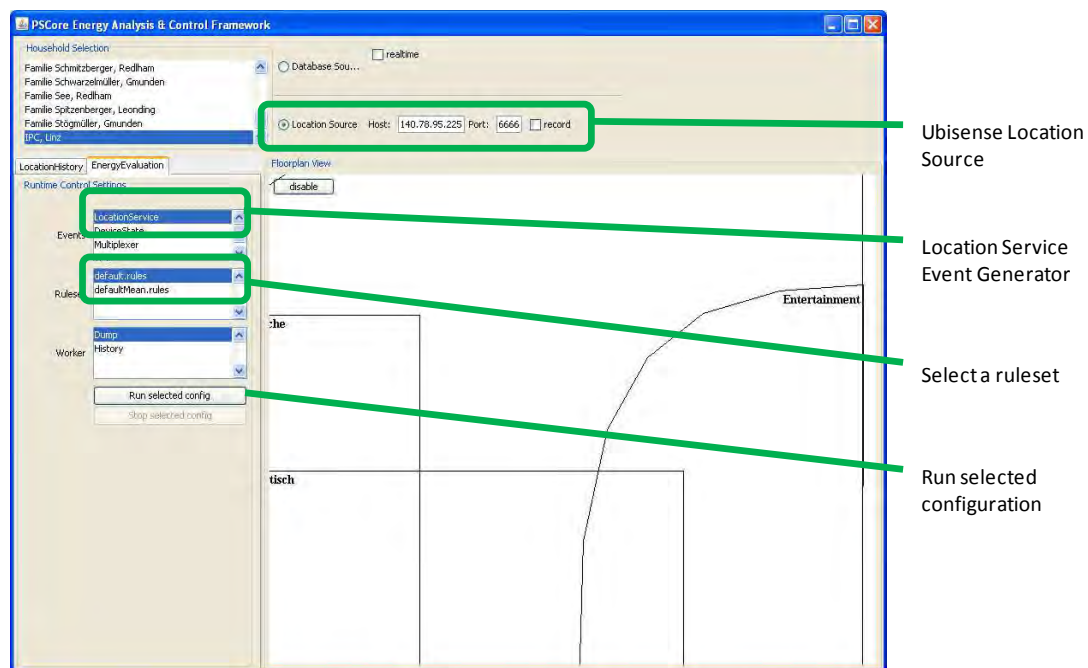


```
IF TIME IN [21:00, 7:00] {
    SET POWER ON FOR nightlight;
} ELSE {
    SET POWER OFF FOR nightlight;
}
```

If you had some experience with programming languages, you will intuitively understand the example's meaning: The nightlight is only turned on between 9 pm and 7 am.

7.1 Running the rule engine

To start a live setup of the rule engine, receiving data from Ubisense and generating according actions in real time, you have to select the Ubisense Location Source, the LocationService Event Generator and a ruleset, then hit the "Run selected config" button (see image below).





7.2 Ruleset Syntax:

The syntax of the IF-clause follows common conventions:

```
IF condition {  
    # do something  
}  
  
# optional else clause  
  
ELSE {  
    # do something else  
}
```

Following the condition is a command block, which may contain another IF-clause or an action. The ELSE-clause is optional and may be omitted. IF-clauses may be nested indefinitely (see the examples further down).

The condition may be one of:

- **Person in Location:**

PERSON one_or_more_names IN one_or_more_symbolic_locations

- **Device State:**

DEVICE device_name IS SET TO powermode

- **Time of Day:**

TIME IN [start_time , end_time]

- **Day of Week:**

WEEKDAY IN [one_or_more_weekdays]

- **Age of Person:**

AGE OF name (< | >) number

Currently there is only one kind of action, setting the power state of a device:

SET POWER state OF device_name



Following are several more intricate examples:

```
# lines starting with # are considered to be comments and will be ignored

# commands outside a condition will always be executed
SET POWER ON FOR Kühlschrank;

# conditions may include an optional ELSE part and may be indefinitely nested
IF PERSON Anna AND Bernhard IN Essbereich {
    IF DEVICE tv IS SET TO ON {
        SET POWER STANDBY FOR Radio;
    } ELSE {
        # time conditions may also cross midnight (e.g. [20:00, 4:00])
        IF TIME IN [5:00, 10:00] {
            SET POWER ON FOR Radio;
        }
    }
}

IF PERSON NOONE IN kaffeebereich {
    IF DEVICE kaffeemaschine IS SET TO STANDBY {
        # "DEVICE" is a reference to all matching devices in a superscope
        # (in this case "kaffeemaschine")
        SET POWER OFF FOR DEVICE;
    }
} ELSE {
    # "THE PERSON" is a reference to all matching persons in a superscope,
    # in this case everyone in kaffeebereich. Age conditions are usually
    # only applied to a single person, in this case the condition will match
    # if at least one person is older than 15
    IF AGE OF THE PERSON > 15 {
        IF DEVICE kaffeemaschine IS SET TO OFF {
            SET POWER STANDBY FOR DEVICE;
        }
    }
}

# "A LOCATION" is a reference to each single location, not all locations
# at once. the clause could be rewritten by copying it for each location.
IF PERSON NOONE IN A LOCATION {
    SET POWER 30% FOR Notlicht;
    # "ALL IN LOCATION" is a reference to all devices in the location
    # matched in a superscope
    SET POWER OFF FOR ALL IN LOCATION;
}
```



7.3 Ruleset language definition:

If you are still not sure about some language detail, take a look at the language definition in EBNF:

```
RuleSet = { Command } ;

Command = ( Rule | PowerCommand ) ";" ;

Rule = "IF" Condition CommandBlock [ "ELSE" CommandBlock ] ;

CommandBlock = "{" Command { Command } "}" ;

Condition = PersonCondition | DeviceCondition | TimeCondition | WeekdayCondition |
AgeCondition | AlwaysCondition ;

PersonCondition = "PERSON" Person { "AND" Person } "IN" SymbolicLocation { "AND"
SymbolicLocation } ;

DeviceCondition = "DEVICE" Name "IS SET TO" PowerLevel ;

TimeCondition = "TIME" "IN" "[" Time "," Time "]" ;

WeekdayCondition = "WEEKDAY" "IN" "[" Weekday { "," Weekday } "]" ;

AgeCondition = "AGE" "OF" Person ( "<" | ">" ) Number ;

AlwaysCondition = "ALWAYS" ;

Person = "ANYONE" | "NOONE" | "THE" "PERSON" | Name ;

SymbolicLocation = "A" "LOCATION" | Name ;

Time = Number [ Number ] ":" Number [ Number ] ;

Weekday = "Mon" | "Tue" | "Wed" | "Thu" | "Fri" | "Sat" | "Sun" ;

PowerCommand = "SET" "POWER" PowerLevel "FOR" Device ;

Device = "ALL" "IN" "LOCATION" | "DEVICE" | Name ;

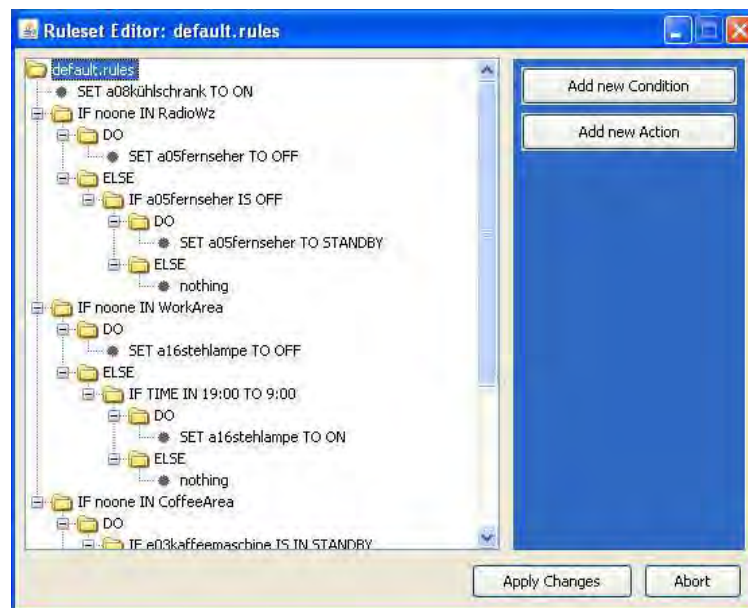
PowerLevel = "OFF" | "STANDBY" | "ON" | Number "%" ;

Name = WordChar { WordChar } ;

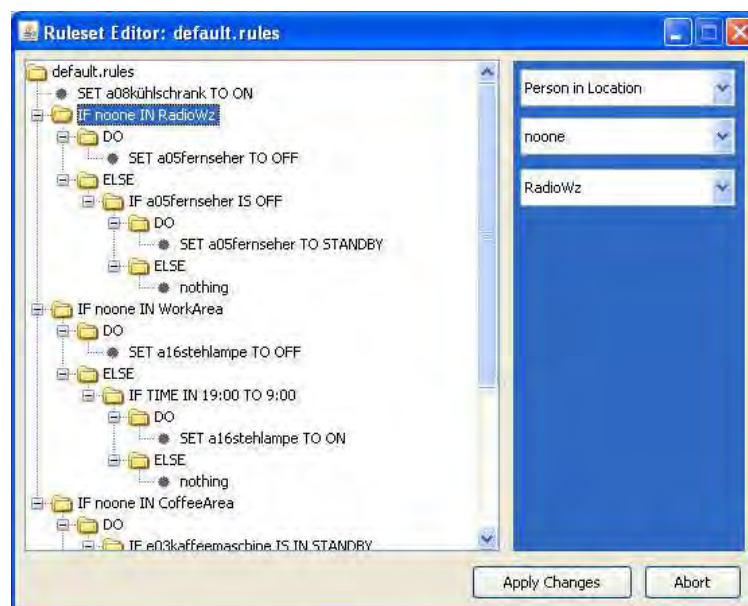
WordChar = Letter | Number | "_" | "-" | "/" ;
```

7.4 Ruleset Editor:

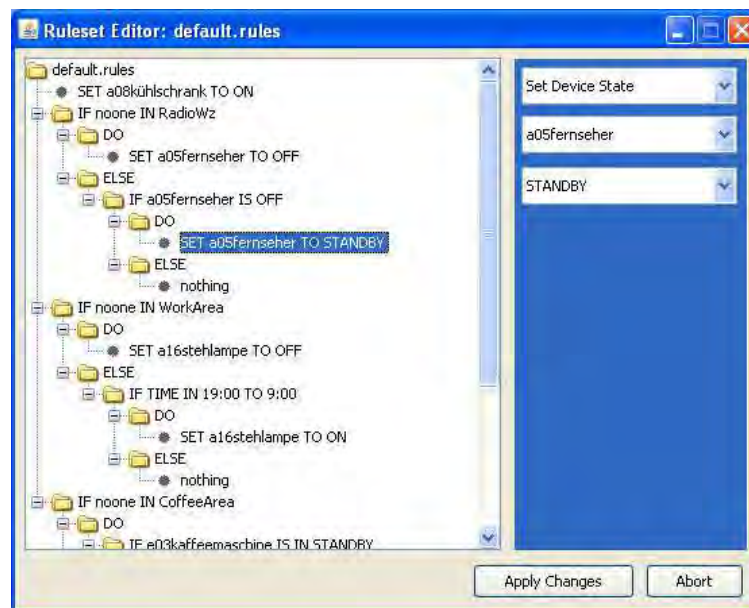
To make ruleset creation even easier, a simple ruleset editor has been implemented. It is pretty self explanatory. Just take a look at the screenshots below.



Ruleset Editor: Add new conditions and actions



Ruleset Editor: Change a condition (IF-clause)



Ruleset Editor: Change an action

7.5 Generation of default rulesets

The framework is able to generate default rulesets, which implement the standard behavior as defined by the catalogs in Appendix 2. The generated rulesets will contain one short segment for each device in the household.

Before generating the ruleset, you should first make sure that everything is configured properly:

- Is the household plan imported correctly?
- Are all devices properly imported and assigned to device classes?

Next, simply select the according household and press the “Generate Default Ruleset” Button on the first GUI tab. The new ruleset will be saved to generated.rules in the according household folder. Be careful: If the file already exists, it will be overwritten without warning.

There is one last step: If a device is located within several symbolic locations, the system is unable to determine which one is the best fit. It will simply put each symbolic location, separated by | in the ruleset. You should check your new ruleset file for such multiple locations and choose one.



References

- [1] UPnP Device Architecture version 1.1, <http://www.upnp.org/specs/arch/UPnP-arch-DeviceArchitecture-v1.1.pdf>, URL from Feb 2011
- [2] Paul Browne. JBoss Drools Business Rules. Packt Publishing Ltd., 2009.
- [3] Malcolm Chisholm. How to Build a Biness Rules Engine. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2004.
- [4] Narayanan C. Krishnan, Gaurav N. Pradhan, and Sethuraman Panchanathan. Recognizing short duration hand movements from accelerometer data. In Proceedings of the 2009 IEEE international conference on Multimedia and Expo, ICME'09, pages 1700–1703, Piscataway, NJ, USA, 2009. IEEE Press.
- [5] Dominic Maguire and Richard Frisby. Comparison of feature classification algorithm for activity recognition based on accelerometer and heart rate data. 9th. IT+T Conference. Dublin Institute of Technology, Dublin, Ireland, 22nd.-23rd. October.
- [6] Siirtola P., Laurinen P., Haapalainen E., Rönning J., and Kinnunen H. Clustering-based activity classification with a wrist-worn accelerometer using basic features. In Proc. of the 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Data Mining (CIDM 2009), pages 95–100. IEEE Press, March 2009. ISBN 978-1-4244-2783-3.
- [7] Ian H. Witten and Eibe Frank. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Second Edition. Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2005.
- [8] Jhun-Ying Yang, Yen-Ping Chen, Gwo-Yun Lee, Shun-Nan Liou, and Jeen-Shing Wang. Activity recognition using one triaxial accelerometer: A neuro-fuzzy classifier with feature reduction. In Lizhuang Ma, Matthias Rauterberg, and Ryohei Nakatsu, editors, Entertainment Computing, ICEC 2007, volume 4740 of Lecture Notes in Computer Science, pages 395–400. Springer Berlin / Heidelberg, 2007.
- [9] Topas 1000: Power Quality Analyser SmartMeter, <http://www.fluke.com/fluke/dede/Leistungsmessger%E4te-und-Netzqualit%E4ts-Analysatoren/Topas-1000.htm?PID=56784>, URL from Feb 2011.
- [10] RF Communication Interface, Eaton GmbH, Entwicklung Wien, 24. August 2010, protocol version 2.50.
- [11] cybergarage Cyberlink for Java, <http://www.cybergarage.org/twiki/bin/view/Main/CyberLinkForJava>, URL from Feb 2011.
- [12] Apache Felix, Felix UPnP documentation, <http://felix.apache.org/site/apache-felix-upnp.html>, URL from Feb 2011.
- [13] Florian Wagner, Labeling-Tool – Entwurf, Implementierung und Evaluateirung einer Software zur Annotation von aufgezeichneten Experimenten mit multi-modalen Datenströmen. Diploma Thesis, Universität Passau, Fakultät für Informatik und Mathematik, 13. August 2010.



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 4.1 – Sozialwissenschaftliche Begleitstudie

2011-01-31

Univ.-Prof. Mag. Dr. Josef Hochgerner

Sozialwissenschaftliche Studie im Rahmen des Projekts „Power Saver“ – Neue Energien 2010

Josef Hochgerner, Zentrum für Soziale Innovation (ZSI)

Inhaltsübersicht	Seite
1. Die Relevanz von Energieeinsparungen in Zeiten gesellschaftlicher Umbrüche	2
1.1 Wandel der Sozialstruktur	3
1.2 Wandel der Kulturmuster	8
1.3 Wandel der Institutionen	9
1.4 Wandel ‚sozialer Handlungen‘	10
1.5 Wandel von Bewusstseinslagen	11
2. Das wirtschaftliche Potenzial Österreichs	16
3. Entwicklung des Energie- und Stromverbrauchs in Österreich und im EU-Vergleich	19
3.1 Einstellungen und Motive zu energiesparendem Verhalten	21
3.2 Die anhaltende Diskrepanz zwischen Einstellungen und Verhalten	26
4. Akzeptanz und Erwartungen gegenüber Technik und Wissenschaft	30
5. Power Saver in Erprobung und Entwicklung	41
5.1 Power Saver als ‚Produkt- und Alltagstechnik‘	41
5.2 Pervasive Computing als ‚Externe Technik‘	43
5.3 Praktische Erfahrungen	46
5.4 Förderung der Akzeptanz von Power Saver und des Energiesparens	51
Quellenverweise	54

1. Die Relevanz von Energieeinsparungen in Zeiten gesellschaftlicher Umbrüche

Energieversorgung, Energiekosten, der Mix von Energieträgern, Formen und Auswirkungen des Energieverbrauchs sind zentrale Themen der Gegenwart und Zukunft, deren Relevanz das alltägliche Leben einzelner Menschen ebenso wie Kommunen, Wirtschaft, Staaten und internationale Organisationen betreffen. Das Generalthema ‚Energie‘ bildet daher in enger Verbindung mit dem Klimawandel eine der ‚Grand Challenges‘, denen vorrangig durch Forschung Innovation begegnet werden soll (vgl. die Flagship Initiative „Innovation Union“ im Rahmen der EU 2020 Strategie). In dieselbe Richtung argumentiert die aktuelle OECD Innovation Strategy mit Verweis auf den bahnbrechenden Stern Report:

„A lack of policy action to address climate change can mean significant economic costs (OECD 2008a). The estimated costs vary widely, but may be as much as the equivalent of 14.4% of per capita consumption ... (Stern 2007).“ (OECD 2010, 166)

Nach Modellrechnungen der Internationalen Energie-Agentur (IEA 2008) können rund 47% aller Reduktionen von (notwendigen) CO₂ Emissionen durch Innovationen im Endverbrauch erzielt werden. Technologien die *Energiesparen* ermöglichen bzw. entsprechende Verhaltensmuster begünstigen und unterstützen – d.h. technische Innovationen in Verbindung mit sozialen Innovationen – können demnach in Summe etwa *gleich bedeutend* eingeschätzt werden *wie neue, effizientere und alternative Technologien zur Produktion von Energie* plus Erwartungen in noch ungewisse Entwicklungen zur Absorption, Speicherung und möglicherweise Wiederverwendung von Treibhausgasemissionen.

Der von Power Saver verfolgte Ansatz zielt somit klar auf Anforderungen, die sich aus der gegenwärtigen Situation ergeben, für die nicht nur die bereits gewohnte Beschleunigung von technischen und wirtschaftlichen Veränderungen, sondern insbesondere auch ein tiefer gehender sozialer Wandel charakteristisch ist. Die Soziologie versteht unter sozialem Wandel „die prozessuale Veränderung der Sozialstruktur einer Gesellschaft in ihren grundlegenden Institutionen, Kulturmustern, zugehörigen sozialen Handlungen und Bewusstseinsinhalten“. (Zapf 2003) Der Begriff ‚sozialer Wandel‘ wird hier eingeführt, um die Ausgangsbedingungen zu umreißen, die zu beachten sind, wenn Innovationen und Technologien nicht mehr bloß ‚more of the same‘ (mehr Energie) bringen, sondern auf weniger Energieverbrauch abzielen sollen. Sozialer Wandel ist gemäß der angeführten Definition nicht zu verwechseln mit mehr oder minder schnellen oder weit reichenden Trends (diese sind – wenn nachhaltig wirksam – Teil des Wandels), sondern stellt eine längerfristig für mehrere Generationen relevante

Veränderung der Lebensumstände und ihrer Gestaltungsmöglichkeiten dar. Wenn daher die gesellschaftlichen Voraussetzungen für Energiesparen in Betracht gezogen werden, so empfiehlt sich nicht bloß eine aktuelle Bestandsaufnahme von Meinungen dazu (was freilich sinnvoller Teil einer solchen Analyse ist), sondern die Beobachtung von Veränderungen in einem längeren Zeitraum. Für die konkrete Fragestellung im österreichischen Kontext erscheinen die letzten (rund) 50 Jahre ein ebenso angemessener wie aufschlussreicher Zeitraum: Der Anfang der 1960-er Jahre markiert den Übergang von der Wiederaufbauphase nach dem Zweiten Weltkrieg zum sogenannten ‚Wirtschaftswunder‘. Das European Recovery Program (ERP, Marshall Plan) hatte Österreich – und Deutschland, das sich in dieser Zeit bereits zur europäischen Wirtschaftslokomotive entwickelte – auf die Beine geholfen; Arbeitskräfte mussten in manchen Branchen bereits gesucht werden (Beginn der Anwerbung von ‚Gastarbeitern‘). Wachstumsraten der Wirtschaft von fünf Prozent und mehr steigerten Kaufkraft und Konsumnachfrage, und signalisierten dass im wirtschaftlichen Strukturwandel neue Qualifikationen sowie Wissenschaft und Forschung Bedeutung gewinnen. Was sich seit damals im Hinblick auf die wesentlichen Kategorien des sozialen Wandels verändert hat und für die Zwecke dieser Studie wichtig erscheint wird hier skizziert.

1.1 Wandel der Sozialstruktur

Ohne auf Detaildarstellungen einzugehen, die sehr ausführlich zu dokumentieren wären und sowohl in Daten von Statistik Austria, WIFO und anderen Instituten (z.B. Institut für Demographie der ÖAW) sowie in einschlägigen Büchern (vgl. Reiterer 2003) publiziert sind, sollen hier nur die essentiellen, für die Thematik wichtigsten Veränderungen festgehalten werden. Die zentralen Daten der Veränderung der Sozialstruktur sind die Bevölkerungszahl an sich, und das Altern der Gesellschaft (höhere Lebenserwartung der ÖsterreicherInnen): Beide haben unmittelbaren Einfluss auf den Energiekonsum, der weiters vor allem durch geänderte Lebensverhältnisse (Lebensstile), Siedlungs- und Wohnformen (Stadt/Land, Häuser/Wohnungen, Singlehaushalte ..), Beschäftigungsverhältnisse und Wirtschaftslage verstärkt wird).

Den langfristigen Bevölkerungstrend beschreibt Statistik Austria¹ wie folgt:

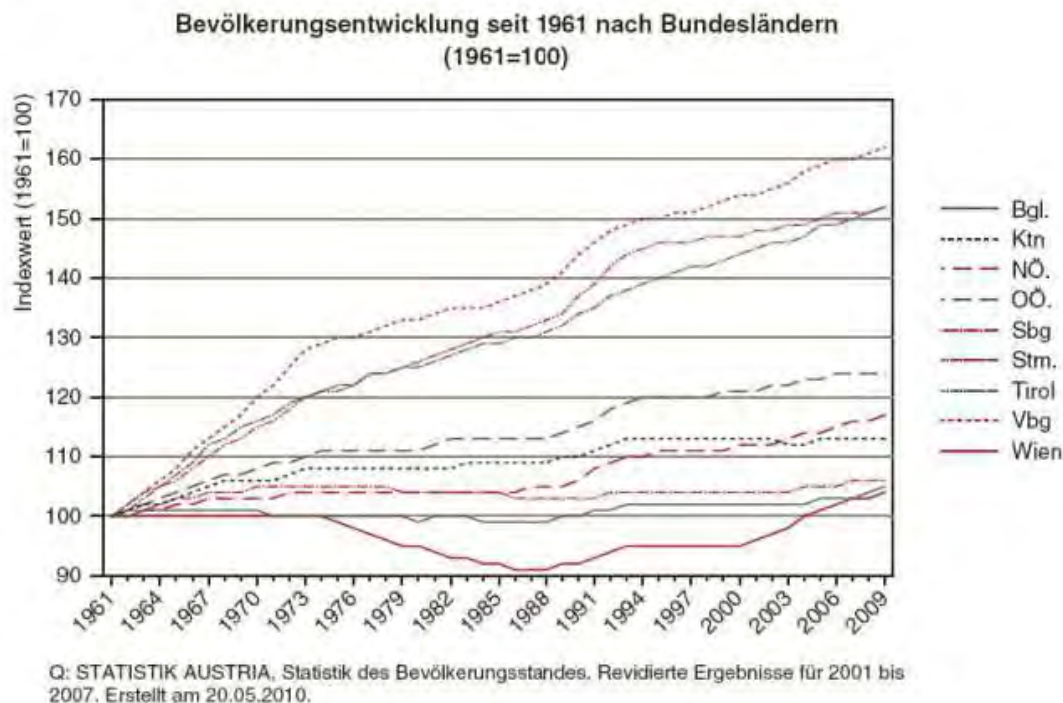
„Im Jahr 1961 hatte Österreich knapp über 7 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner. Dem starken Bevölkerungswachstum der 1960er Jahre (+415.000 Personen) folgte ein Jahrzehnt

¹ www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/bevoelkerungsstand_und_veraenderung/bevoelkerung_zu_jahres-quartalsanfang/index.html (18.2.2011)

der Bevölkerungsstagnation. Auf die stagnierende Bevölkerungsentwicklung der 1970er Jahre ... folgte wiederum ein Jahrzehnt mit stärkerem Bevölkerungswachstum (158.000 Personen). ... Zwischen 1991 und 2001 erhöhte sich die Einwohnerzahl Österreichs um 310.000 Personen. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts war Österreich insbesondere durch internationale Migration aus dem Ausland geprägt, was zu einem starken Bevölkerungsanstieg führte.“ Per 1.1.2011 waren in Österreich erstmals mehr als 8,4 Mio. Einwohner registriert.

Im Zug dieser Entwicklung wuchsen bis zum politisch-wirtschaftlichen Umbruch in Osteuropa, die westlichen Bundesländer Salzburg, Tirol und Vorarlberg, während der Osten weitgehend stagnierte. Wien schrumpfte ab Anfang der 1970er Jahre und überschritt erst 2004 wieder die Bevölkerungszahl von 1961 (Abb.1).

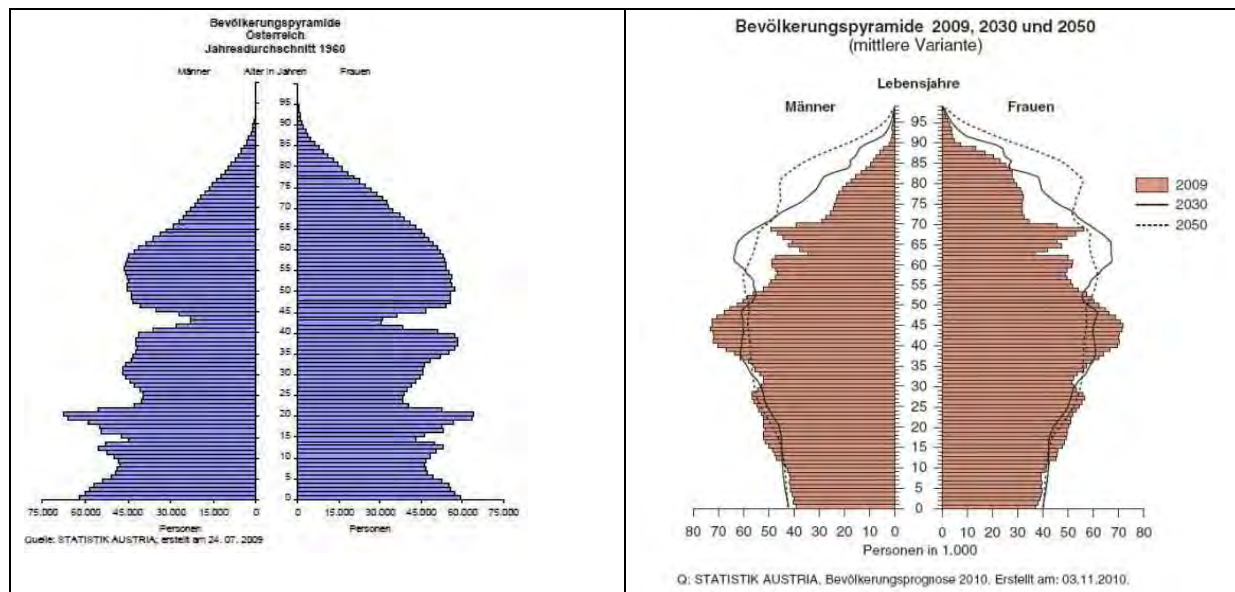
Abbildung 1: Index der Bevölkerungsveränderung seit 1961



Die Veränderung der Alterstruktur ist gravierend, wie die Gegenüberstellung der gar nicht mehr zurecht so bezeichneten „Alterspyramiden“ von 1960 und 2009, sowie die Projektionen für 2030 und 2050 zeigen (Abb. 2).

Die wirtschaftlichen Grundstrukturen werden seit den 1950er Jahren nach der von Fourastie (1954) eingeführten Sektorensystematik beschrieben (im Wesentlichen Agrar-, Industrie- und Dienstleistungssektoren). Auch in der österreichischen Wirtschaft ist wie überall in den industriell hochentwickelten Ländern im Lauf der letzten 50 Jahre der Dienstleistungssektor dominant geworden, was sowohl am Wertschöpfungsbeitrag zum BIP wie auch an den Anteilen der Beschäftigten in den drei Sektoren ablesbar ist.

Abbildung 2: Das strukturelle Altern der österreichischen Gesellschaft



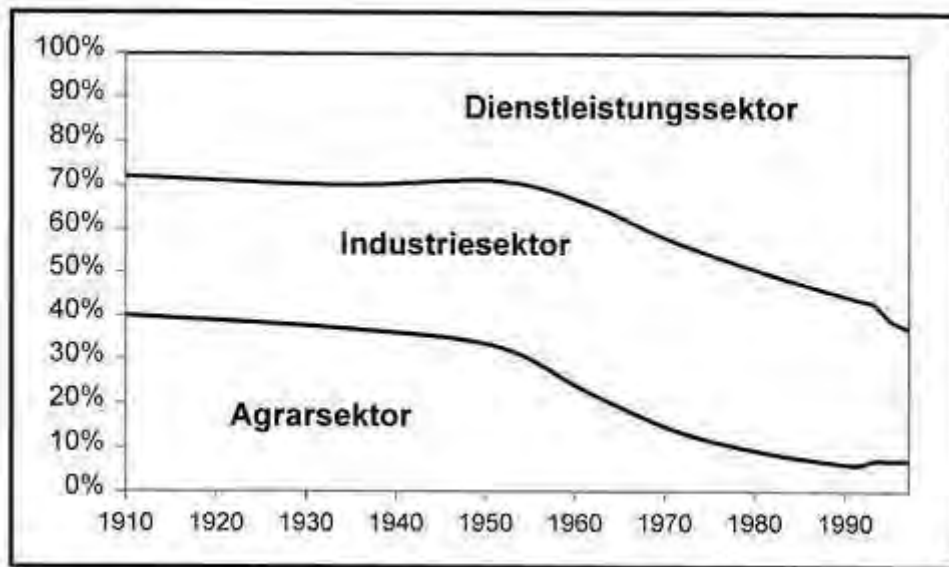
Bemerkenswert ist bei Betrachtung längerfristiger Verläufe, dass die Verschiebung der Größenordnungen nicht zwischen dem Industrie- und Dienstleistungssektor stattgefunden hat (wenngleich es natürlich individuelle Übergänge gibt), sondern dass die Beschäftigtenzahl im Dienstleistungssektor eher in dem Ausmaß gewachsen ist, wie sie im Agrarsektor zurück gegangen ist (Abb. 3).

Der Anteil der Beschäftigten in der Industrie blieb mit relativ geringen Schwankungen faktisch ein Jahrhundert lang mit rund 1/3 der Gesamtbeschäftigten weitgehend konstant. Die relative Ausweitung im Zug der stärkeren Industrieentwicklung in der Periode etwa zwischen 1960 und 1990 geht seither wieder zurück, sodass aktuell wieder 32% aller Beschäftigten auf den Industrie- und Gewerbesektor entfallen, während 66% dem Dienstleistungssektor und nur noch 2% dem Primärsektor (Landwirtschaft) zugerechnet werden.

Wie überall in den industriell entwickelten Wohlstandinseln der Welt überlagern nunmehr die Charakteristika der Informationsgesellschaft jene der Industriegesellschaft. Es ist hier nicht der Raum für eine umfassende Auseinandersetzung mit diesem Begriff und anderen Labels, die eingeführt werden um die kommenden Strukturmerkmale der Gesellschaft zu erfassen².

² Dieser Begriff wurde zuerst in den 1970er Jahren in Japan verwendet (JTI 1972), erlangte in den 1990er Jahren große Verbreitung (EK 1994), und wird heute teils synonym teils alternativ zum Begriff 'Wissensgesellschaft' (Stehr 1994) verwendet.

Abbildung 3: Verteilung der Beschäftigten in der österreichischen Wirtschaft seit 1910



Quelle: Gerald Schöpfer³

Der Versuch, den Übergang von der ‚Industriegesellschaft‘ (die, wie Abb. 3 zeigt, *nie dadurch* geprägt war, dass der größte Teil der Arbeit im Industriegesellschaft verrichtet worden wäre) zur ‚Informations-, oder ‚Wissensgesellschaft‘ verstehen, ist für die Frage nach Ansätzen zum Energiesparen vor allem aus folgendem Grund von großer Bedeutung:

Arbeit (und damit Wertschöpfung) ist heute und zukünftig immer mehr von Kopf- anstelle von Handarbeit geprägt, wobei sich die ausgeführten Verrichtungen (Leistungserbringung) zusehends von der eigentlichen Produktion entfernen – und das nicht nur im Sinn der Abläufe (als vor oder nach gelagerte Tätigkeiten), sondern auch im Sinn von weniger Ortsgebundenheit⁴.

Aufgrund des Erfolgs der Industriegesellschaft (Produktionszahlen, Gütertransport, Logistik, Gigantismus von [multinationalen] Konzernen ...) stieg und *steigt das notwendige Volumen an Informationsverarbeitung*. IKT-Industrie und Informatik bieten dafür Lösungen an, ohne die weder industrielle Weiterentwicklung noch Massenkonsum möglich wären. *Deshalb* kann zurecht von ‚Informationsgesellschaft‘ gesprochen werden (vgl. Beniger 1986), die „aus der Industriegesellschaft entsteht, aber durch eine Informationsrevolution und die zentrale Bedeutung der Informationsverarbeitung gekennzeichnet ist.“ (Hensel 1990, 48)

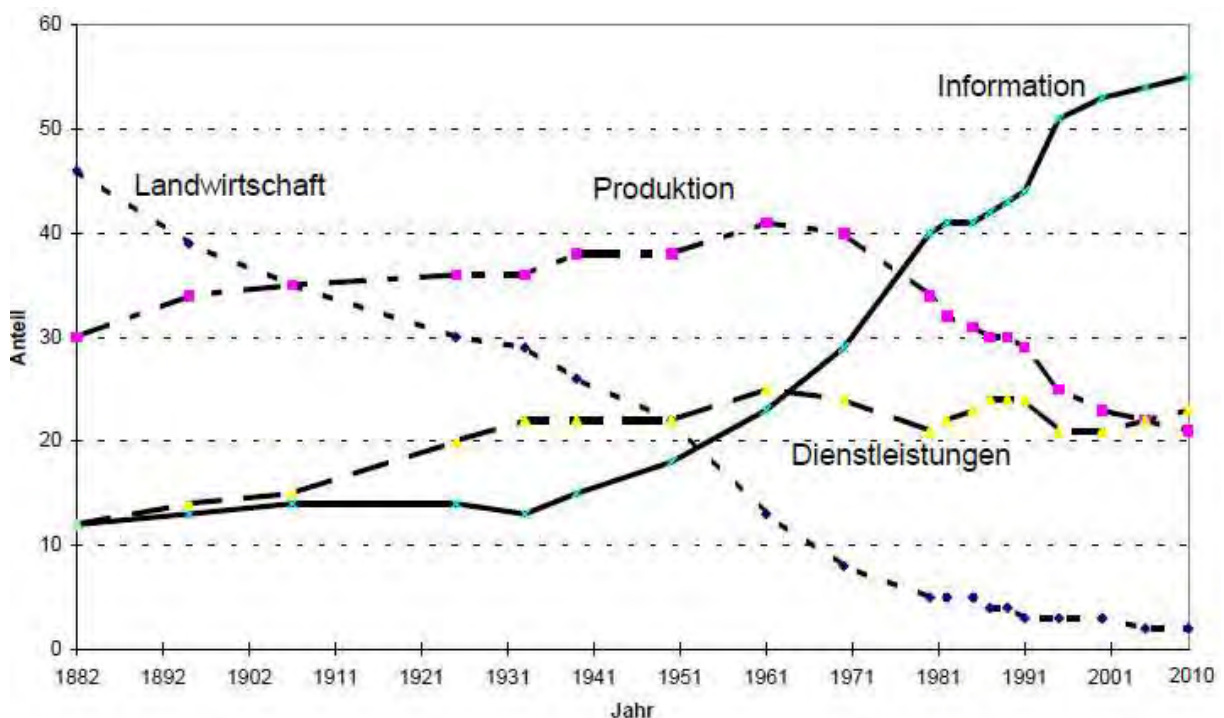
³ „Von der industriellen Revolution zur Informationsgesellschaft“: http://austrialexikon.at/af/Wissenssammlungen/Bibliothek/TUGraz_ein_Jubil%C3%A4um/Die_Technik_in_Graz/Von_industrieller_Revolution_zur%20Informationsgesellschaft

⁴ Die Diskussionen um Telearbeit (oder eWork) sind in den letzten Jahren leise geworden; aber nicht weil es diese Arbeitsformen nicht geben würde, sondern viel eher weil sie ‚normal‘ geworden sind.

Sie bringt eine Vielfalt an neuen Berufen hervor, und verändert die Arten der Beschäftigung in den bestehenden drei Sektoren der Wirtschaft. Zahlreiche Tätigkeiten in Industrie, Dienstleistungen, aber auch in der Landwirtschaft erfordern nicht nur Userkompetenzen im Einsatz von IKT, sondern spezielle berufliche Qualifikationen. Seit den 1990er Jahren ist daher immer wieder von ‚Vier Sektoren‘ der Wirtschaft die Rede, wenn die Information verarbeitenden Tätigkeiten aus den ‚klassischen‘ drei Sektoren heraus gerechnet werden (Abb. 4).

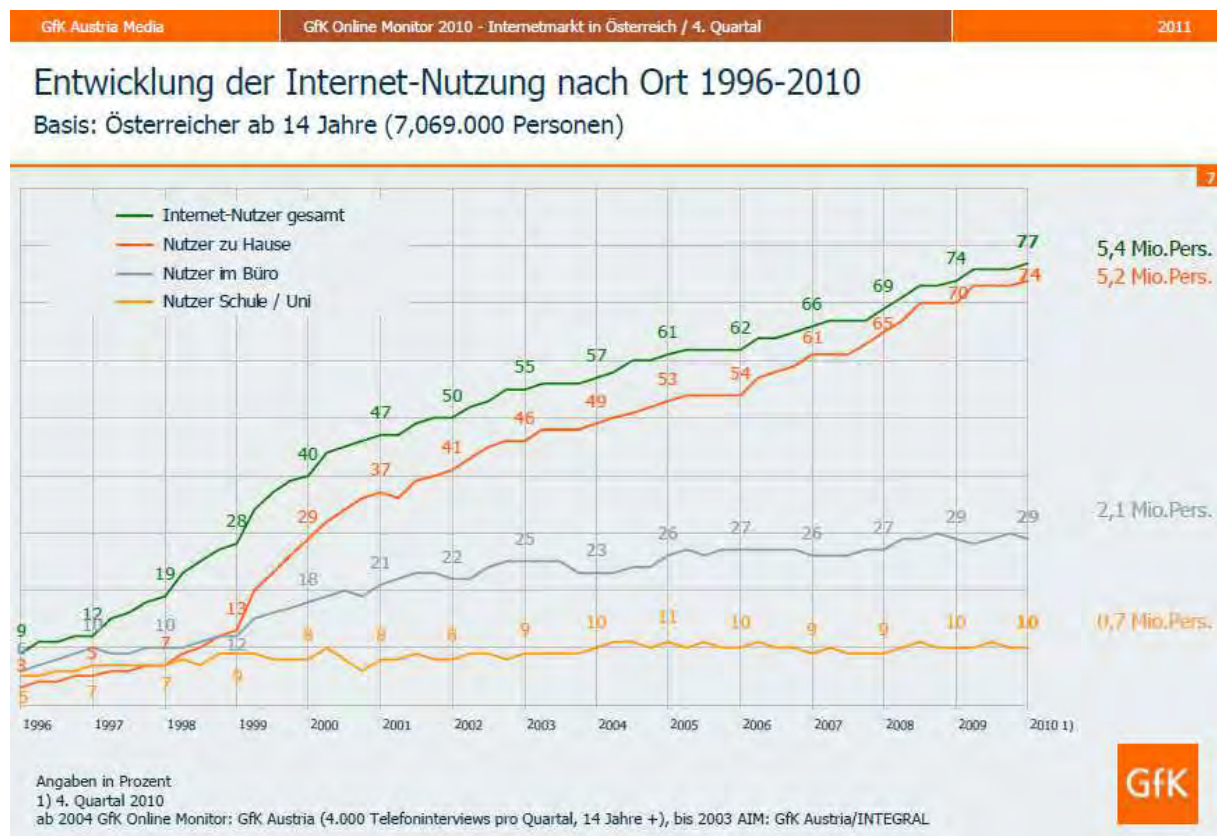
In Kombination mit der seit dem Jahr 2000 bereits dominanten Nutzung des Internets von zu Hause aus (Abb. 5) unterstreichen diese Strukturänderungen einen entscheidenden Bedeutungszuwachs für private Haushalte als Angelpunkte für private *und* berufliche Kommunikation – damit auch für Energienutzung und –verbrauch: Nicht nur die Zahl von mit Strom betriebenen Geräten pro Haushalt steigt, sondern auch deren Nutzungsdauer. Der dadurch potentiell steigende Energieverbrauch stellt zugleich ein zunehmendes Potenzial an Einsparungen dar – vorausgesetzt dass Sparverhalten erlernt wird und Verbreitung findet, was durch geeignete Technologien wesentlich gefördert werden kann.

Abbildung 4: Das Vier Sektoren Modell der Wirtschaft 1882 – 2010



Quelle: Dostal, Werner, <http://www.wissensgesellschaft.org/themen/bildung/arbeitundlernen.pdf> (20.1.2011)

Abbildung 5:



1.2 Wandel der Kulturmuster

Im Lauf der letzten fünfzig Jahre vollzog sich, mit dem Wendepunkt um 1990, der Übergang von nationalstaatlich bestimmten Kulturen der Industriegesellschaft zur derzeit sichtbar werdenden *Interkulturalität* (Terkessidis 2010) einer globalisierten *Weltgesellschaft*. In Österreich kommt hinzu, dass es erst der Erfolge der Zweiten Republik in allen sozialen Teilsystemen (Wirtschaft, Rechtssystem, Politik, Kultur⁵; vgl. Parsons 1976) bedurfte, um historisch nachholend nationale Identität und Selbstbewusstsein gesichert zu etablieren (s. Rathkolb 2005). Kaum errungen wird das neue nationale Selbstverständnis Österreichs durch die Globalisierung und den Bedeutungsverlust nationaler Grenzen (real wie auch ideell) herausgefordert. Es ist daher kein Zufall, dass Österreich nostalgisch gern als ‚Kulturgroßmacht‘ dargestellt wird, ebenso nostalgisch die Neutralität als Eckpfeiler politischer Erfolge) verteidigt wird, und an die Stelle der früheren Beschwörung Österreichs als ‚kleines Land‘ die nunmehr gegenüber anderen Ländern oder Völkern oft überheblich wirkende Betonung von Österreich als reichem Land tritt.

⁵ Nicht zu vernachlässigen: einschließlich Sport

Gestützt auf das nicht hinterfragte Bewusstsein, den wirtschaftlichen Erfolg selbst erarbeitet und verdient zu haben, folgt das die Hybris eines Rechtssystems, das deswegen einerseits um Abgrenzung gegenüber ‚außen‘ (z.B. gegen die Öffnung des Arbeitsmarkts für die neuen EU Mitgliedsländer von 2004, MigrantInnen und Asylsuchende) bemüht ist, andererseits aber als Konsequenz des EU-Beitritts nur noch bescheiden wirklich national bestimmt wird.

Für die Fragestellung, wie sich dieser Wandel auf die Bereitschaft zu ökologisch relevanten Verhaltensänderungen – bis hin zur Übernahme neuer Lebensstile – auswirkt, ist das Entstehen einer neuen sozialen Divergenz, nämlich die zwischen Globalisierungsgewinnern und –verlierern wichtig. Die maßgeblichsten sozio-demographischen Merkmale dafür sind in erster Linie Bildung (mit einer Trennlinie bei Matura – und entsprechender beruflicher Stellung⁶), und in zweiter Linie Alter (mit einer Trennlinie⁷ bei den nach 1980 Geborenen, die – je jünger desto selbstverständlicher – mit Globalisierung und Internet [„net generation“] aufgewachsen sind).

Wie weiter unten (s. Abb. 15, Motive des Energiesparens) gezeigt wird, ist das eindeutig stärkste Motiv für Energiesparen der Wunsch, damit Kosten zu senken. Das gilt für Gewinner wie auch für Verlierer der Globalisierung: Aber dennoch werden in der Praxis je nach Gruppe unterschiedliche Informationen, Argumente, Maßnahmen – und eventuell auch unterschiedliche Technologien – besser oder weniger gut geeignet sein, zum Ziel zu kommen.

1.3 Wandel der Institutionen

Im Lauf der Wohlstands- und Friedensperiode der letzten fünf Jahrzehnte haben sich nicht zuletzt Charakteristiken, Bedeutungen, Ansehen und gesellschaftliche Relevanz wesentlicher Institutionen der Gesellschaft teilweise grundlegend geändert. Dazu zählen ganz besonders das Familien- und Ehe⁸; die Interessenvertretungen der Sozialpartnerschaft, deren Machtzuwachs geteilt gesehen wurde und inzwischen manchen Schwankungen unterworfen

⁶ Die einerseits weniger verlässlich als früher erreicht werden kann (Stichwort „Generation Praktikum“), andererseits aber das wichtigste Kriterium bei der Eigeneinschätzung der sozialen Lage darstellt, wie Regressionsanalysen zur Schichteinstufung zeigen. Dahinter rangieren Bildungsabschluss, Einkommen, sowie soziale Herkunft und Eigentum an Wohnung oder Haus (Noll, Weick 2011, 5)

⁷ „Trennlinien“ sind nicht im Sinn diskreter Merkmale als mathematisch eindeutige Unterscheidung, sondern als Übergangskriterien zu verstehen an denen sich Wahrscheinlichkeiten (statistisch in Signifikanzniveaus auszudrücken) verschieben.

⁸ Die Institution der Ehe sah bis in die 1970er Jahre den Ehemann praktisch als autokratische Oberhaupt der Familie, der etwa seiner Frau einen eigenen Reispass verwehren konnte (keine Ausstellung ohne seine Zustimmung).

war und ist; nicht zuletzt die zentralen politischen Institutionen wie Parteien, Parlament und Regierung, die einerseits ebenfalls in den weiten Gewässern der Globalisierung rudern, andererseits nun seit bald 20 Jahren im Rahmen der EU unter fundamental anderen Bedingungen als davor agieren und ihre Rollen neu finden müssen.

Der (Selbst-)Findungsprozess unter den neuen Gegebenheiten ist auch für andere wichtige Institutionen nicht nur nicht abgeschlossen, sondern steht zu weiten Teilen noch aus: Am beginn der hier betrachteten Periode stand die nach dem Nationalsozialismus notwendige neue Verständigung zwischen (der) *Kirche* und Staat noch bevor; heute geht es um *Kirchen* und Staat. Heutige Schulen und Universitäten sind weder der quantitativen noch der qualitativen Relevanz nach mit dem Bildungswesen der Zeit etwa zwischen 1960 und 1990 nicht mehr vergleichbar – und dennoch gewissermaßen noch nicht im 21. Jahrhundert angekommen.

Dieser Aspekt des sozialen Wandels hat zur Folge, dass ein wesentlich höheres Maß an Unsicherheit darüber besteht, welches Gewicht Institutionen zukommt (oder: zugemutet werden kann), wenn es darum geht Maßnahmen zur Energieeinsparung zu entwickeln und erfolgreich umzusetzen. Einerseits erscheinen zahlreiche gesellschaftliche Institutionen schwächer als früher, andererseits steigen gerade in Zeiten von Unsicherheiten und Umbrüchen (angesichts der viel zitierten „Grand Challenges“) zugleich die Erwartungen an öffentliche und zivilgesellschaftliche Einrichtungen – umso mehr wenn angesichts wirtschaftlicher Krisen und außer Kontrolle geratener Finanzwelt von dort der große Druck kommt. Eine wesentliche Schlussfolgerung muss daher lauten, dass von keiner (noch so mächtig scheinenden) einzelnen Institution – seien es ‚die Regierung‘, ‚die Wissenschaft‘, oder auch ‚die Technologie‘ – wie von einer Art Zentralanstalt Systemsteuerung erwartet werden kann: Partizipation, Netzwerke, Stakeholder Involvement können zweifellos als leere Worthülsen ge- oder missbraucht werden; Konzepte dieser Art sind aber nichtsdestotrotz notwendig, um einen wirksamen Mix von Maßnahmen und Verhaltensänderungen zustande zu bringen.

1.4 Wandel ‚sozialer Handlungen‘

Die vergangenen fünfzig Jahre haben als Element des sozialen Wandels derart vielfältige und tief greifende Änderungen des Alltags- und Kommunikationsverhaltens gebracht, dass ein wohl etablierter Mensch mittleren Alters von etwa 40-45 Jahren um 1960, der die folgenden

50 Jahre der Welt abhanden gekommen und jetzt weiter zu leben in der Lage wäre, sich heute kaum zurecht finden würde: Die Menschen, besonders die jungen, reden anders, sie sprechen auf der Straße scheinbar mit sich (in Wirklichkeit in winzige Mikrofone), die nennen hunderte Menschen ‚Freunde‘ obwohl sie diese noch nie gesehen haben und viele davon nie sehen werden, sie scheinen kleine Fernsehgeräte (die doch gerade erst als ‚Möbel‘ in noch wenige Haushalte Einzug gehalten haben) mit sich herumzutragen, die ihnen in Schrift und Bild alle möglichen Fragen zu beantworten scheinen; im Straßenverkehr, der zugleich unüberschaubar und hoch reguliert erscheint, orientieren sie sich an ähnlichen Dingen ...; usw. usf.

Für die Power Saver Technologie werden dadurch *zwei wesentliche Voraussetzungen* sichtbar: Kein Mensch entwickelt ‚sein‘ Verhalten ausschließlich als Individuum, sondern *immer* in einem sozialen Kontext⁹; und darüber hinaus hat die (Mit-)Gestaltung von Verhalten durch Technik – und zwar ganz besonders durch IKT – in den letzten Jahrzehnten explosionsartig zugenommen: Die Technisierung von sozialen Handlungen hat, vom Berufsleben ausgehend, den privaten Alltag bis hinein in unsere ganz persönlichen Beziehungen so grundlegend erfasst, dass die vielen dadurch gewonnenen Freiheiten schon wieder als Abhängigkeit erscheinen können.

Verhalten, das zugunsten von Energiesparen verändert werden soll, kann somit immer nur erreicht bzw. neu geformt und in einen neuen Lebensstil integriert werden, wenn am Ausgangspunkt entsprechender Maßnahmen eine *genaue Analyse der sozialen und technischen Anhängigkeiten des aktuellen Verhaltens* steht.

1.5 Wandel von Bewusstseinslagen

Bewusstsein ist als Komponente des sozialen Wandels ist am wenigsten ‚öffentlich‘ bzw. äußerlich erkennbar. Pragmatisch kann und wird Bewusstsein gerne als ‚bewusst Sein‘ interpretiert. Diese Sichtweise vernachlässigt jedoch, dass zu einer Bewusstseinslage durchaus Unbewusstes dazu gehört: mentale Vorbehalte etwa Menschen anderer Herkunft oder Hautfarbe gegenüber, die selbst nicht ‚bewusst‘ wahrgenommen, in psychologischen

⁹ Norbert Elias führte das Konzept der *Figuration* ein, um mit diesem begrifflichen Werkzeug den gesellschaftlichen Zwang zu lockern, „so zu sprechen und so zu denken, als ob ‚Individuum‘ und ‚Gesellschaft‘ zwei verschiedene und überdies auch noch antagonistische Figuren seien.“ (Elias 1978, 141) Er geht davon aus, dass Menschen grundsätzlich und unvermeidlich Teil von mehr oder weniger festen Verbänden (Beziehungen, Verbindungen, Abhängigkeits- und Dominanzverhältnissen, Spielsituationen etc.) sind.

Tests aber nachgewiesen werden können. Was der soziale Wandel der letzten Jahrzehnte in Bezug auf solche Fragen mit sich gebracht hat, ist eine allgemein größere Aufgeschlossenheit dafür, solche Hintergründe (bzw. Grundlagen) für Verhalten ernst zu nehmen und als soziale Tatsachen¹⁰ zu betrachten. Soziologisch sind auch Wahrnehmungen der Umwelt, die aufgrund *unbewusster* Dispositionen selektiv erfolgen und subjektives Verhalten beeinflussen, soziale Tatsachen: sie gesellschaftliche Gründe *und* gesellschaftliche Effekte. Für weiter führende Forschung ist daher zu fragen, welche sozialen Tatsachen das Bewusstsein und in weiterer Folge das Energieverbrauchsverhalten beeinflussen können.

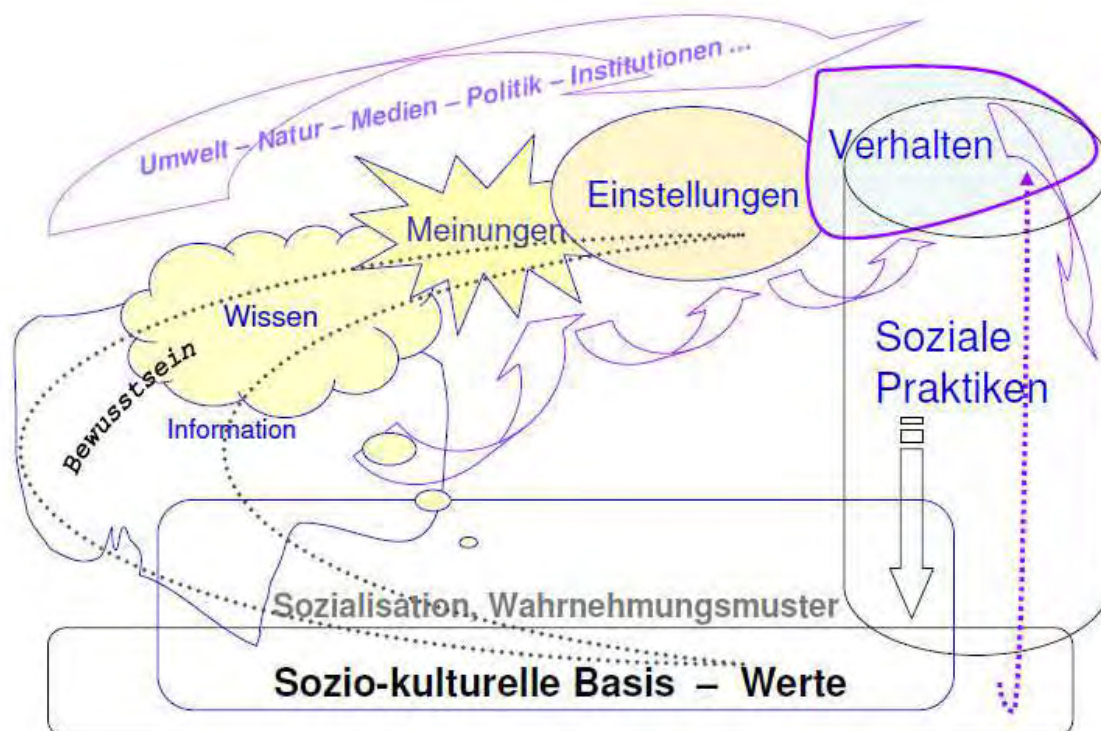
Die Bewusstseinslagen von Menschen in der Gegenwart einer globalisierten Weltgesellschaft werden wie ehemals aus einem Mix von *Werthaltungen* (die mehr oder minder ‚bewusst‘ er- und gelebt werden – und zahlreiche Widersprüche aufweisen), wahrgenommenen *Informationen*, zu *Wissen* verarbeiteten Informationen, oft diffusen *Meinungen*, und manchen explizit artikulierten bzw. vertretenen *Einstellungen* geformt (s. Abb. 6). Die dynamischste Komponente des Bewusstseins stellt dabei zweifellos der Bereich der *Informationen* dar, die nicht nur mehr und schneller denn je verfügbar („information overflow“) sind, sondern auch gegenüber jenen nur knapp zurück liegenden Präcomputer- und Präinternetzeiten *neue Qualitäten* haben: Wikipedia, Wikileaks, Social Media und Co. – aber *ebenso die für Energiesparthematik relevanten Technologien Power Saver und Smart Meter* – machen Formen von Information und Wissen zugänglich, die erstens andere Kanäle der Verbreitung finden als früher, und zweitens zeigen, was bislang Geheimwissen war oder nur von wenigen ausgeübte Sozialtechniken darstellten. Potenziell (oder auch real) vielfältige Information zu erlangen heißt aber noch nicht, über ebenso erweitertes Wissen zu verfügen; vielleicht verändern sich oder bilden sich neue Meinungen aus; die Einstellungen können deswegen immer noch unverändert bleiben – und das damit im Einklang stehende Verhalten erst recht.

Um das eigene Verhalten (Gewohnheiten) so zu verändern, dass der Verbrauch von extern verfügbarer Energie reduziert wird, muss ‚subjektive Energie‘ mobilisiert werden. Dieser Vorgang ist allerdings nicht mit dem Umlegen eines Schalters (nach dem Modell eines Lichtschalters: Ein/Aus, oder auch Dimmer) zu vergleichen, sondern ein längerer Prozess. Er

¹⁰ Eine ‚soziale Tatsache‘ ist eine gesellschaftlichen Realität – z.B. eine bestimmte Art sozialen Handelns (eine soziale Praktik), eine Norm, ein Brauch, oder eine bestimmte verbreitete Bewusstseinslage –, die „auf den Einzelnen einen äußeren Zwang [ausübt] ...“, wobei sie ein von individuellen Äußerungen unabhängiges Eigenleben besitzt.“ (Durkheim 1984, 115)

beginnt mit selektiver Wahrnehmung von Informationen aufgrund bestehender Grundhaltungen (Werte), führt über kognitive Leistungen (Umformung von Information in Wissen) zur Herausbildung von Meinungen, die sich in sozial latenten oder manifesten Einstellungen verfestigen können, und erst in einer letzten Phase (sofern der Prozess nicht vorher unterbrochen wurde) das Verhalten steuert und in eine bestimmte – u.U. neue – soziale Praxis hervor bringt. Darin manifestiert sich ein komplexer sozialer Prozess. Individuelle, aber durch persönliche Netzwerke und Nachahmung ebenso wie durch Institutionen und diverse „Stakeholder“ verbreitete, Bewusstseinsbildung trägt bei zu einem gesellschaftlichen Lernzyklus, wenn sie Ausdruck in sozialen Handlungen (Verhalten) findet und in neuen sozialen Praktiken (sozialen Innovationen) verfestigt wird. Dieser Zyklus sozio-kulturell relevanter Lernprozesse ist idealtypisch zu verstehen: Informationen einer bestimmten Art (z.B. „Energiesparen ist aus x Gründen notwendig, ... findet da und dort beispielgebend statt“) können über Zwischenschritte der Bildung von Meinungen und Ausprägung von Einstellungen (z.B. „jede/r muss bei sich selbst beginnen und etwas zum Energiesparen beitragen“) zu Verhaltensänderungen führen (z.B. „nicht benötigte Energiequellen ausschalten“).

Abbildung 6: Bewusstseinsbildung und gesellschaftlicher Lernzyklus



Quelle: Eigene Darstellung

Ein Ausrichtung von Innovationen und Innovationszielsetzungen auf Einsparungen – anstelle von mehr und effizienterer Bereitstellung von Energie – bedeutet eine zumindest teilweise Abkehr vom traditionellen Muster, dem Forschung, Entwicklung und Innovation in der Regel folgen. Dieses (Reaktions-)Muster bestand und besteht grundsätzlich darin, neue und bessere Antworten auf quasi naturgesetzlich angenommene Bedarfssteigerungen zu finden. Selbst wenn Innovationen nicht mehr grundsätzlich als lineare Abfolge von F&E, prototyping und Markteinführung gesehen wird, im Grund bleibt doch selbst bei komplexeren Prozessen nach dem Konzept von Open Innovation (Chesbrough 2003, Laursen, Salter 2006, OECD 2008b) die Annahme eines ‚Reiz-Reaktions-Schemas‘ aufrecht: Es fließt mehr, aus verschiedenen Quellen und Netzwerken gespeistes Wissen in die Innovation ein; das ordnende Prinzip dafür bleibt aber das Ziel, bestehende, i.d.R. *wachsende Nachfrage* durch Angebote zu stillen.

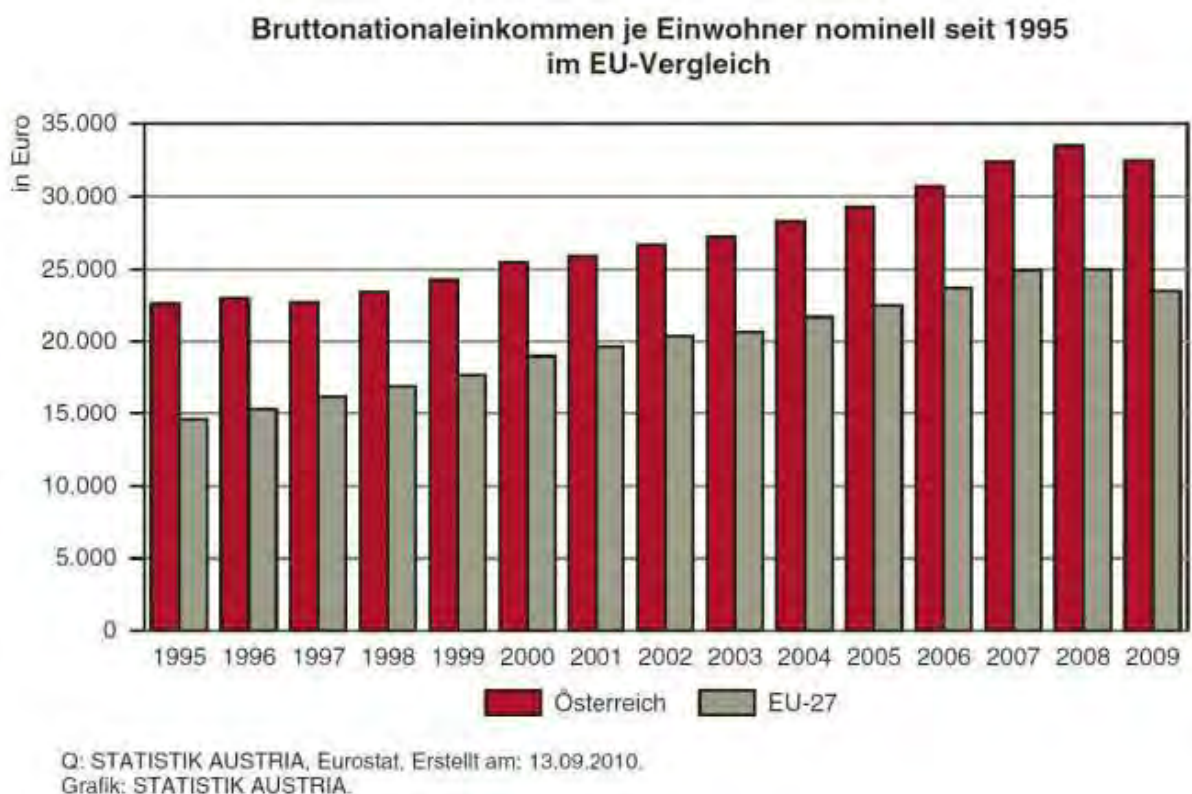
Im Fall der beabsichtigten Einsparung von Energie geht es hingegen um die *Veränderung der Nachfrage* – und zwar in Richtung Verminderung, was durch Technik unterstützt werden kann, aber ebenso unverzichtbar *Verhaltensänderung* erfordert. Die Feststellung, dass keine unmittelbar wirksamen Änderungen durch einzelne – noch so naheliegend scheinende – Maßnahmen („mehr Information“, „Wissen vermitteln“, „awareness raising“) erreicht werden können und es sich um einen komplexen Lernzyklus handle, bedeutet keine Abwertung von notwendigen Aktionen. Im Gegenteil: Interventionen sind in allen Phasen des Prozesses möglich und gefordert. Soziale Praktiken können variiert oder neu eingeführt werden, wenn entsprechende Organisation in Wirtschaft, Staat, und/oder (Zivil-)Gesellschaft dafür geeignete Regeln einführe; Verhalten kann selbstverständlich auch direkt durch Normen (Gesetze) beeinflusst werden; und selbstverständlich ist der Wert von Information und Wissen nicht gering zu schätzen, weshalb Bildung und Weiterbildung institutionell und individuell wichtig sind. Sozial, ökologisch und für die Wirtschaftstätigkeit relevante Werthaltungen gehen nicht so schnell wirklich verloren, aber sie sind oft und in weiten Teilen der Gesellschaft verdeckt, vielleicht vergessen und verdrängt. Auch Appelle an die Moral und eine öffentliche Diskussion von ethischen Grundsätzen haben daher Berechtigung und müssen Zeit und Orte der Reflexion finden. Die aufsteigende Anordnung der Bewusstseinsselemente in der Grafik (Abb. 6) ist nicht als Darstellung einer Zwangsläufigkeit, wonach eines logisch aus dem anderen hervorgehen würde; sie soll die zunehmende

Sichtbarkeit der Elemente in der sozialen Realität anzeigen, die am höchsten im konkreten (individuellen) Verhalten zum Ausdruck kommt. Dieses wiederum ist Teil bzw. ein mehr oder minder starker Einflussfaktor für die Ausformung sozialer Praktiken, die, je verfestigter und verbreiteter sie sind, die sich in aller Regel sehr langsam verändernde Wertebasis der Gesellschaft beeinflussen können. Der punktiert nach oben geführte Pfeil soll andeuten, dass in eher seltenen und wenigen Fällen auch als Teil sozialer Praktiken direkt von sozio-kulturellen Werten abgeleitetes Verhalten beobachtet werden kann. Der analytische Gewinn, den die Visualisierung von Prozessen der in unterschiedlichen Zeiträumen und Geschwindigkeiten ablaufenden Lernzyklen verspricht, liegt in der relationalen Positionierung einzelner Beobachtungen und Maßnahmen zu einander. Diskrepanzen zwischen Wissen, Einstellungen und Verhalten können in diesem Rahmen verortet und untersucht werden.

2. Das wirtschaftliche Potenzial Österreichs

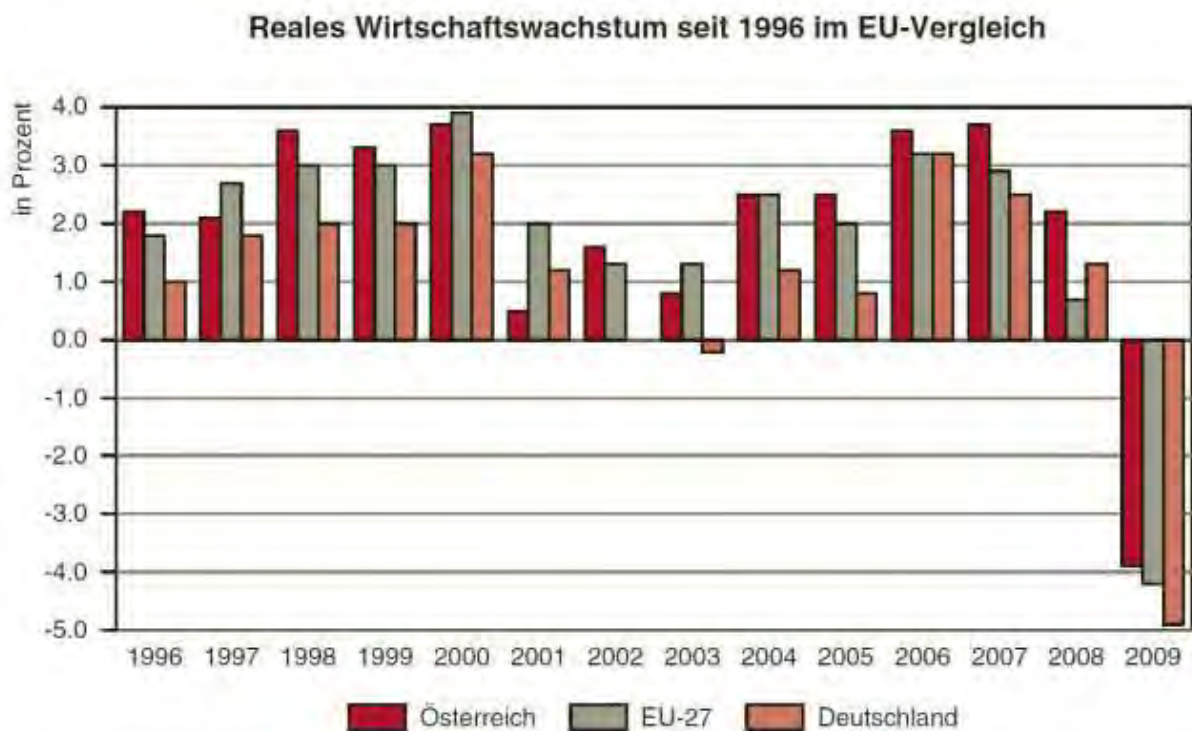
Die (österreichische) Gesellschaft ist im Lauf des sozialen Wandels und der wirtschaftlichen Strukturänderungen der letzten Jahrzehnte zu einer der einkommensstärksten der Welt aufgestiegen¹¹. In der EU zählt Österreich mit hohem BIP/Kopf, niedrig(st)en Arbeitslosigkeitsraten und relativ günstigen anderen wirtschaftlichen Rahmendaten (Abb. 7, 8, 9) zu den leistungsstarken Nettozahlern im oberen Drittel der Mitgliedstaaten. Die Österreicher und Österreicherinnen sind auch in Bezug auf die europäische Wirtschaftsentwicklung etwas optimistischer gestimmt als der Durchschnitt der EU-Bürger, was von der Wahrnehmung der eigenen Wirtschaftskraft positiv gefärbt sein dürfte (Abb. 10).

Abbildung :7



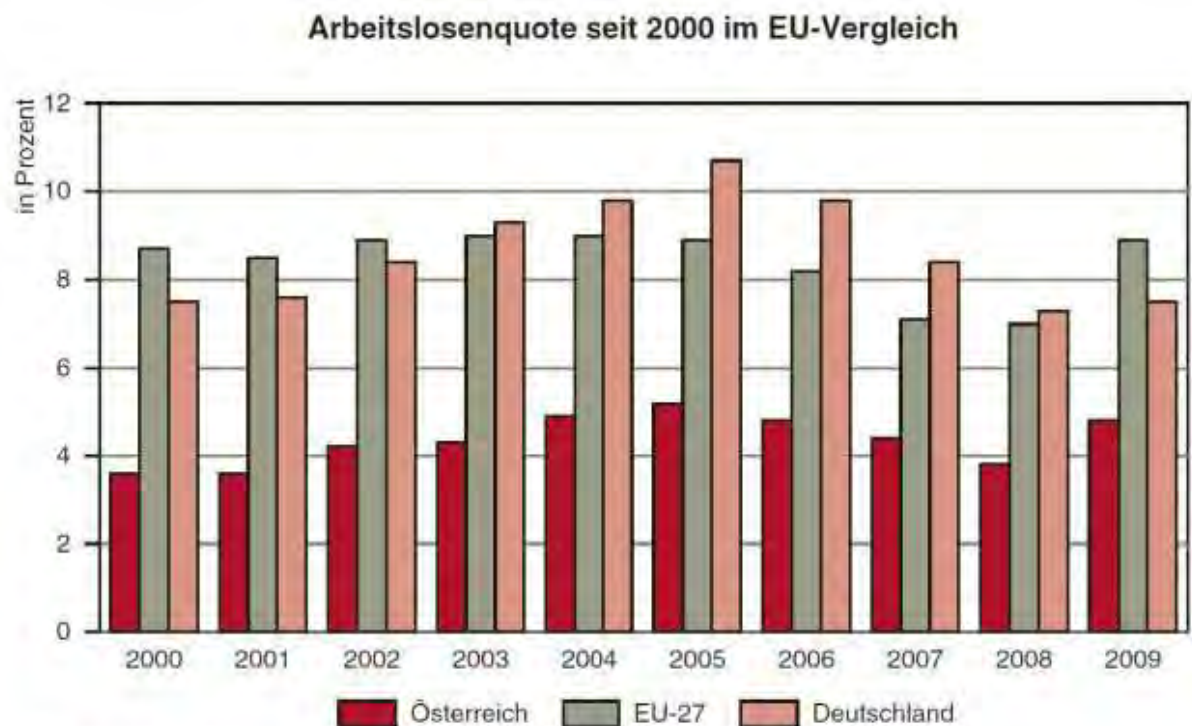
¹¹ Nach den Daten des IWF (2010) rangiert Österreich mit einem BIP/Kopf von 45.989 USD im Jahr 2010 auf dem 10. Platz (einen hinter den USA, sechs vor Deutschland; Spitzenreiter: Luxemburg).
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2010/01/weodata/weorept.aspx? ...> (30.1.2011)

Abbildung 8:



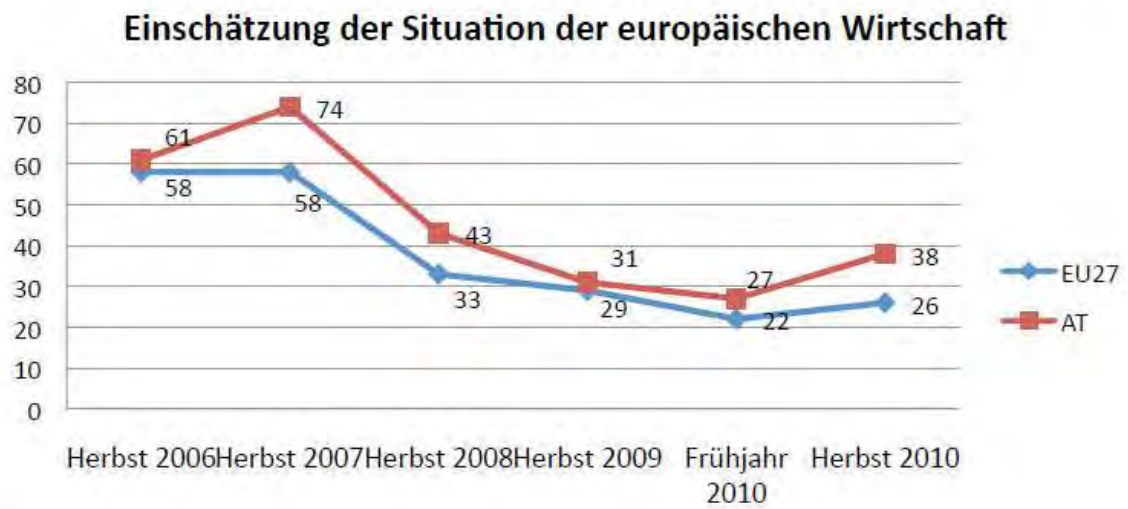
Q: STATISTIK AUSTRIA, Eurostat, Erstellt am: 13.09.2010.
 Grafik: STATISTIK AUSTRIA.

Abbildung 9:



Q: STATISTIK AUSTRIA, Eurostat, Erstellt am: 13.09.2010.
 Grafik: STATISTIK AUSTRIA.

Abbildung 10:



Quelle: Eurobarometer 74, Februar 2011

3. Entwicklung des Energie- und Stromverbrauchs in Österreich und im EU-Vergleich

Trotz der günstigen wirtschaftlichen und sozialen Voraussetzungen ist Österreich nicht Vorreiter in Bezug auf Erfüllung von Klimazielen – wie es von einer wirtschaftlich starken Nation zu erwarten wäre. Nicht zuletzt steigt der Energieverbrauch trotz deutlicher Kostensteigerung, und ebenso entgegen besseres *Wissen und Bewusstsein*. Es scheint fast so, dass der ökonomische Druck noch nicht drastisch genug wahrgenommen wird, um an sich schon antizipierte Verhaltensänderungen zu realisieren und Maßnahmen zu ergreifen, die in wirtschaftlich guten Zeiten leichter finanzierbar wären als bei größerem Druck unter schlechteren Voraussetzungen. Bis dato steigt daher der Energieverbrauch in Österreich weiterhin, und zwar deutlich über dem EU-Durchschnitt (Abb. 11, 13).

Was insbesondere den Stromkonsum in verschiedenen Verbrauchskategorien (Abb. 12) betrifft, so ist nach Daten der Statistik Austria (Energiebilanzen 1970-2007) „[v]on 1990 bis 2007 ... der Verbrauch von elektrischer Energie im Haushaltsbereich um 23,6% gestiegen, er macht für das Jahr 2007 14.160 GWh und damit knapp 25% des gesamten Stromverbrauchs aus“ (Wegscheider-Pichler 2009, S. 6):

„Die Daten [aus dem „Strom- und Gastagebuch“] erlauben ... einen genauen Blick auf den Energieträger Strom ... In weiterer Folge ermöglicht eine Analyse der Datenbasis das Feststellen von Einsparungspotentialen bei Geräten oder auch das Erkennen von Ansätzen für Verhaltensänderungen in Richtung eines reduzierten Energieverbrauchs. Dies ist allerdings nur eingeschränkt Gegenstand dieses Berichts.“ (S. 6)

„Die Ergebnisse werden auf alle Haushalte Österreichs hochgerechnet dargestellt. Die wesentlichen Stromverbraucher im Haushalt sind mit 20,5% die Raumheizung sowie die Warmwasserbereitung (17,1%), Kühl- und Gefriergeräte (12,3%) sowie weitere Großgeräte (17,4%) wie Waschmaschinen oder Herd und Backrohr. Diese Bereiche konsumieren damit gemeinsam knapp 70% des gesamten Stromverbrauchs. Das lässt deutliche Einsparungspotentiale für diese Gebiete im Sinne des effizienteren Einsatzes von Elektrizität erwarten. ...

Für die Beleuchtung wird 8,6% des elektrischen Stroms aufgewendet. Nur 7% der vorhandenen Beleuchtungskörper sind derzeit Energiesparlampen, mit 51% dominiert noch immer die Glühbirne. Auch hier lassen sich Einsparungspotentiale durch den Ersatz der Glühbirne mit effizienteren Beleuchtungskörpern erwarten.

Der Stand-by Verbrauch liegt bei 4,2% der Elektrizität der Haushalte. Am bedeutendsten ist dieser für Unterhaltungsgeräte (2,9% des Haushaltsstromverbrauchs) – bei einzelnen Unterhaltungsgeräten übersteigt der Stand-by Verbrauch sogar jenen der Nutzung des Geräts. Die seit Dezember 2008 vorliegende EU- Verordnung zum Stand-by Verbrauch¹² soll dazu beitragen, diesen Anteil weiter zu senken.“ (S. 7)

¹² Verordnung Nr. 1275/2008 der Kommission vom 17. Dezember 2008 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an den Stromverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand.

Abbildung 11:

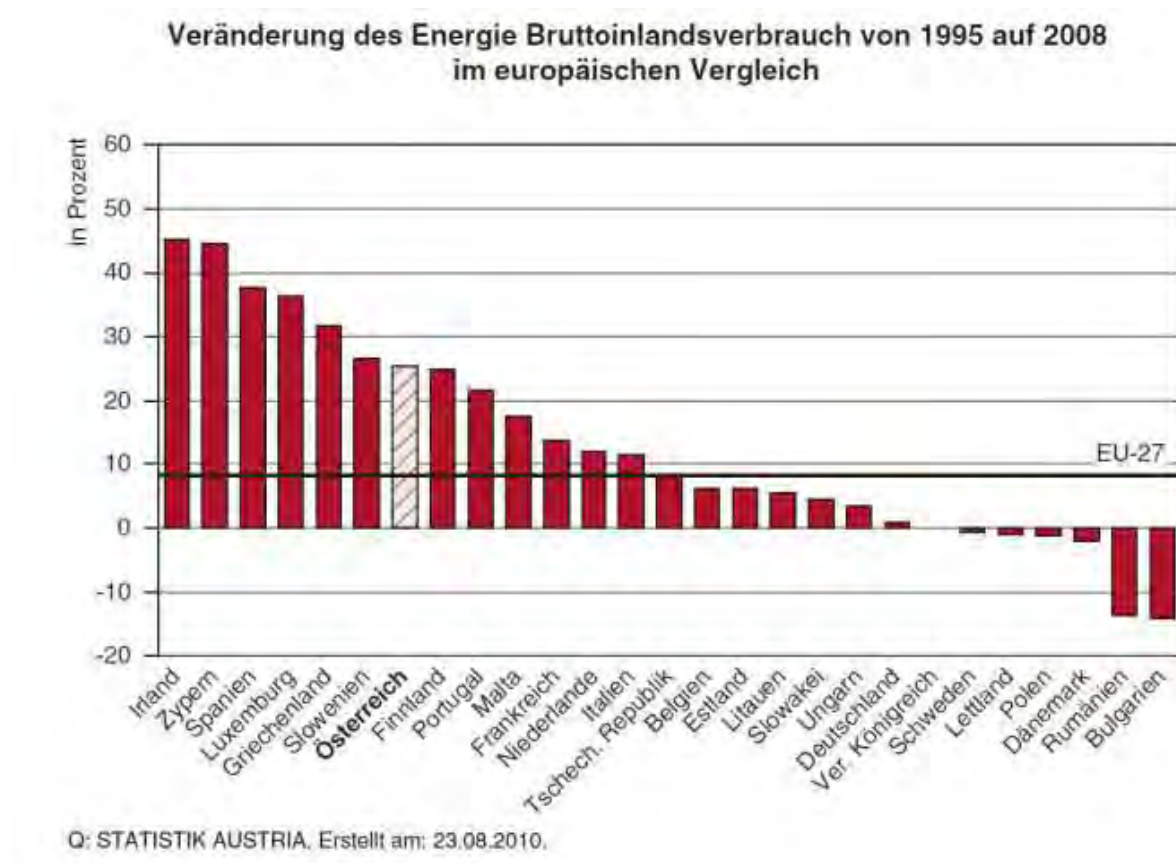
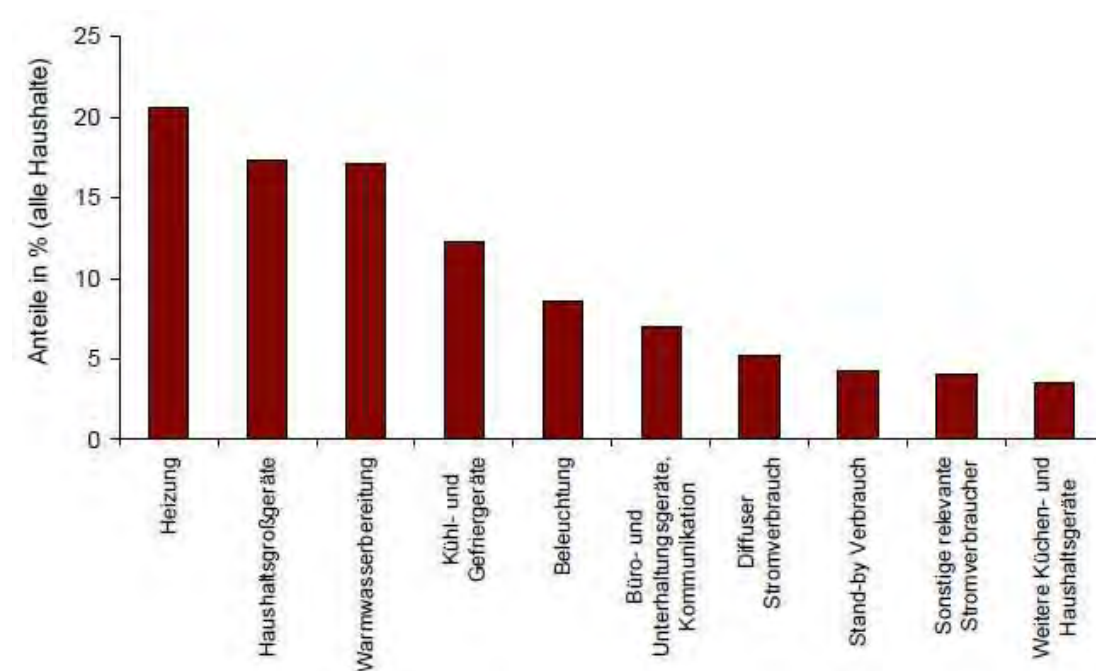


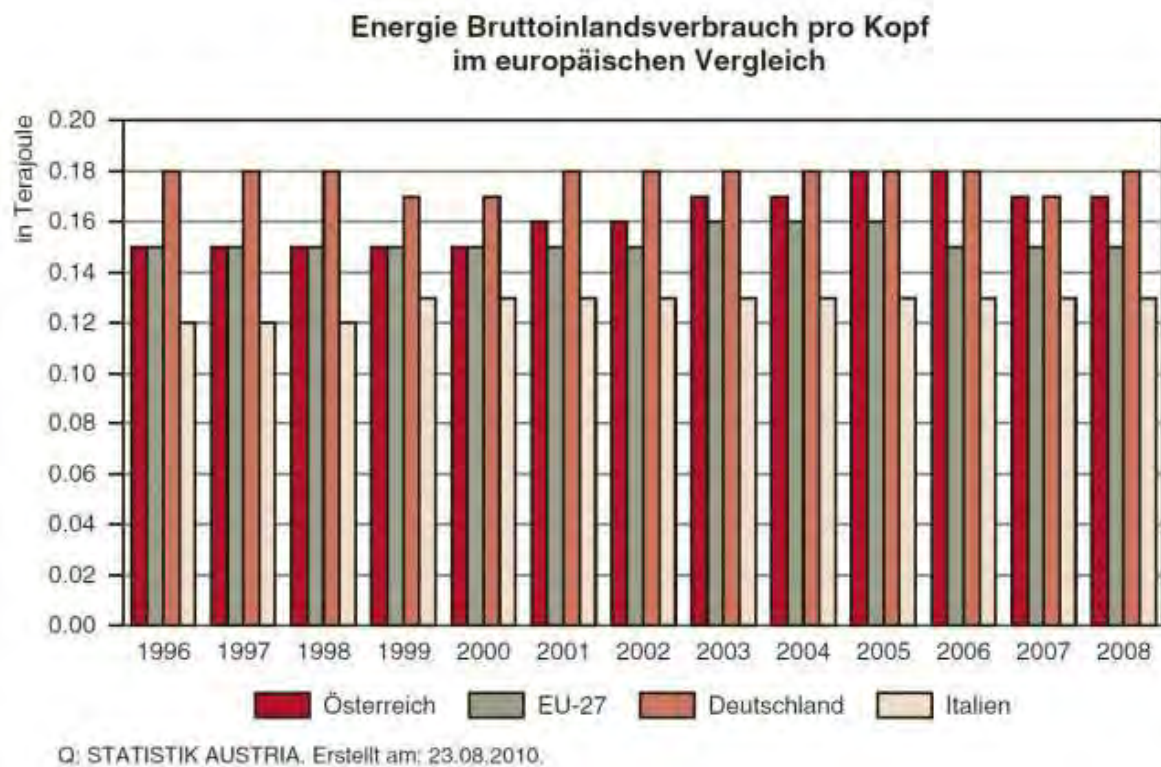
Abbildung 12: Stromverbrauch nach Verbrauchskategorien in österreichischen Haushalten



„Diffuser Stromverbrauch“: Den Verbrauchskategorien nicht zuordenbarer Verbrauch

Quelle: Wegscheider-Pichler 2009, S. 7

Abbildung 13:



3.1 Einstellungen und Motive zu energiesparendem Verhalten

Die Notwendigkeit des Energiesparens wird zwar mittlerweile sehr weitgehend anerkannt, wie beispielsweise aus einer aktuellen Studie in Hamburg hervorgeht (Box 1); in der Praxis ist es tatsächlich aber oft ein sehr langer Weg von Wahrnehmungen zu adäquaten Handlungen.

In Österreich hat der Klima + Energiefonds eine Studie (Karmasin 2008) über Absichten und Einstellungen zum Energiesparen in der Gesamtbevölkerung Auftrag gegeben, die Aufschluss über Bewusstsein, Einstellungen zu Klimawandel und Energieeffizienz geben, und Motive zu entsprechendem Handeln untersuchen sollte. Die Gegenüberstellung von Nichtwissen und Wissen bzw. von rationalen und emotionalen Elementen der Motivbildung zeigt eine zentrale Problematik für die Überleitung von grundsätzlich – wenn auch lückenhaft – vorhandener Information zu entsprechendem Verhalten auf:

„Es fehlt das Bezugssystem: Man weiß nicht, wie viel Energie man im Alltag benötigt bzw. welche Auswirkungen dies auf die Umwelt hat. Das einzige Feedback ... sind die Kosten (z.B. Stromrechnung).“ (Karmasin 2008, 58)

Daher steht bei den Motiven zur Energieeinsparung – ganz besonders bei Haushalten mit kleinen Einkommen – die *Kostensenkung* im Vordergrund (Karmasin 2008, 60).

Box 1: Studie zum Energiesparen

„In einer repräsentativen Studie des CC4E, eine fakultätsübergreifende Initiative der HAW Hamburg für Erneuerbare Energien, geben 71 Prozent der Hamburger an, bewusst auf ihren Energieverbrauch zu achten. Für fast 70 Prozent der ca. 300 Befragten ist insbesondere das Energiesparen im Haushalt ein wichtiger Themenbereich. Dies spiegelt die hohe Relevanz des Energiesparens bzw. Energieeffizienz im Bewusstsein der Bürger wider.

Allerdings zeigt die Studie ebenfalls, dass der Wissensstand in den Energiespar-Bereichen noch sehr ausbaufähig ist. Nur knapp 30 Prozent der Befragten fühlen sich über sinnvolle Methoden zum Energiesparen informiert, fast 60 Prozent fühlen sich nur unzureichend oder gar nicht informiert. Als „Energiesparwunder“ im Haushalt gelten bei der Bevölkerung z.B. das Ausschalten von Lichtquellen in nicht genutzten Räumen oder der Einsatz sparsamer Geräte. Jedoch zeigt sich eine deutliche Diskrepanz zum tatsächlichen Verhalten: Fast 80 Prozent der Befragten sehen das Trennen nicht benutzter Geräte vom Stromnetz als wichtige Methode zum Energiesparen, umgesetzt wird dies tatsächlich aber nur von 17 Prozent.

Des weiteren favorisieren rund 80 Prozent der Hamburger Bürger Energiesparlampen als Energie-Kostenbremse - nur 54 Prozent setzen diese jedoch ein. Als wesentliche Handlungstreiber für das Energiesparen im Haushalt werden Kostenvorteile (58 Prozent) und die Meinung im Bekanntenkreis (67 Prozent) genannt. Hierin liegt eine beachtliche kommunikative Aufgabe.“

Quelle: <http://www.energie-experten.org/experte/meldung-anzeigen/news/studie-zum-energiesparen-hamburger-buerger-1614.html>
(18. Dezember 2010)

Das Untersuchungsdesign der Karmasin-Studie erfasste keine quantitativen Verteilungen konkreter Wissenslücken, bestimmter Meinungen, Einstellungen und Verhaltensweisen, wie sie in der CHIP-Studie „Energiesparen in Deutschland“ mittels einer weiter reichenden Methodologie¹³ erhoben wurden. Aus dieser Studie können Ergebnisse heran gezogen werden, die mit vermutlich geringen Abweichungen und vertretbarer Unsicherheit auch Orientierung für Österreich bieten können.

„Energiesparen betrifft wirklich alle und jeden. Nur 5% der Deutschen sagen, Energiesparen sei für sie kein Thema. 70% der Deutschen wollen dabei vor allem Geld sparen. Klimaschutz und Lebensstil als Motive des Energiesparens fallen dahinter deutlich zurück. Das Energiesparen beginnt bereits an der Ladentheke. Fast zwei Drittel der Deutschen achten beim Kauf von Elektrogeräten auf einen niedrigen Stromverbrauch. Jeder Vierte wäre bereit, für energiesparende Geräte auch mehr Geld auszugeben“. (CHIP 2008, S. 3)

Auffallend ist das offensichtlich deutlich höhere Sparbewusstsein und –verhalten bei der älteren im Vergleich zur jüngeren Generation (Abb. 14). Kostensenkung ist das bei weitem am häufigsten genannte Motiv, relativ unabhängig vom Bildungsabschluss der Befragten, der

¹³ Bevölkerungsrepräsentative Quotenstichprobe mit face-to-face Interviews (1.069 Befragte ab 14 Jahren), durchgeführt von GfK Marktforschung, plus online Befragung auf Basis der Grundgesamtheit der CHIP-LeserInnen (kontrollierte Quotenstichprobe mit 1.000 Befragten).

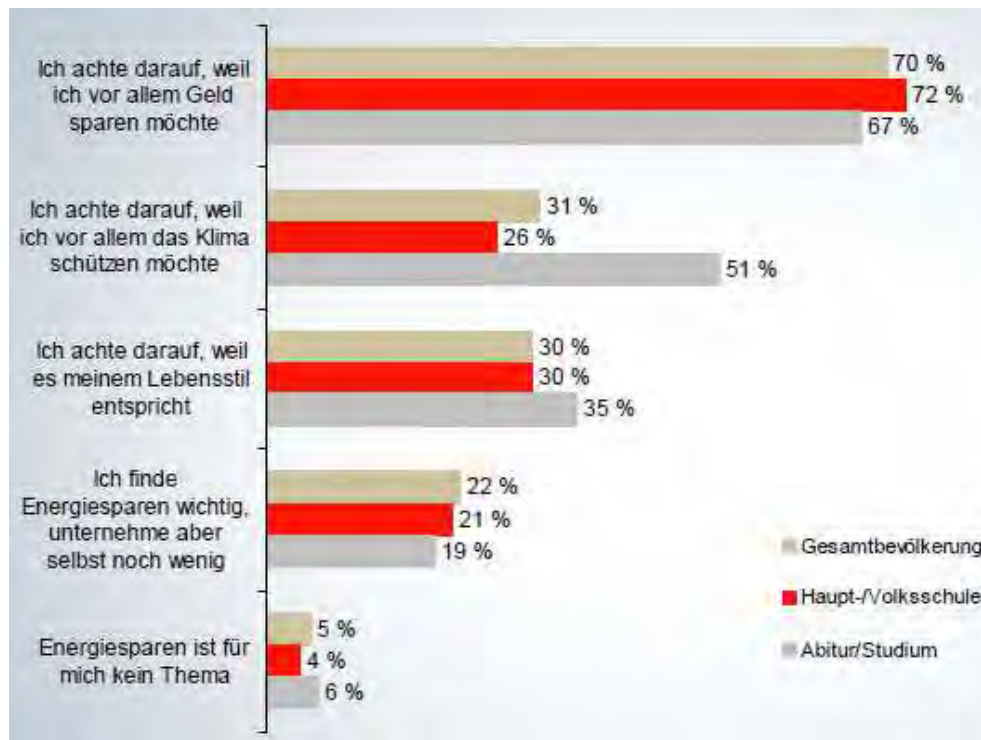
hier als (ungenauer) Schichtindikator angesehen werden kann. Eindeutig ist der Einfluss des Bildungsgrads hingegen bei dem an zweiter Stelle genannten Motiv, damit etwas zum Schutz des Klimas beitragen zu wollen. BürgerInnen mit Abitur bzw. abgeschlossenem Studium geben dies doppelt so oft als Grund für Energiesparen an als Befragte mit Volks- oder Hauptschulabschluss: *Bildung macht* – wie so oft bei Einstellungs- und Verhaltensfragen – *einen zweifellos signifikanten Unterschied* (Abb. 15). Um beim Energieverbrauch sparen zu können, wäre mehr als die Hälfte der CHIP-Leser (rund 90% der LeserInnen sind Männer), die freilich ein techno-philic Publikum repräsentieren, bei einem Kauf eines Flachbildfernsehers oder Computers bereit, 100 oder mehr Euro für ein besonders energiesparendes Gerät auszugeben (Abb. 16).

Abbildung 14: Individuelle Energiesparmaßnahmen im Haushalt



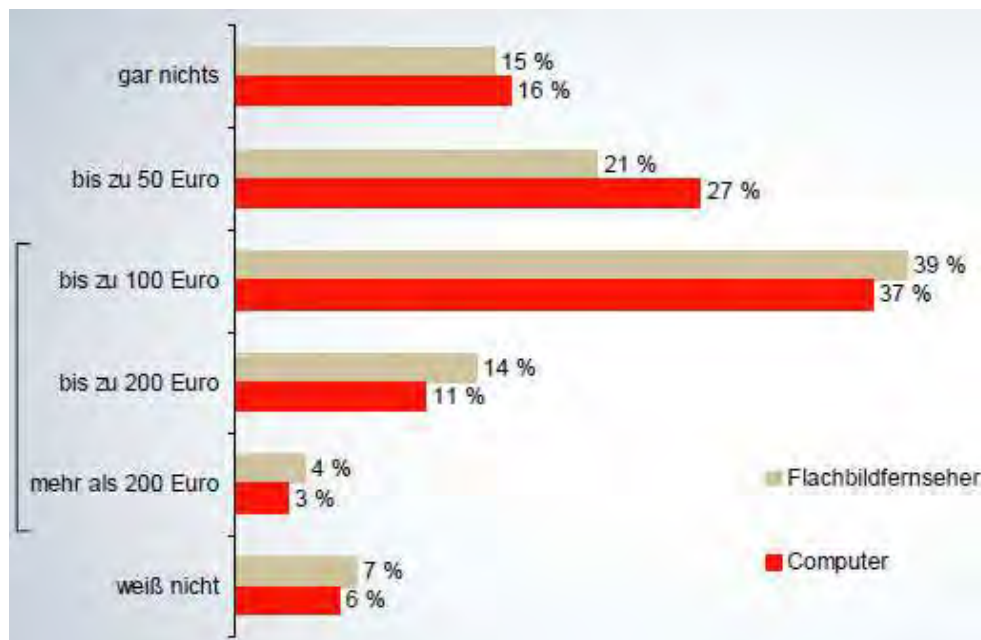
Quelle: CHIP 2008, Zusammenfassung, S. 4

Abbildung 15: Motive des Energiesparens



Quelle: CHIP 2008, Zusammenfassung, S. 5

Abbildung 16: Bereitschaft in der CHIP-Leserschaft zu Mehrausgaben für besonders energiesparende Flachbild-TV Geräte oder Computer



Quelle: CHIP 2008, Zusammenfassung, S. 10

Diese Angaben sind selbstverständlich für keine Gesamtbevölkerung (weder in Deutschland, noch in Österreich) generalisierbar, denn das spezifische Publikum von Technikzeitschriften

ist nicht nur besonders an (neuen) Technologien interessiert, sondern gehört auch überwiegend zu Bevölkerungssteilen mit gehobenem Lebensstandard und relativ höheren – über dem Durchschnitt liegenden – verfügbaren Einkommen. Allerdings ist die Bedeutung der Beispielswirkung einer solchen Gruppe als Meinungsführer wesentlich höher einzuschätzen als die unmittelbaren Effekte ihres eigenen Spar- bzw. Kaufverhaltens. Sie sind „Early Adopter“, die zur weiteren Verbreitung von Innovationen und damit zur Bildung einer „Early Majority“ von Anwendern maßgeblich beitragen. Nach dem von Everett Rogers bereits 1963 entwickelten Modell der Diffusion von Innovationen spielen die frühen Anwender eine wesentliche Rolle als Wegbereiter (Rogers 2005).

Auch verhältnismäßig unbedeutend scheinende Praktiken wie das Nutzen abschaltbarer Steckdosen sind durchaus zu beachten (Abb. 17), denn sie zeigen an, dass informierte und für technische Möglichkeiten aufgeschlossene Menschen Angebote (im Sinn von technischen Hilfen zur Energieeinsparung) durchaus anzunehmen bereit sind. Diese Bereitschaft erstreckt sich auch auf aufwendigere Maßnahmen in der Haustechnik (Abb. 8), lässt somit die Akzeptanz der Power Saver Technologie ebenso weitgehend erwarten.

Abbildung 17: Nutzung abschaltbarer Steckdosenleisten (CHIP-LeserInnen)



Quelle: CHIP 2008, Zusammenfassung, S. 15

3.2 Die anhaltende Diskrepanz zwischen Einstellungen und Verhalten

„Energiesparen“ klingt gut – vor allem wenn es die anderen tun, oder wenn es ohne Eigenleistung leicht gemacht wird. Der Verweis auf andere (es ist Allgemeinwissen, dass ‚die Amerikaner‘ pro Kopf mehr Energie verbrauchen als irgendwer sonst auf der Welt) kann das Selbstbewusstsein verbessern, aber nicht die CO₂-Bilanz. Dabei wirken zwei in allen Lebenslagen verbreitete ‚Sozialtechniken‘ zusammen: Das ‚Floriani-Prinzip‘ und die Neigung, sich in die eigene Tasche zu lügen. Beider soziale Funktion ist Selbstschutz, nämlich vor einer von außen einwirkenden, als bedrohlich eingeschätzten Situation (Versorgungssicherheit, Preise, Klimawandel ...), sowie der innerlich (subjektiv) als Leistung empfundenen Anforderung, etwas tun zu müssen, das eigene Verhalten, vielleicht sogar den Lebensstil insgesamt zu verändern. Das erfordert den Einsatz von subjektiver *Energie* zum Abrufen psychischer Leistungen (Absichten zugeben, überwinden, formieren), kognitiver Leistungen (Information aufnehmen und verarbeiten, Schlüsse ziehen, Strategien entwickeln), und oft auch motorischer Kraft (vom Ausschalten eines Geräts bis z.B. Rad fahren) einsetzen.

Psychisches Befinden, Kognition, soziale Identität, Selbst-Bewusstsein, Einbettung in soziales Umfeld und die Gesellschaft i.w.S. sind nicht zuletzt abhängig von Schwankungen und Grenzen und individueller Energiepotenziale und ihres sozial beeinflussten Einsatzes: *Die Nutzungsmuster und das Ausmaß des Verbrauchs wirtschaftlich verfügbarer Energie und Energieträger hängen mit dem psychischen, physischen, und sozial bestimmten Energiehaushalt und ‚Energiemanagement‘ des ‚Öko-Systems Mensch‘ zusammen.*

So lange es nur darum geht, durch mehr extern erzeugte Energie ein möglichst günstiges, wachsendes Angebot für die steigende Nachfrage bereit zu stellen, stößt diese Wechselwirkung lediglich an physikalische, technische und Verfügbarkeitsgrenzen,. In diesem Fall, typisch für die Wohlstandsgesellschaften Nordamerikas und Westeuropas in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts¹⁴, ging es vor allem darum, mehr Energie durch möglichst effizientere Produktion und Nutzung neuer Energiequellen¹⁵ zu gewinnen. Den Traum, durch Kernspaltung, später auch in Fusionsreaktoren, aus der sprichwörtlichen ‚Handvoll Plutonium‘ praktisch unerschöpfliche Energie gewinnen zu können, teilten anfangs auch viele von späteren Kritikern der Nukleartechnologie.

¹⁴ Vgl. Galbraith's „The Affluent Society“, 1959.

¹⁵ Alternativen zum ehemals günstigsten Rohstoff für global verfügbare Energie, Erdöl, erscheinen allerdings schon seit langem (vor der „Peak Oil“ Diskussion) ökonomisch angezeigt, da die Rohölgewinnung der Regel von den „abnehmenden Erträgen“ (Verteuerung zusätzlich abgebauter Tonnen) unterliegt (B.W. Arthur 1981).

Ökologische Einschränkungen zusätzlicher Energiebereitstellung, wie sie seit Mitte der 1970er Jahre intensiv diskutiert – und in Österreich durch das Atomsperrgesetz 1979 als Norm verankert wurden – bedeuten zunächst Verteuerung des Energieangebots, und stellen zugleich erstmals Anforderungen an *alle*, ihre (Energie-) Konsumgewohnheiten zu überprüfen und ggf. zu *ändern*. Der gemeinsame Kuchen wächst zwar (vielleicht) noch, die einzelnen Stücke davon nehmen aber andere Gestalt an und werden (c.p.) teurer.

Diese Situation verschärft sich zu Beginn des 21. Jahrhunderts, da der Klimawandel zu Maßnahmen führt, welche die Emission von CO₂ reduzieren sollen, wovon einerseits Auswirkungen auf Lebensstile erwartet werden und andererseits zugleich deren Veränderung zum Zweck der Zielerreichung gefordert werden. Erstmals seit der für Österreich signifikanten Aufbruchzeit der sogenannten Wirtschaftswunderjahre nach dem Zweiten Weltkrieg entsteht somit eine Situation, in der Energie nicht mehr billiger sondern teurer, und möglicher Weise auch eingeschränkt verfügbar zu werden droht.

Die Teuerung ist unübersehbar: Während über Jahrzehnte hinweg die Energiekosten, insbesondere die Preise für Erdöl und Erdölprodukte wesentlich langsamer stiegen als der allgemeine Verbraucherpreisindex (VPI), hat sich das Verhältnis während der letzten Jahre umgekehrt (Abb. 18, Abb. 19).

Die Verfügbarkeit ist von politischer, wirtschaftlicher, und u.U. militärischer Macht bestimmt und scheint vorerst ‚nur‘ bedroht: Erstens durch Abhängigkeiten (z.B. russisches Erdgas, Erdöl aus der politisch instabilen Golfregion); zweitens durch Verknappung bisher dominanter Energieträger („Peak Oil“) ohne ausreichendem Ersatz; drittens durch Marktversagen (infolge von Produktions-, Verteilungs- und Lieferschwierigkeiten etwa wegen ausbleibender Investitionen infolge sinkender Ertragserwartungen¹⁶ und Spekulation) – was staatliche Regulierung und Rationalisierung zur Folge haben wird.

Beide Trends, die Teuerung¹⁷ und die gefährdete Verfügbarkeit, *erzwingen* früher oder später reale Anpassungen des individuellen Verhaltens. Aber auch beabsichtigtes Gegensteuern verlangt nach Änderung des Verhaltens, wenngleich zunächst *freiwillig* aufgrund von rationaler Einsicht in Notwendigkeiten.

¹⁶ Ein typischer Fall von ‚sozialen Tatsachen‘ die wirksam werden, selbst wenn sie unrichtig oder sogar unbegründet sind.

¹⁷ Elementar für große Teile der Bevölkerung in wirtschaftlich schwachen Ländern (etwa Bolivien) bis hin zu Öl produzierenden Ländern (etwa Nigeria), fühl- und sichtbar aber auch bereits in ärmeren Teilen am Rand der Gesellschaft im sogenannten „Norden“.

Abbildung 18: Energiepreisindex über dem Verbraucherpreisindex

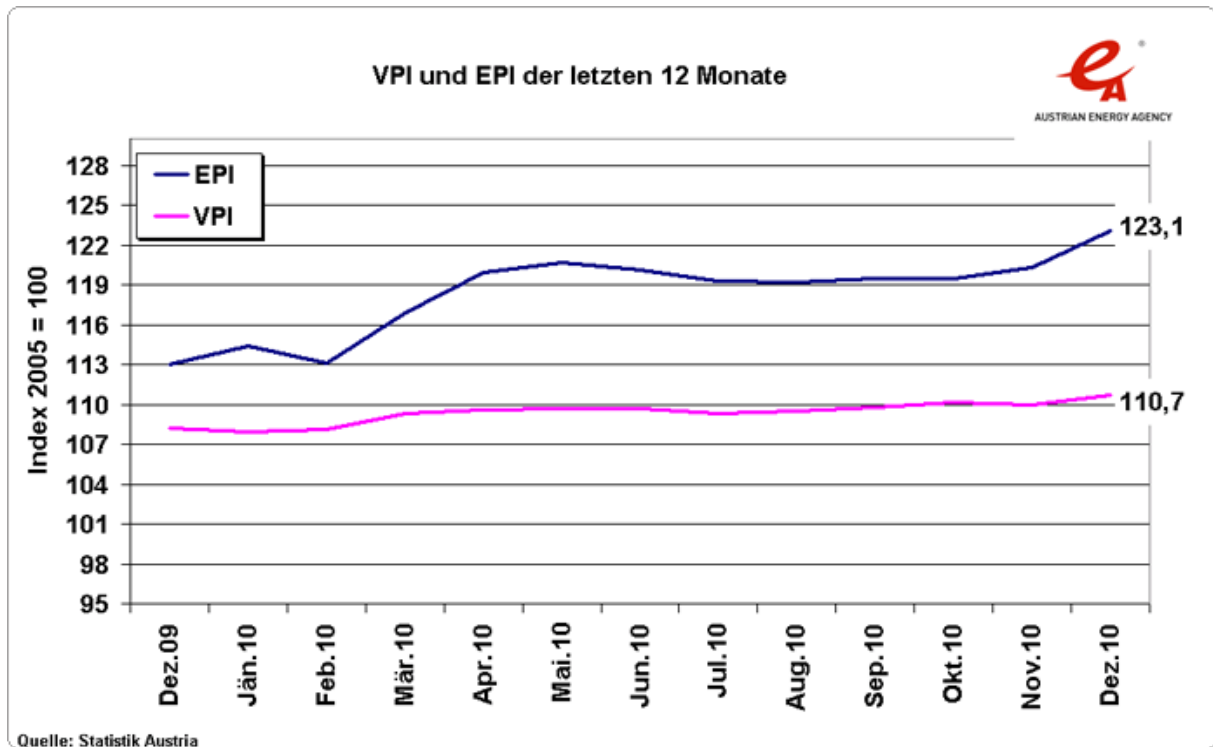
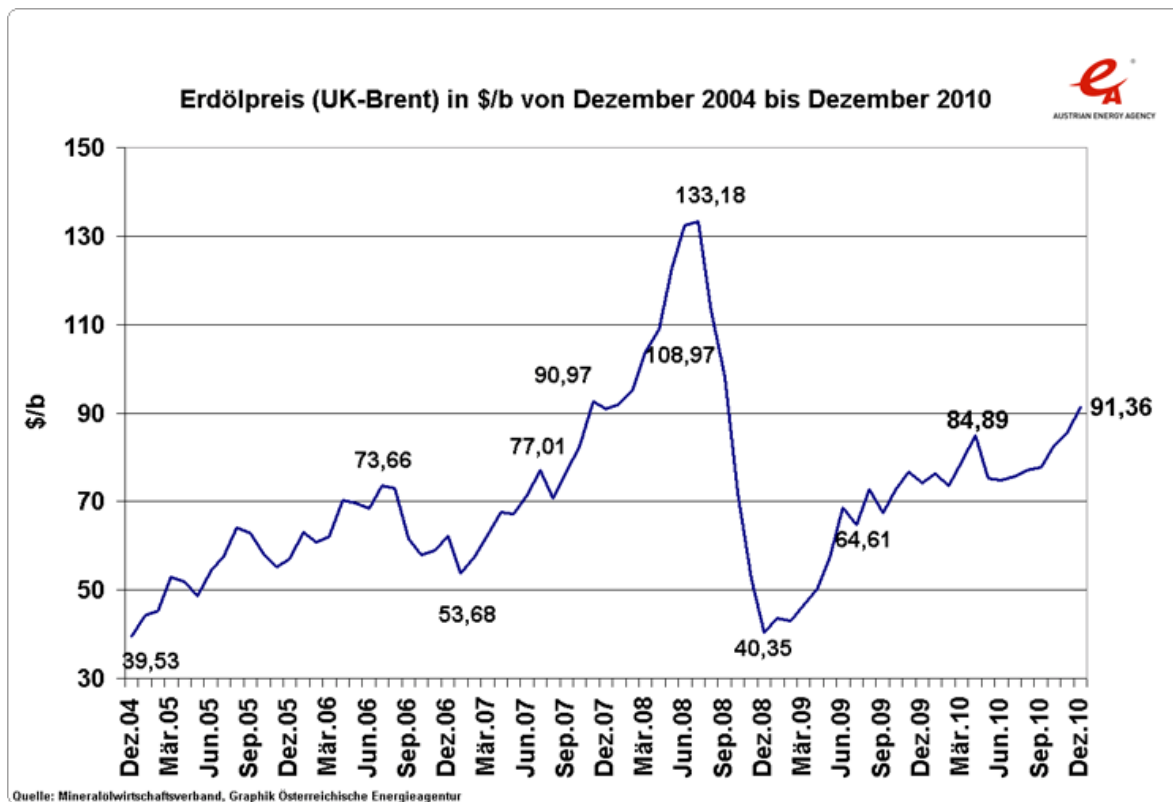


Abbildung 19: Rohstoffpreise (Erdöl) seit 2004



Egal ob durch äußere Einflüsse erzwungen oder infolge eigener Absichten eingeleitet – Verhaltensänderung bedeutet einen mehr oder minder starken Bruch mit Gewohnheiten (seien diese ‚lieb‘ oder nicht).

Im psycho-sozialen Sinn optimieren *Gewohnheiten* den eigenen Energiehaushalt (im ‚Ökosystem Mensch‘). Sie *ersparen* uns den beträchtlichen *Aufwand*, der entstünde wenn bei (all-)täglichen Verrichtungen wie waschen, duschen, beleuchten, heizen, kommunizieren usw. jedes Mal Kontext und Effekte bedacht und abgewogen werden müssten. Gewohnheiten *sichern* darüber hinaus *Identität und* (dafür förderliche) *soziale Beziehungen*. Änderung von Gewohnheiten erzeugt Friktionen und kann den Verlust sozialer Beziehungen (Einbußen an sozialer Anerkennung und Status, u.U. sogar Isolierung) bedeuten. In jedem Fall ist damit Aufwand verbunden, dessen Folgen zudem oft schwer einzuschätzen sind. Risikoscheue Menschen – und diese stellen den allergrößten Teil der Gesellschaft – tendieren daher zur Bewahrung und Verteidigung ihrer Gewohnheiten. Diese ändern sich in der Masse daher außerordentlich langsam; langsamer, als es die gegenwärtige und kommende Situation erfordert. Der kleinere, risikofreudigere Teil der Gesellschaft kann sich von Gewohnheiten leichter lösen. Menschen dieses Typs können freilich auch andere dazu gewinnen, ihrem Beispiel zu folgen („opinion leader“, vgl. dazu die Klassiker von Katz/Lazarsfeld 1955 und Katz 1973)¹⁸ – und damit Änderungen beschleunigen.

An die Stelle von Verlustängsten tritt hier die Erwartung einer Verbesserung der Situation. Das zentrale Motiv dahinter ist aber das Gleiche, nämlich das biologisch für alle Organismen notwendige Bestreben, *den Einsatz von Eigenenergie für die Lebensführung möglichst rationell zu gestalten*, im besten Fall vorausschauend zu optimieren.

¹⁸ Zugeschriebene (öffentlich, etwa durch Expertenstatus) anerkannte Meinungsführerschaft ist dabei hilfreich und erzeugt eher positive Spannung. Hingegen erzeugt das Erkämpfen von Meinungsführerschaft – die oft erst nach langer Zeit und vielen überwundenen Widerständen erreicht wird – aus einer ungesicherten Position heraus massiven Stress und bringt häufig soziale Konflikte mit sich. Im Bewusstsein, dass sich ihre Sicht der Dingen durchsetzen würden, schrieben die ökologisch motivierten Besetzer der Au in Hainburg (zur Verhinderung des geplanten Kraftwerksbaus) im Dezember 1984 sarkastisch auf ein Transparent: „Wer seiner Zeit voraus ist, muss in unbequemen Hütten auf sie warten.“

4. Akzeptanz und Erwartungen gegenüber Technik und Wissenschaft

Alle Innovationen, egal ob es sich um Neues im Sozialbereich, in Politik oder Technologie handelt, müssen Widerstände überwinden. Diese Widerstände sind umso größer,

- o je spektakulärer die Neuerung ist und mit Traditionen bricht,
- o je mehr sie in das Leben der davon betroffenen Menschen ohne sofort und unmittelbar ersichtlichen Nutzen eingreift, und
- o je mächtiger jene Gruppen oder Teile der Gesellschaft sind, die dadurch ihre Interessen¹⁹ gefährdet sehen.

„Akzeptanz“ von Technologien war daher im Lauf der Zeit immer schon ein relevantes Thema, auch wenn es nicht so benannt wurde. Es betraf z.B. die Eisenbahn, deren aus heutiger Sicht anfangs gemächliches Tempo zu Zeiten ihrer Einführung weithin (auch von Mediziner:innen) als die Gesundheit gefährdend eingestuft wurde (vgl. Schivelbusch 1986). Ebenso evident ist, dass es einerseits immer wieder Schwankungen der Zustimmung und Ablehnung der technisch-wissenschaftlichen Entwicklung gibt und diese in verschiedenen Ländern und Kulturkreisen unterschiedlich ausgeprägt sind.

Die Veränderbarkeit solcher Einstellungen (Bewertungen) zeigt aber zugleich, dass es sich bei bestimmten Akzeptanzniveaus um keine anthropogene Konstanten, sondern um Variablen handelt. Sie werden durch historische Erfahrungen, soziale und ökonomische Bedingungen²⁰, die demographische Struktur (alt, jung, divers etc.), und nicht zuletzt dadurch beeinflusst, wer in der Gesellschaft über die *Definitionsmacht* verfügt, etwas als *Problem* („Fluch“), als *Herausforderung* (ambivalent konnotiert), oder *Lösung* („Segen“) darzustellen. Damit werden Wahrnehmungen und Akzeptanz geprägt, gewinnen mehr oder minder öffentliche Anerkennung, überwinden oder behindern die Verbreitung einer Innovation; nicht zuletzt ergibt sich aus Dokumenten solcher Prozesse das Bild, das sich nachfolgende Generationen von der Technikgläubigkeit oder Technikskepsis in früheren Zeiten machen.

Die Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Akzeptanzforschung, die in den 1980er Jahren (so bezeichnet) begann, einen gewissen Boom in den 1990ern erlebte und seither weniger

¹⁹ Das können ethisch-moralische Werte ebenso sein wie Statuspositionen; aufgrund der Dominanz ökonomischer Strukturen und Mechanismen der Gegenwartsgesellschaft stehen im Allgemeinen freilich ökonomische Interessen (die sich auch politisch gut durchsetzen können) im Vordergrund.

²⁰ Eisenbahnunfälle waren in den USA im 19. Jahrhundert im Vergleich zu Europa je gefahrener Meile dramatisch häufiger, was u.a. in einer Anfragebeantwortung des Präsidenten an den Kongress damit erklärt wird, dass sich die USA in einen permanenten „Krieg mit der Natur“ befänden (vgl. Schivelbusch 2000).

auffällig und verhältnismäßig unaufgeregt weiter geht (was die Debatten um die Akzeptanz ebenso betrifft)²¹, können wie folgt resumiert werden:

- o Akzeptanz von Technologien ist nicht etwas, das ‚Technik‘ generell betrifft und korrespondiert daher weder positiv noch negativ mit ‚viel‘ oder ‚wenig‘ Technik, raschem oder weniger raschen ‚technischen Fortschritt‘. Es gibt schon jahrzehntelang „Entwarnungen seitens der Akzeptanzforscher, denen zufolge es weder in Deutschland noch anderswo wirkliche Technikfeindschaft gebe.“ (Gloede 2005, 11)²²
- o Extreme Ausprägungen von Einstellungen (pro oder contra, bzw. bedenkenlose Akzeptanz vs. grundsätzliche Ablehnung) sind auf wenige Technologien oder Anwendungen wissenschaftlicher Erkenntnisse begrenzt. Konflikte gibt es vor allem dort, wo es um „Leben“, „Kontrolle“, und (Beeinträchtigung von) „Nachhaltigkeit“ geht (Gázso 2010) geht.
- o Technikbereiche mit unterschiedlichen Akzeptanzwahrscheinlichkeiten bzw. Formen von Widerständen gegen Innovationen und ihre Anwendung wurden wie folgt bestimmt (Renn/Zwick 1997, 23f.):
 - „Produkt- und Alltagstechnik“ – die Allokation wird über den Markt gesteuert, von mangelnder Akzeptanz oder gar „Akzeptanzkrise“ ist in diesem Technologiefeld nicht erkennbar, wofür u.a. die üppige Ausstattung von Privathaushalten mit technischen Geräten spricht).
 - „Arbeitstechnik“ – Entscheidung liegen hier bei den Unternehmen, Mitbestimmung über Einführung (Modernisierung, Rationalisierung, Arbeitsplatzgestaltung), Qualifikation und Weiterbildung sind diesbezüglich Aspekte, welche die Akzeptanz (Nutzung, Effizienz) neuer Technologien betreffen.
 - „Externe Technik“ – das Gebiet mit geringster Akzeptanz. „... das Chemiewerk, die Müllverbrennungsanlage, das Kraftwerk oder das Gentechniklabor. Akzeptanz bedeutet in diesem Technikfeld Tolerierung durch die Nachbarn – eine positive Einstellung ist dazu keineswegs erforderlich.“ (Renn 2005, 31)
- o Zusammengefasst: Das Pendel der Akzeptanz schwingt extrem selten zwischen den Extremen Zustimmung und Ablehnung, sondern in aller Regel – etwas mehr oder etwas weniger – um die *ambivalente Mitte*.

Österreich, bzw. die österreichische Bevölkerung hat den Ruf, im internationalen Vergleich besonders ‚technikkritisch‘ zu sein oder der Technik ablehnend gegenüber zu stehen. Das ist als generelle Aussage zwar keineswegs zutreffen, wird aber dennoch immer wieder gerne wiederholt und auf spezielle Fragestellungen (bestimmte Technologien) angewendet, obwohl jeweils spezifische Analysen erforderlich wären.

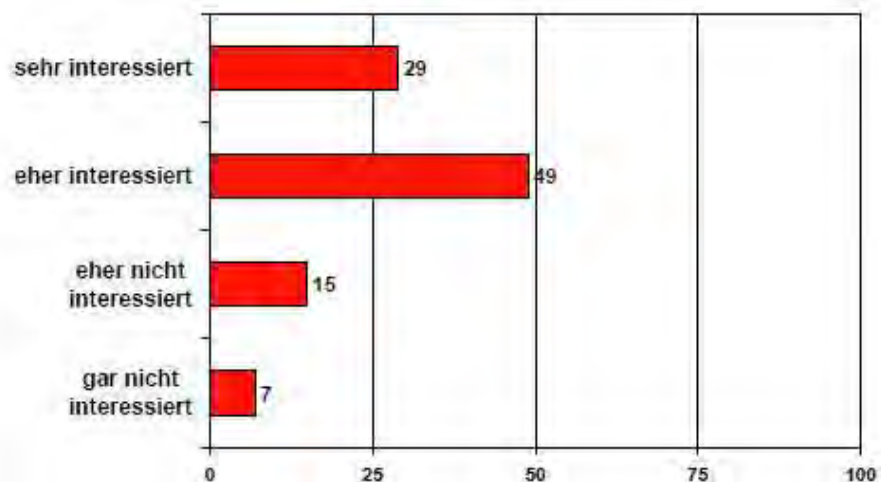
Die folgende Überprüfung von Einstellungen zu Wissenschaft und Technik zeigt zwar, dass in Österreich zwar tatsächlich allgemein tendenziell kritischere Einstellungen gegenüber neuen

²¹ ‚Verhältnismäßig‘ ist hier einzufügen, weil der Strom technischer Entwicklungen ja seither nicht nur nicht verebbt, sondern im Gegenteil noch breiter und zugleich verzweigter geworden ist – wozu nicht zuletzt pervasive computing, Nanotechnologie, Genetik und Neurowissenschaften wesentlich beitragen.

²² Ebenso argumentiert mit Verweis auf Bauer (1995) Torgersen (2005, 25), „dass eine generelle Technikfeindlichkeit empirisch nicht nachweisbar ist“.

Technologien gibt (Abb. 20, 21). Aber dies erscheint zu einem guten Teil als Resultat einer abwartenden Haltung, die vermutlich kulturell verankert ist, weil Österreich sowohl historisch wie auch nach dem Zweiten Weltkrieg durch lange Phasen nachholender industrieller Entwicklung geprägt ist (Abb. 22).

Abbildung 20: Interesse an neuen wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen



Frage: Würden Sie sagen, Sie sind an neuen technologischen Entwicklungen...

Quelle: SORA 2010²³

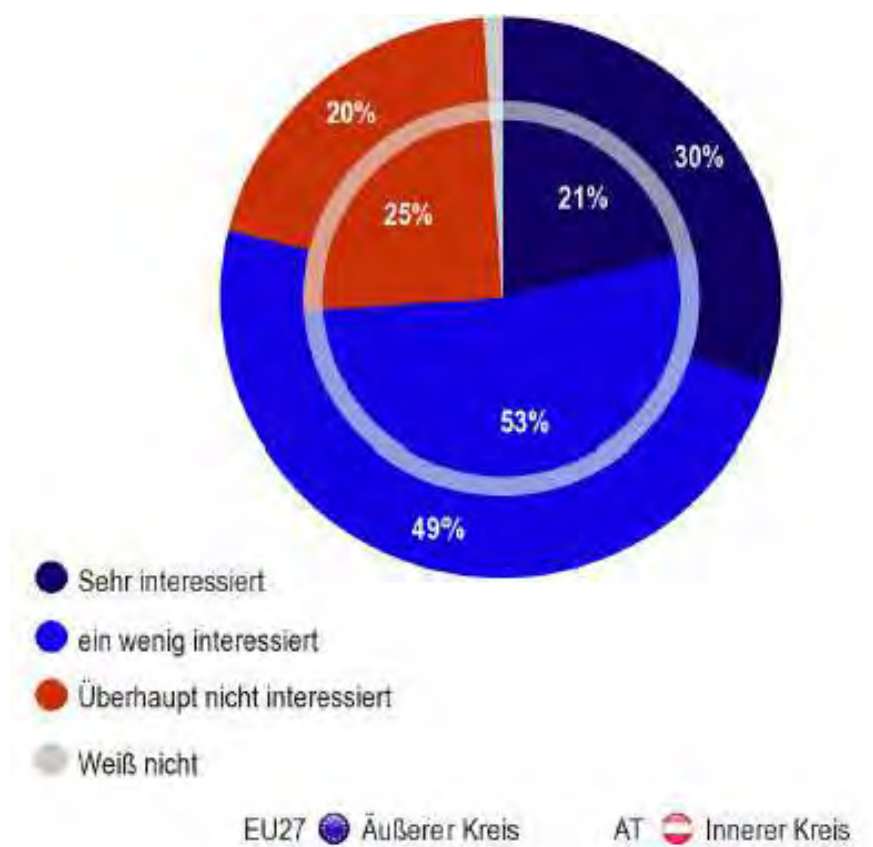
Interessant ist hier ein Vergleich dieser Daten mit den Ergebnissen der ebenfalls 2010 durchgeführten Studie Eurobarometer – Spezial 340: „Wissenschaft und Technik“. Beide Studien kommen zu durchaus ähnlichen Ergebnissen: ‚Sehr‘ und ‚eher interessiert‘ sind nach SORA 78% der ÖsterreicherInnen, die Eurobarometerumfrage (Erhebungsumfang in Österreich: 1000) ergibt als Summe von ‚sehr‘ und ‚ein wenig interessiert‘ 74%. SORA kommt mit ‚eher nicht‘ und ‚gar nicht interessiert‘ auf einen Anteil von 22% Uninteressierten, während nach Eurobarometer 25% angeben, an Wissenschaft und Technik ‚überhaupt nicht interessiert‘ zu sein. Diesen Größenordnungen vertrauend ist auch der in Abb. 21 gezeigte Abstand zwischen den ‚sehr Interessierten in Österreich (21%) zu den 30% im Durchschnitt der EU als relevant einzustufen, sollte aber auch nicht überbewertet werden; denn erstens liegt der Wert für ‚sehr interessiert‘ bei der SORA Studie bei 29%, und zweitens reduziert sich der Unterschied bei den nicht Interessierten zwischen dem EU Durchschnitt und in Österreich auf 5%. Es macht umfragetechnisch einen Unterschied, ob drei oder vier Kategorien zur Auswahl gegeben werden: Zwei Vorgaben auf der positiven wie auf der

²³ Repräsentative Befragung in Form von 501 Telefoninterviews; ergänzt durch qualitative Interviews.

negativen Seite verlangen eine präzisere Entscheidung der Respondenten und führen daher in der Regel zu genaueren Ergebnissen.

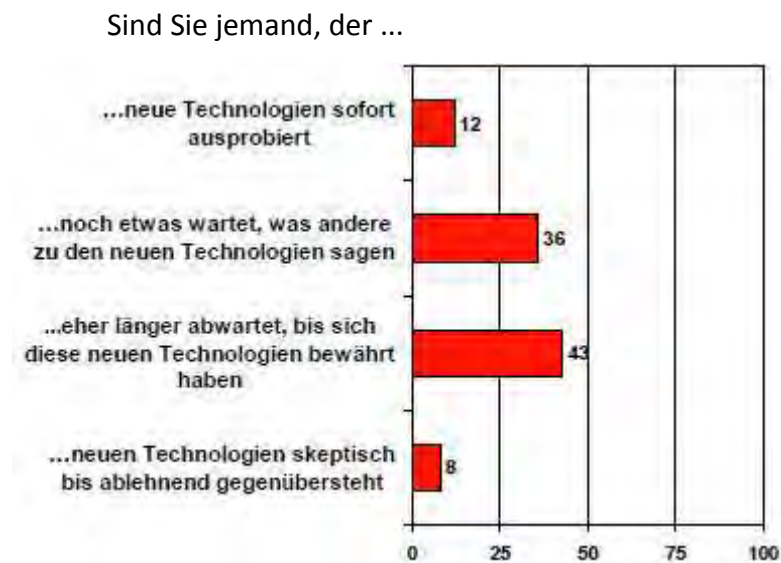
Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass etwa $\frac{3}{4}$ der ÖsterreicherInnen Interesse für Wissenschaft und neuen Technologien Interesse zeigen; sehr interessiert sind zwischen 20 und 30% der Gesamtbevölkerung. „Die meisten Österreicher (78 %) stehen technologischen Entwicklungen interessiert gegenüber – Männer sind mit 85 % deutlich technologieaffiner als Frauen (71 %). Obwohl die Mehrheit an neuen Entwicklungen Interesse hat, wartet man beim Ausprobieren vielfach erst mal ab. 43 % tun dies so lange, bis sich neue Technologien bewährt haben, 36 % warten zumindest, bis andere Erfahrungsberichte liefern. Jeder fünfte Mann (20 %) ist bereit, neue Technologien sofort auszuprobieren, bei den Frauen sind dies nur 6 %. Auch greifen Jüngere etwas rascher zu neuen Technologien als ältere Menschen.“ (SORA 2010, 1)

Abbildung 21: Interesse an neuen wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen



Quelle: Eurobarometer Spezial 340

Abbildung 22: Geschwindigkeit der Akzeptanz von neuen Technologien²⁴



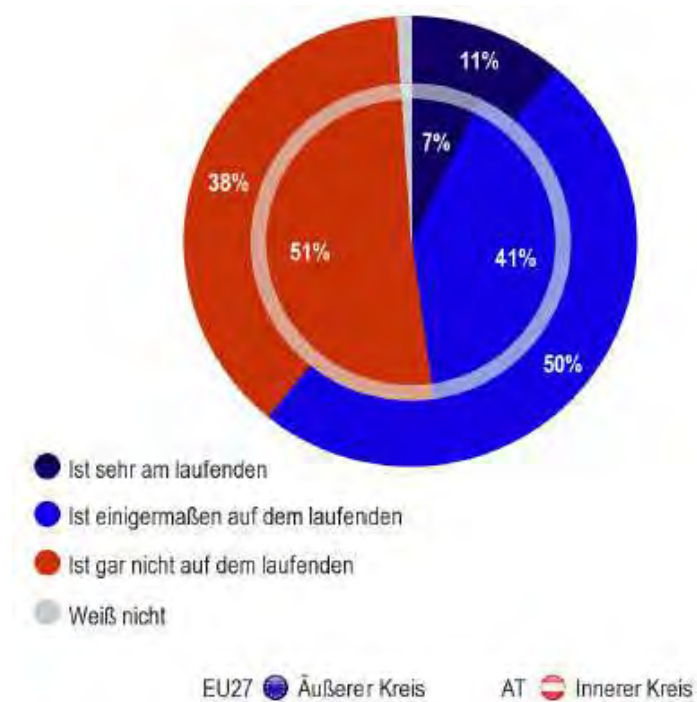
Quelle: SORA 2010

Ob wegen des geringeren Interesses oder wegen weniger intensiver Berichterstattung: Die österreichische Bevölkerung fühlt sich weniger gut über Wissenschaft und Technik informiert (Abb. 23). Auch wenn der Grund hierfür hier nicht festgestellt werden kann – klar ist, dass öffentliche Diskussion und mediale Berichterstattung bezüglich der Wahrnehmungen und Haltungen zu Wissenschaft und Technik noch Unterschiede bewirken können.

Dass die Einstellungen der ÖsterreicherInnen auch im internationalen Vergleich keineswegs durchgehend negativ sind, zeigen gerade die Antworten zur allgemeinsten Frage nach dem „Image“ von Wissenschaft und Technik bzw. der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen (Abb. 24): Die drei ersten Statements dieser Reihe, die das Vertrauen Wissenschaft und ihre Vertreterinnen verneinen, finden alarmierend hohe Zustimmung – allerdings in Österreich tendenziell etwas weniger als im EU Durchschnitt. Ein wirklich markanter Unterschied ergibt sich nur bei der vierten Feststellung: ÖsterreicherInnen stimmen am stärksten zu, dass Wissenschaft und Technik nicht ausreichen, um die heutigen Probleme ‚zu verstehen‘.

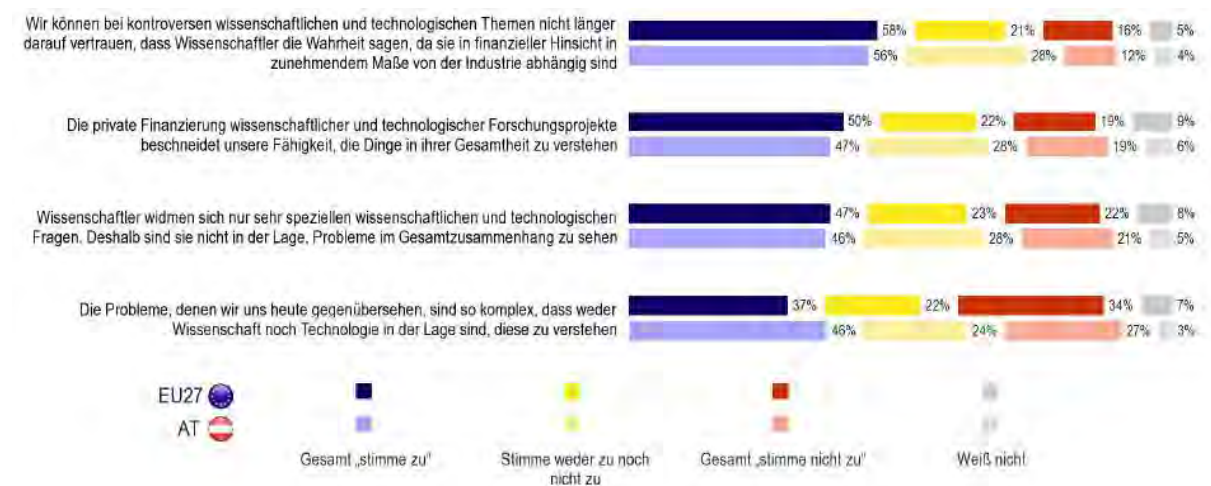
²⁴ Das Bild gibt die vier Hauptkategorien der Verhaltensweisen wider, die nach Rogers (2003) im Lebenszyklus einer Innovation vorkommen: „Early adopters“, „early majority“, „late majority“ und „laggards“.

Abbildung 23: Informiertheit aus Medienberichten über neue wissenschaftliche Entdeckungen und technologische Entwicklungen aus



Quelle: Eurobarometer Spezial 340

Abbildung 24: Allgemeines Image von Wissenschaft und Technologie



Quelle: Eurobarometer Spezial 340

Aus diesen Daten sind zwei wesentliche Schlüsse zu ziehen:

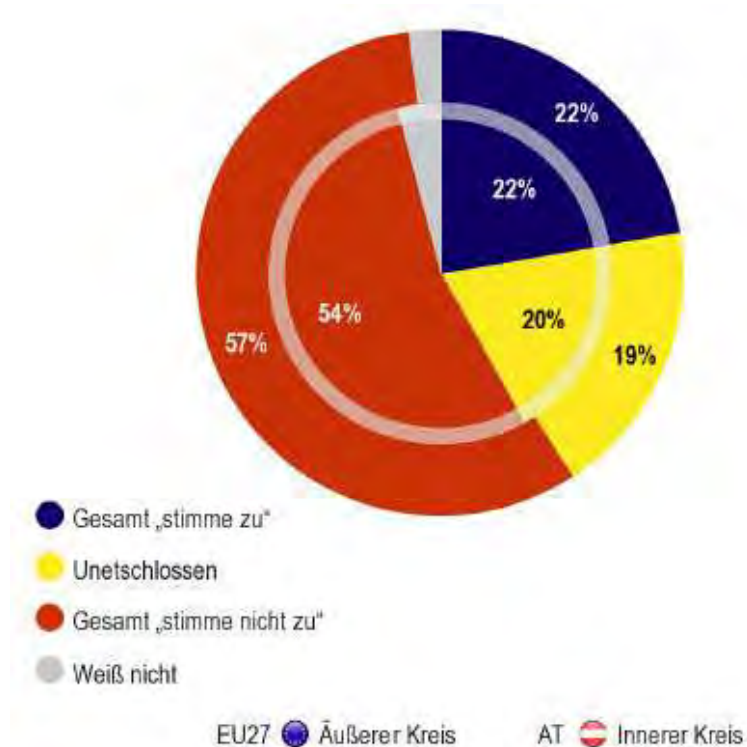
- o Wissenschaft, Wissenschaftler und Entwickler von Technologien haben eine zweifellos verbesserungsbedürftiges Image, wenn gut die Hälfte der Bevölkerung Wissenschaftler in Abhängigkeit von Industrie und Geldgebern sehen und ihren Aussagen nicht (mehr) trauen. Das betrifft ganz offensichtlich keineswegs nur Forscher und Entwickler in sogenannten ‚sensiblen‘ Bereichen, wo Akzeptanzschwierigkeiten vermutet werden.

- o Das persönliche Auftreten, Offenheit für Diskussion, der Wille und die Fähigkeit, wissenschaftliche Zusammenhänge und technische Funktionen zu erklären, dürften in den meisten Fällen wichtiger und ‚kritischer‘ (entscheidender) sein als die Spezifika einer bestimmten Technologie.

Dass Wissenschaft und Technik grundsätzlich jegliches Problem erfolgreich behandeln könnten glaubt – mit wenig Unterschied zwischen Österreich und EU gesamt – nur eine Minderheit (Abb. 25). Auch dies belegt, dass ‚Partizipation‘, ‚Diskurs‘, ‚Dialog‘ und ähnliche Ansprüche keine leeren Floskeln sind (außer man macht sie dazu), sondern einen realen bedarf widerspiegeln.

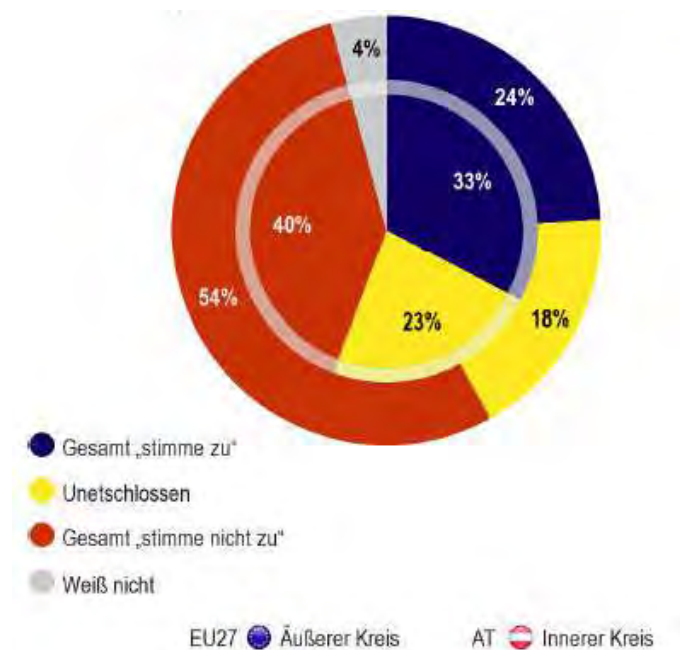
Größere Skepsis als im EU Vergleich zeigt sich, wenn es um den Beitrag von Wissenschaft und Technologie zu ‚Umweltschutz‘ geht (Abb. 26). Auch diesbezüglich kann die bestehende Lücke als Chance gesehen werden, dass primär durch WissenschaftlerInnen und Entwickler von Technologien selbst mehr Vertrauen gewonnen werden kann. Solche Chancen bestehen tatsächlich, da es noch einen Indikator für ein schlechtes Image von WissenschaftlerInnen gibt, der aber in Österreich deutlich weniger stark ausgeprägt ist (Abb. 27).

Abbildung 25: Vertrauen, dass Wissenschaft und Technik ‚alle Probleme‘ lösen können



Quelle: Eurobarometer Spezial 340

Abbildung 26: Wissenschaft und Technologie können Umweltschutz nicht wirklich verbessern



Quelle: Eurobarometer Spezial 340

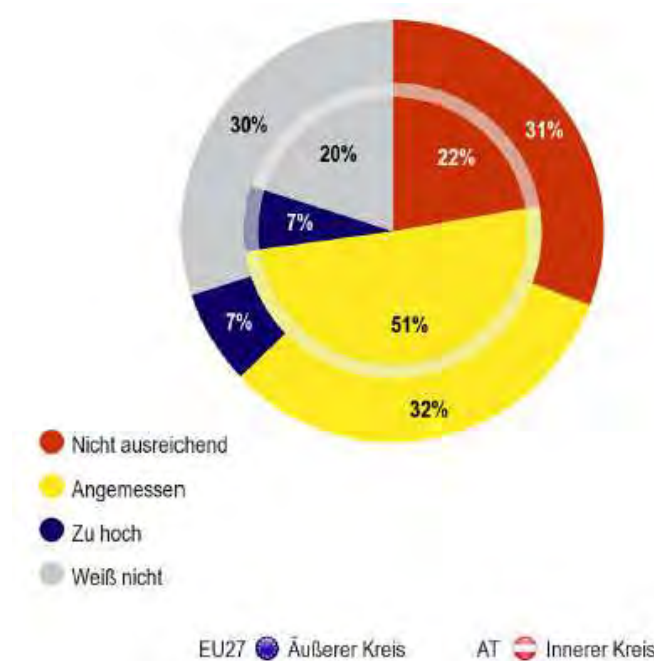
Abbildung 27: „Wissenschaftler besitzen aufgrund ihrer Kenntnisse Macht und sind daher gefährlich“



Quelle: Eurobarometer Spezial 340

Eine Bestätigung der im internationalen Vergleich größeren Distanz zu Wissenschaft und Technologie in Österreich ist darin zu sehen, dass hierzulande die Ausgaben der EU für Forschung deutlich seltener für ‚zu gering‘ und mehrheitlich für ‚angemessen‘ erachten. Allerdings ist die Aussagekraft dieser Daten begrenzt, da hier (auffallend mehr im EU-Schnitt als in Österreich) sehr große Teile – wohl zurecht – angeben, nicht Bescheid zu wissen.

Abbildung 28: Zustimmung zu EU-Forschungsausgaben



Quelle: Eurobarometer Spezial 340

Das Bild einer nur relativ geringen, in den meisten Fällen lediglich verzögerten (abwägenden) Akzeptanz von neuen Technologien in Österreich wird durch regelmäßig erhobenen Daten über Computer- und Internetnutzung bestätigt: Auch hier lagen die Werte für Österreich in den 1990er Jahren deutlich unter den zeitgleich erhobenen Daten in zahlreichen anderen (west-)europäischen und skandinavischen Ländern. Im Jahr 1999 nutzten erst 28% der ÖsterreicherInnen das Internet im Jahr 2000 waren es 40% (vgl. Abb. 5). Die großen Steigerungsraten, besonders in den höheren Altersgruppen, zeigt Abb. 29. Mittlerweile (nach einem Wendepunkt etwa um 2000) liegt Österreich diesbezüglich – wie übrigens auch bei eGovernment²⁵ – im europäischen Spitzenfeld (Abb. 30).

Dieses Entwicklungsmuster kann in einem Slogan wie folgt zusammengefasst werden: Österreich ist in Bezug auf die Annahme neuer Technologien zumeist *leicht verspätet, aber schnell aufholend* („late adopter – fast follower“).

²⁵ Im jährlich für die Europäische Kommission von Capgemini erstellten Benchmarking der europäischen eGovernmentsysteme belegt Österreich seit Jahren den Spitzenplatz. <http://www.at.capgemini.com/news-events/news/egovernment-oesterreich/> (21. 2. 2011)

Abbildung 29:

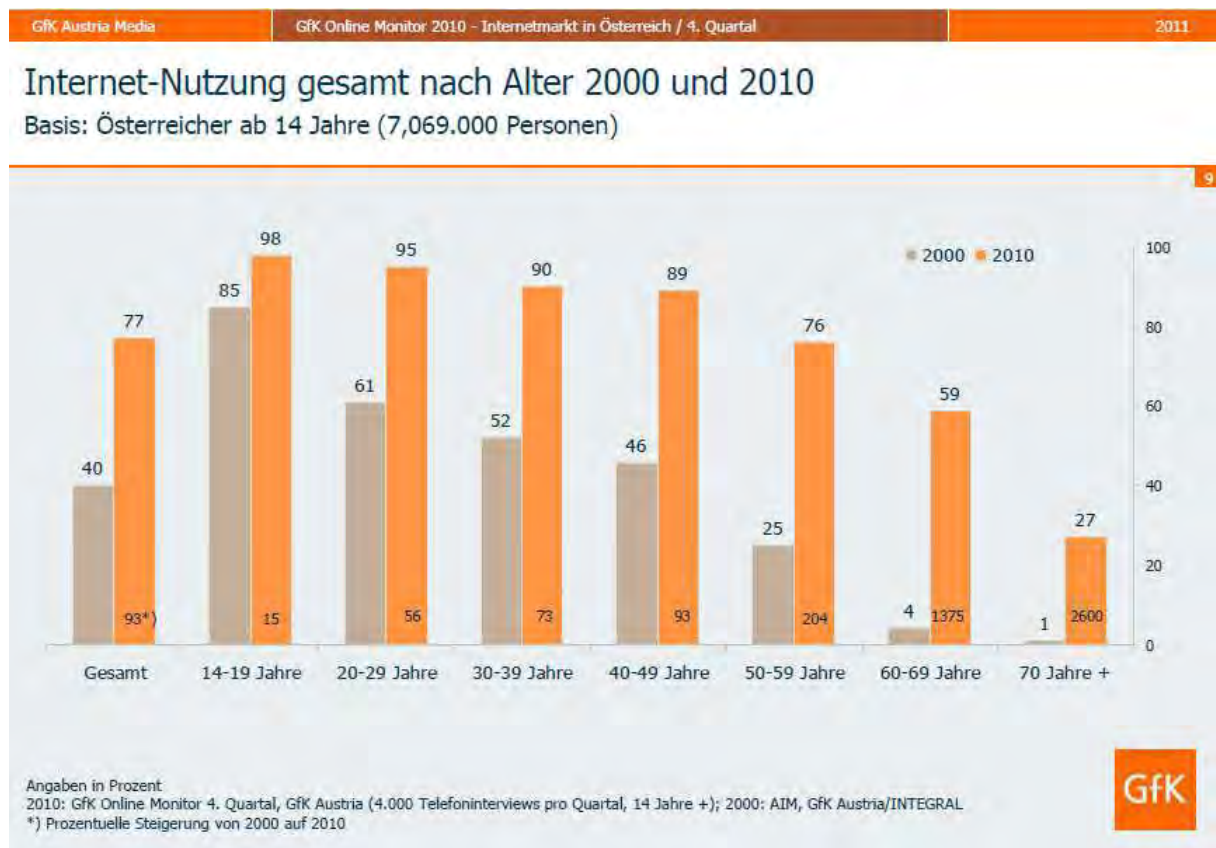
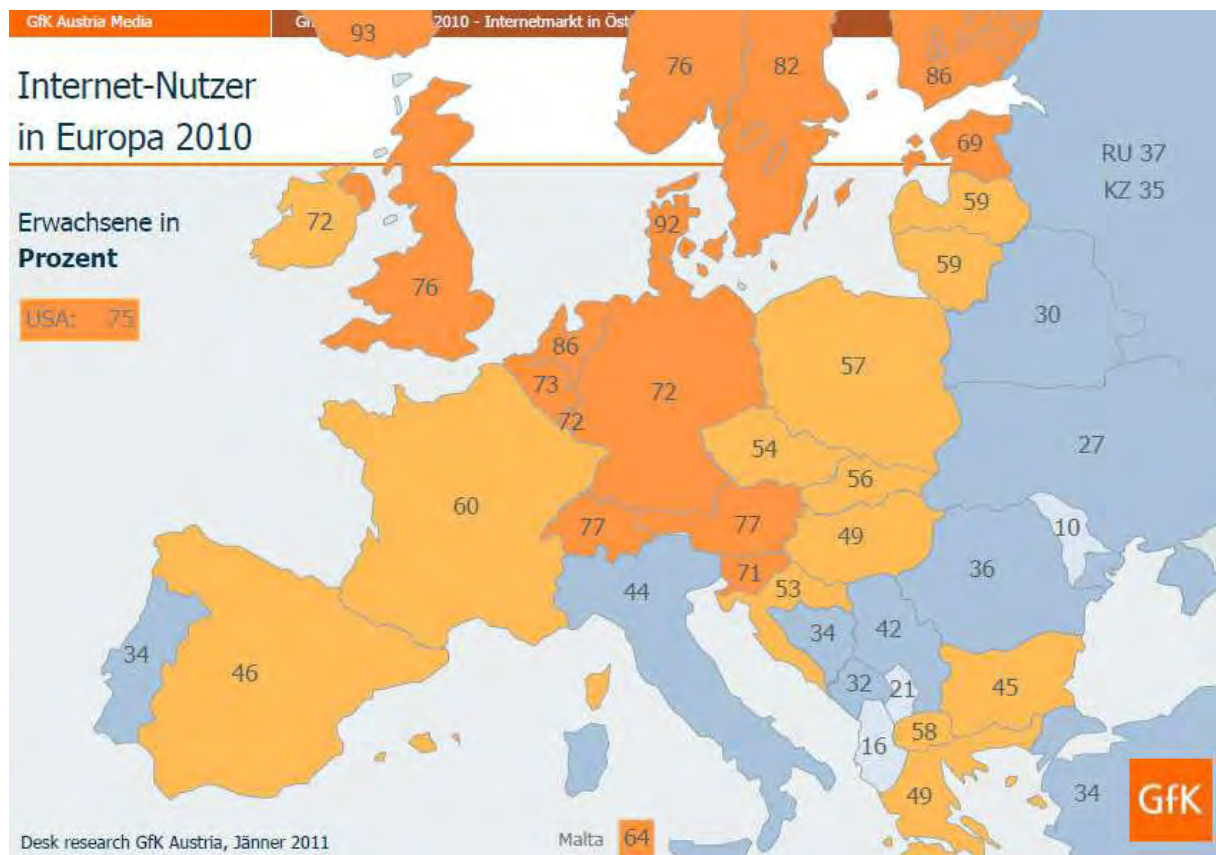


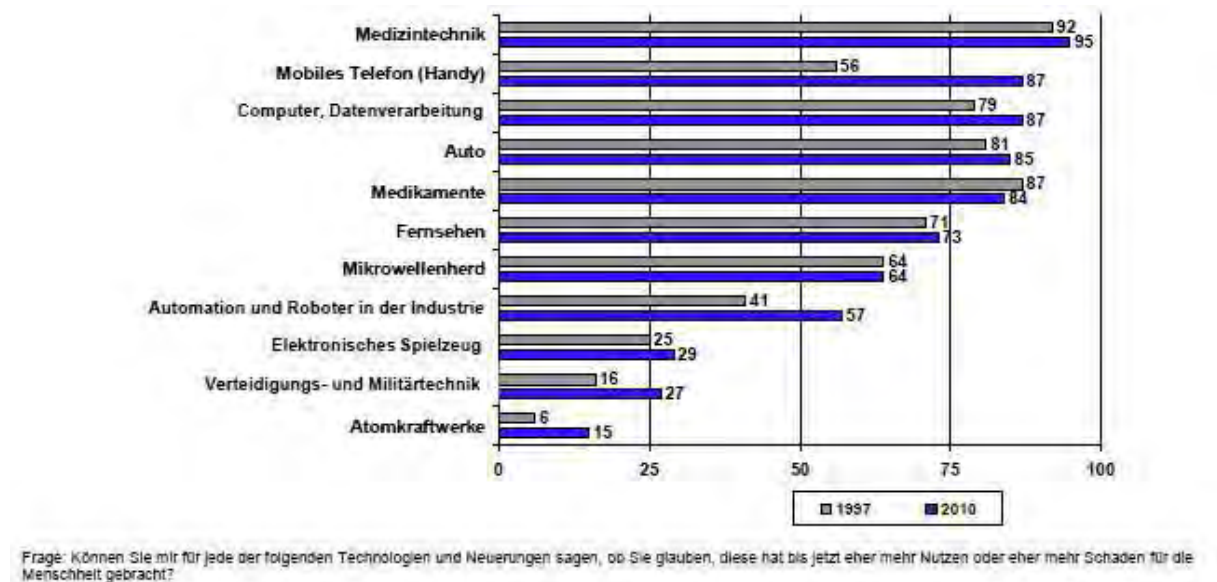
Abbildung 30:



Akzeptanz von Technologien ist Ausdruck der Anerkennung eines damit erreichbaren Nutzens. Dabei spielt allerdings Vertrautheit (Nähe, Alltagsrelevanz) und damit die Zeit (die ausreichend sein muss, um aus dem sozialen Umfeld Informationen darüber zu bekommen und sich selbst damit vertraut zu machen) eine große Rolle.

Wie stark sich Nutzeneinschätzungen in relativ kurzen Zeiträumen ändern können, zeigt Abb. 31: Den größten Sprung im Vergleich von 1997 und 2010 verzeichnet die Mobiltelefonie, eine in den 1990er Jahren für die breite Masse noch völlig neue Technologie. Signifikant erscheint zudem, dass für fast alle der abgefragten Technologien die Einschätzung des Nutzens gestiegen ist (die einzige gegenläufige Tendenz betrifft Medikamente).

Abbildung 31: Einschätzung des Nutzens verschiedener Technologien im Zeitvergleich



Quelle: SORA 2010

5. Power Saver in Erprobung und Entwicklung

Akzeptanz ist keine Konstante, sondern über die Zeit variabel. Für einzelne neue, am Anfang ihrer Entwicklung stehende Technologien die untersucht werden sollen, sind daher zwei grundsätzliche Fragen zu stellen:

- o Welche Charakteristika weist die konkrete Technologie (in unserem Fall Power Saver, oder weiter gefasst: Pervasive Computing) auf, die nach Erfahrungen mit anderen Technologien zu mehr oder weniger bzw. schnellere oder langsamere Akzeptanz erwarten lassen?
- o Ab welchem Stand von Entwicklung und Anwendung wird es überhaupt möglich, einen Trend zu Akzeptanz oder Ablehnung überhaupt zu bestimmen?

Zur ersten dieser Fragen können die Zuordnung zu einem der Technologiefelder nach Renn/Zwick (1997), und das Kriterium der Nähe zu persönlichen, vielleicht sogar intim betrachteten Wahrnehmungsbereichen (das ‚Leben‘ selbst und ‚Kontrolle‘; Gázsó 2010) herangezogen werden.

Aufgrund der hier referierten Daten, Analysen und Erfahrungen aus der österreichischen und internationalen Akzeptanzforschung ist in Bezug auf Power Saver und Pervasive Computing in anderen Bereichen (Öffentlichkeit!) eine wichtige Differenzierung zu treffen.

5.1 Power Saver als ‚Produkt- und Alltagstechnik‘

Power Saver in privaten Haushalten ist zum Technologiefeld Produkt- und Alltagstechnik zu zählen. Zwar kann nach einem einzigen Pilotversuch hier natürlich noch nicht von Gewöhnung und Integration in den Alltag die Rede sein. Aber die Bereitschaft bei 10 von 15 Haushalten, Power Saver auch in Zukunft zu verwenden, und die Tatsache, dass Power Saver ‚im Hintergrund‘ arbeitet (nur 2 der 15 Haushalte gaben an, sich eingeschränkt gefühlt zu haben), lassen erwarten dass die Akzeptanzschwelle relativ niedrig ist. Es kommt auf Preis, Leistung und Kommunikation des Nutzens an, um Power Saver als Produkt attraktiv und ‚akzeptabel‘ zu machen (vgl. Box 2). Die Allokationsmechanismen (basierend auf Kosten-Nutzen-Überlegungen) sind bekannt und üblich, *und* die Angleichung von Verhalten an Einstellungen wird leicht gemacht: Die einzig notwendige ‚Verhaltensänderung‘ ist etwas Gewohntes, nämlich ein Hilfsmittel zur Zielerreichung anzuschaffen. Das die Akzeptanz

vermindernde Element von Power Saver ist das inhärente Potenzial zu Kontrolle, vor allem durch die Anbindung an Smart Meters, die eine externe Verwendung der im Privatbereich registrierten Daten möglich macht. Dadurch kann die Technik ‚Nachbar‘ werden, der – in Gestalt von EVU’s oder sogar darüber hinaus (Kommune, Staat ...) auf den Privathaushalt Kontrolle von außen ausüben kann. Dafür müssen Lösungen gefunden werden, die über Information und Zusicherungen von Geheimhaltung deutlich hinaus gehen müssen. Der Schlüssel dazu liegt in der Ermöglichung und Förderung von Selbstkontrolle: Es wird notwendig sein, ein sozio-technisches System zu etablieren, das technisches Empowerment der Haushalte mit sozialen Netzwerken (in kleinräumigen Gebieten wie Gemeinden oder Bezirken) so verbindet,

- o dass die betreffenden Bevölkerungsgruppen über mehr Information verfügen können als der (oder die) Energieanbieter, und
- o die damit Kontrolle über die Entwicklung von Energieverbrauch bzw. Energieeinsparung gewinnen können.

Der Vorteil, dass Power Saver im Hintergrund arbeitet, ist besonders hoch zu bewerten, weil dadurch die Schwierigkeit entfällt, dass Konsumenten über die tatsächliche Häufigkeit oder Dauer der Nutzung von Technologien selbst nur ungenau Bescheid wissen. Das wirkt sich besonders auf die Anwendung von neuen, intelligenten Systemen aus (und limitiert deren Gebrauch auf besonders bewusst handelnde und gebildete Schichten). Ein weiteres Element der in Box 2 kurz dargestellten Ergebnisse einer Studie im Rahmen eines EU Projekts ist die auch hier hervor gehobene Bedeutung der Motivation von KonsumentInnen, Kosten sparen zu wollen.

Box 2: Akzeptanz intelligenter Technologie und Auswirkungen auf das Konsumverhalten

„We expected that people with higher education and income might be more in favour of smart appliances. The high percentage of academics in our sample and the fact that acceptance of smart appliances in all countries ... is very high, seems to point in this direction, even though no significant correlations could be found. Also the sample specifics are not really surprising as people who are interested in ecological topics and have a technical understanding are more likely motivated to participate in such a survey than others.

However, the high acceptance of smart appliances as found in the survey might not be directly transferable to other social classes. As the findings of the qualitative research indicate families with children, older people and people with low income might be less enthusiastic about smart operation. But this will depend very much on the framework conditions such as costs, incentives and easy handling.” (Mert et al. 2008, p. 16)

“In general consumers had some difficulties to estimate how often e.g. per month they would use the smart operation mode. According to the interviews they think they would use the smart mode frequently, with a range from 25 to 100% of the time. However this estimation has to be put in the right perspective. Consumers do not have any real experiences with smart appliances so far and seem to be over-optimistic about this issue. Discussions within the phone interviews and focus groups showed that they have difficulties to estimate their own behaviour. The use is on one hand strongly related to individual habits and living conditions (working hours, children in the house, living in flat or house) and on the other hand depends on the respective appliance. A precondition to change ones own user behaviour is a financial benefit.” (Mert et al. 2008, p. 27)

5.2 Pervasive Computing als ‚Externe Technik‘

Anders und im Hinblick auf Akzeptanz schwieriger stellt sich die Situation dar, wenn es um die Entwicklung und den Einsatz von Pervasive Computing im öffentlichen Raum oder als Arbeitstechnik geht. Die Implementierung von Pervasive Computing in der Arbeitswelt hat hohe Hürden zu überwinden, weil hier Gefährdungen der Interessen von ArbeitnehmerInnen sowohl unter dem Gesichtspunkt der *Rationalisierung* wie auch dem der *Kontrolle* evident erscheinen. Qualifizierung, Training und vor allem partizipatives Design der jeweiligen Technologien sind hier gefordert. Noch komplexer ist die Situation bei Anwendungen von Pervasive Computing im öffentlichen Raum, denn diese treten eindeutig (und bei Einsatz interaktiver Komponenten unübersehbar) als ‚externe Technik‘ in Erscheinung. Diese scheint zwar nicht so nahe an der Person (wie Power Saver im Haushalt). Tatsächlich aber greift die Technik in diesem Fall ein in die für das kulturelle Selbstverständnis der modernen Industriegesellschaft fundamental gewordene Regel, dass man sich in der Öffentlichkeit – ganz besonders im urbanen Raum – *anonym* bewegen kann, das ‚Private‘ also im ‚Öffentlichen‘ geschützt sein soll (vgl. historisch Simmel 1903; für die Gegenwart Sennett 1991).

Hier stellt sich daher die Frage, ob sich durch die im ersten Abschnitt dieser Studie beschriebenen Prozesse des sozialen Wandels und die rasch zunehmende Technisierung in Alltag, Berufs- und weiterer Lebenswelt (Gesundheit, Freizeit, Lernen ...) so etwas wie Aufnahmebereitschaft für kulturell offenbar andere Verhaltensweisen (und entsprechendes Selbstverständnis) erfordernde Technologien entstanden ist. Das scheint (noch) nicht der Fall zu sein, weshalb in diesem Bereich mit längeren Anpassungsprozessen – vor allem und zunächst der Technologie an gesellschaftliche Bedürfnisse, aber auch eine Adaptierung sozialer Entwicklungskonzepte – zu rechnen ist.

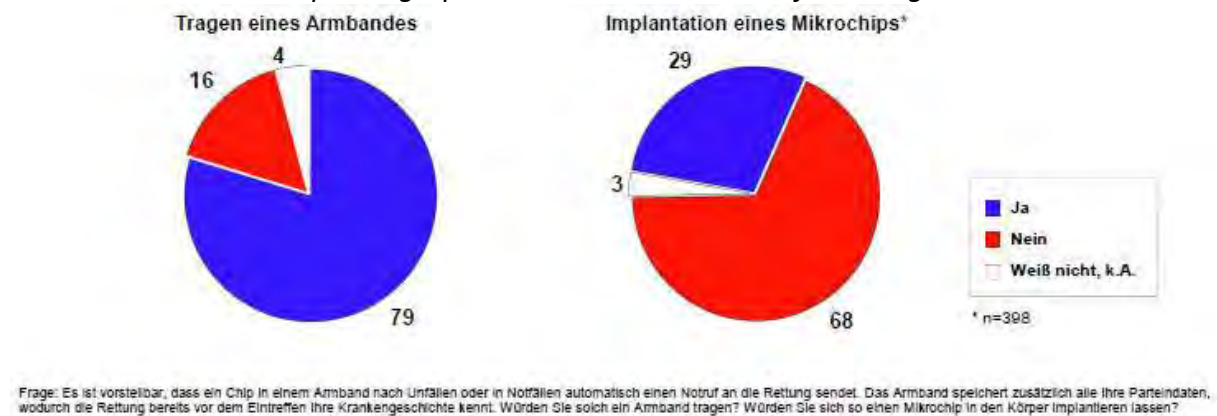
Derzeit dürfte die Kluft groß sein; von manchen Autoren wird eine grundsätzliche Unvereinbarkeit von Pervasive Computing mit Privatheit diskutiert: „Measures that are sufficient to confront the vision of ubiquitous computing with more than an illusion of privacy will probably also require changes in the paradigm of current data protection principles and a reshaping of the vision towards societal sustainability.“ (Cas 2011)

IPTA (2006, 21) formulierte ähnliche Bedenken bezüglich der Vereinbarkeit von Pervasive Computing und dem Schutz von Privatsphären: „The apparent threats to privacy have induced large research activities to develop pervasive computing technologies and systems that respect privacy. However, so far these endeavours have had limited success; to achieve rather marginal gains in privacy one has to accept considerable restrictions in the usefulness, usability and user friendliness. It remains therefore an open question whether privacy friendly pervasive computing systems can be developed which still resemble the visions of pervasive computing.“

Die Frage danach, ab wann man sinnvoll und fundiert von Ablehnung oder Akzeptanz (einem Trend in die eine oder andere Richtung; evtl. auch von einem Richtungswechsel) sprechen kann, erfordert empirische Daten über Nutzenerwartungen und Einstellungen, die im optimalen Fall je Technologie und in Zeitreihen verfügbar sein sollten. Ansatzpunkte dazu können Befragungen liefern, welche die Bereitschaft zur Nutzung erkunden. Für den hoch sensiblen Anwendungsfall der Speicherung von Patientendaten mit dem erkennbaren Nutzen für persönliche Notsituationen wurde dies von SORA (2010) in der Alternative ‚Armband‘ oder ‚Implantation‘ erhoben (Abb. 32).

Die Form des Angebots macht hier ganz offensichtlich einen dramatischen Unterschied aus. Es empfiehlt sich demnach bei Applikationen, deren Potenzial für Kontrolle oder Beeinträchtigung von Privatheit hoch ist, nach möglichen Alternativen zur Gewährleistung der Funktionalität zu suchen. Dafür können Konzepte partizipativer Technikgestaltung, etwa auf Basis von ‚Open Innovation‘ (Chesbrough 2003) oder ‚User-driven Innovation‘ (von Hippel 2001; Franke/Hippel/Schreier 2006) eingesetzt werden.

Abbildung 32: Bereitschaft zum Tragen eines Armbandes bzw. zur Implantation eines Mikrochips mit gespeicherten Patientendaten für Notsignale



Quelle: SORA 2010

Mögliche Effekte im Gesundheitswesen bzw. Wechselwirkungen zwischen Pervasive Computing und dem Grundrecht auf Privatheit behandelt ebenfalls Cas (2008). Er benennt grundlegende Widersprüche, die anhand der Grundsätze²⁶ der OECD für den Schutz der Privatsphäre (1980, 2003) – die auch in die EU Datenschutzrichtlinie (1995) aufgenommen wurden – analysiert werden.

Diese kritische Auseinandersetzung erscheint insbesondere dahingehend Wegweisend, dass der Charakter ‚allgegenwärtiger Datengenerierung‘ hinter spezifischer Zweckbestimmung (und –kommunikation) zurücktreten, und eine kontrollierte Begrenzung der Nutzung (Datenverwertung) gegeben sein muss, um so etwas wie Privatsphäre weiterhin zu ermöglichen. Denn „eine einfache Gleichsetzung von mehr Technik mit mehr Qualität ist wenig hilfreich, um eine Abwägung der damit verbundenen Eingriffe in die Privatsphäre zu erlauben.“ (Cas 2008, 64)

Im Fall der Erprobung der Power Saver Technologie ist jedenfalls eine klare Zweckbestimmung gegeben, Offenheit und Mitsprache wurde durch das Setting des Feldversuchs erreicht; die Datenerhebung ist auf den Zweck begrenzt, die Qualität und ihre Dokumentation gesichert, sodass die Kriterien der OECD-Empfehlungen objektiv erfüllt sind.

²⁶ Insbesondere anhand der Grundsätze der ‚begrenzten Datenerhebung‘, der ‚Datenqualität‘, der ‚Zweckbestimmung‘, und der ‚Nutzungsbegrenzung‘ (Cas 2008, 60-61). Die vier weiteren von acht Grundsätzen betreffen ‚Sicherung‘, ‚Offenheit‘, ‚Rechenschaftspflicht‘ und ‚Mitsprache‘.

5.3 Praktische Erfahrungen

Wie haben die beteiligten Familien die vorübergehende Implementierung der Power Saver Technologie in ihrem Heim subjektiv erlebt? Zunächst ist festzuhalten, dass die kleine Fallzahl von 15 Haushalten in einem begrenzten Gebiet, die aufgrund der technischen Voraussetzungen nicht nach sozio-demographischen Gesichtspunkten ausgewählt werden konnten, keine Generalisierung der Ergebnisse zulässt. Es geht hier aber um einen in diesem Entwicklungsstadium wichtigen Schritt der Erprobung mit Feed-back an die betreffenden Haushalte, die dadurch nicht nur ‚Datenlieferanten‘ (Objekte der Forschung), sondern in Bezug auf technisch und gesellschaftlich relevante Zukunftsfragen informierte Teilnehmer eines Innovationsprozesses werden.

Die am Power Saver Feldversuch teilnehmenden Familien sind daher nicht nur wichtig als „Testpiloten“, die Aufschlüsse über die Praxistauglichkeit der Powersaver-Technologie (und ihre Einbettung in alltägliche Lebensabläufe) an die Entwickler geben, sondern auch als Kommunikatoren in ihrem jeweiligen sozialen – privaten wie beruflichen – Umfeld. Sie fungieren als informelle „Botschafter“ der Technologie. Im Interesse der weiteren Entwicklung wäre es daher wünschenswert, infrage kommende Nutzergruppen zu identifizieren und technisch avancierte VerbraucherInnen für größere Pionieranwendungen zu interessieren. Je größer dabei der Anteil partizipativer Mitgestaltung bei Design und Implementierung ist, desto mehr Verbreitungswirkung ist zu erwarten.

Die abschließende Befragung erfasste (neben der in einem eigenen Berichtsteil dokumentierten Vielzahl der vorhandenen Elektrogeräte und deren Verwendung) zunächst Voraussetzungen und Erwartungen hinsichtlich der Energiesparpotenziale im Haushalt.

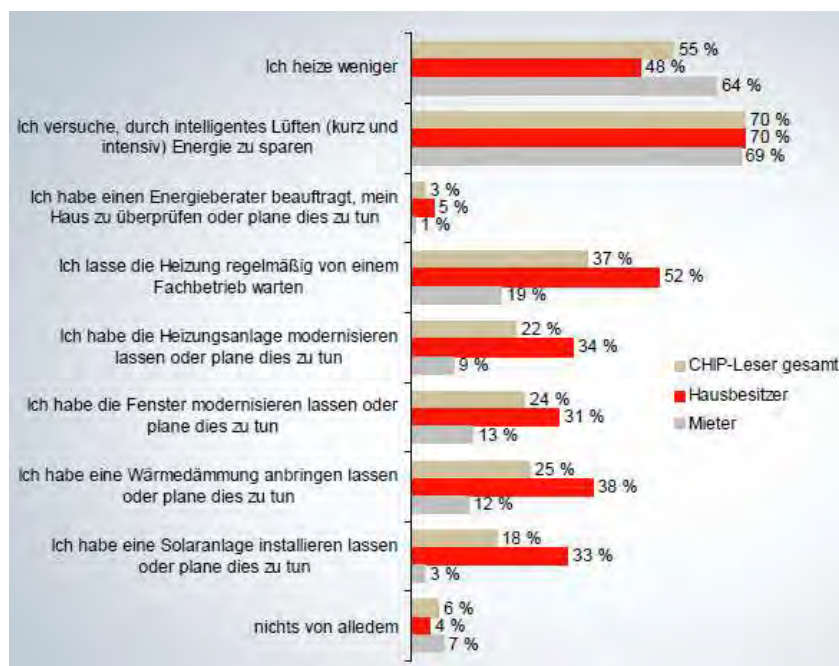
An vertrauten Energiesparmaßnahmen nannten 11 bauliche Maßnahmen, 12 Verhaltensregeln, 10 die Heizungssteuerung, und zwei noch ‚sonstige‘. Konkret angeführt wurden Wärmedämmung, thermische Sanierung, Isolierung, Energiesparlampen („wo der Komfort es zulässt“), Licht und Standby Geräte abschalten, Belüftung/Stoßlüften, in einem Fall handelt es sich bereits um ein als Niedrigenergiehaus errichtetes Wohnhaus. Ähnliche Angaben finden sich in der bereits zitierten Studie der Zeitschrift CHIP (2008), die für manche der übereinstimmend genannten Maßnahmen eine gewisse (wenn auch eher auf Mittel- bis Oberschichtmilieu begrenzte) quantitative Orientierung erlauben (Abb. 33).

Stromsparen ist in den beteiligten Haushalten kein Fremdwort; die Erwartungen, durch intelligente Steuerung mehr Energie sparen zu können, sind zudem ziemlich hoch (Tab. 1).

Tabelle 1: Geräte mit Stromsparmmodus²⁷ und Erwartungen, durch Steuerung mehr Energie sparen zu können²⁸

Geräte	Mit Stromsparmmodus ausgestattet	Stromsparmmodus		Erwartete mögliche Einsparung				Angabe fehlt
		wird genutzt	Nicht genutzt	viel	einiges	wenig	nichts	
Beleuchtung	5	5		7	4	3	1	-
TV/Unterhaltung	4	2	2	1	8	5	1	-
Spül- und Waschmasch.	9	9	-	7	5	3	-	-
Kühl- und Gefriergeräte	5	5	-	8	4	2	-	1
Heizung	4	4	-	8	5	1	1	-
Herd	3	2	1	5	5	3	2	-
Warmwasser	3	3	-	9	4	2	-	-
PC	8	6	2	5	3	6	1	-
Kaffemaschine	2	1	1	1	3	6	5	-

Abbildung 33: Energiesparmaßnahmen in CHIP-Leser-Haushalten



Quelle: CHIP 2008, Zusammenfassung, S. 17

²⁷ Frage: „Welche Geräte im Haushalt verfügen über einen Stromsparmmodus und nutzen Sie diesen?“

²⁸ Frage: „Bei welchen Verbrauchern im Haushalt könnte Ihrer Meinung nach durch eine intelligente Steuerung Energie eingespart werden?“

Die konkreten Antworten auf die Frage „Wie viel Energie könnte man Ihrer Meinung nach durch Power Saver einsparen“ schwanken vom Eingeständnis, „keine Ahnung“ zu haben (4) über „10%“ (ebenfalls 4), „20%“ (3), „20-30%“ (1) bis zu einem unverbindlichen „viel“. Eine der Antworten drückt die Erwartung aus, dass das Ergebnis der Feldstudie darüber Aufschluss bringen werde.

In Abhängigkeit von den erwarteten Einsparungen steht allerdings auch die Bereitschaft, sich selbst Power Saver anzuschaffen²⁹: Unabhängig von einem noch nicht genannten Preis wären dazu ein Haushalt bereits bei einer Ersparnis von bis zu 40 €, ein weiterer bei bis zu 50 €, und zehn Haushalte bei einer Einsparung von über 60 € bereit.

Die Gründe, an der Studie teilzunehmen, sind – nicht überraschend – als erstes „Energie sparen“ zu wollen, zweitens aber – schon eher überraschend – „Unterstützung der Forschung“, und drittens „Technisches Interesse“.

Tabelle 2: Gründe zur Teilnahme an der Studie³⁰

Grund	Gewichtung				Angabe fehlt
	Sehr	Eher	Eher nicht	Nicht	
Energie sparen	12	2	1	-	-
Unterstützung der Forschung	10	4	1	-	-
Technisches Interesse	9	4	2	-	-
Informationsveranstaltung	4	4	1	3	3
Honorierung	1	5	8	1	-

Den Aufbau des Systems schätzte zwar die Mehrheit (4 „trifft zu“, 5 „trifft eher zu“) als „aufwändig“ ein, allerdings bestätigten 14 von 15 (bei einer fehlenden Angabe), dass es dabei „keine Probleme“ gegeben habe. Noch einfacher gestaltete sich der Abbau, den wiederum 14 (bei einer fehlenden Angabe) für problemlos einstufen, und auch weit überwiegend (9) als nicht aufwändig wahrnahmen.

²⁹ Frage: „Würden Sie ein Power Saver System anschaffen, wenn es Strom im Ausmaß von .. € des Jahresbedarfs einspart?“

³⁰ Frage: „Welche Gründe waren ausschlaggebend um bei der Studie mitzuwirken?“

Das hat eindeutig mit der Vorgangsweise des Fachpersonals zu tun: Alle 15 fühlten sich „für den Betrieb ausreichend geschult“ und heben die ausgezeichnete Information und Betreuung hervor. Unter den positiven Statements findet sich auch der für Akzeptanz wichtige Hinweis, dass „genügend Zeit für wiederholte Erläuterungen“ war.

Ungenau und wenig aussagekräftig sind Auskünfte zu der Frage „Wie oft haben die einzelnen Personen vergessen den Tag in den Aktivitätszonen zu tragen? [bzw: Wie oft wurde der Tag außerhalb der Aktivitätszonen, sowie außerhalb des Haushalts getragen?] Wie viele Stunden waren dies in Summe je Person?“ Diese Fragestellungen waren zu komplex, um in Kürze und frei formuliert genau beantwortet zu werden. Es zeigt sich hier die weiter oben (Box 2) dokumentierte Schwierigkeit konkreter Angaben über Konsumverhalten. Die Angaben zum Vergessen in den Aktivitätszonen reichen von „weiß nicht“, „nie“, „ein paar Mal“ über manche Minutenangaben (etwa „30 Minuten pro Person“) bis zu „5 Stunden“. In Anbetracht der Gesamtdauer des Versuchs kann aber trotz der überwiegend vagen Angaben in Summe gesagt werden, dass jedenfalls ‚ziemlich wenig‘ darauf vergessen wurde, den Tag in den Aktivitätszonen zu tragen. Etwas weiter sind die Spannbreiten der Angaben zum Tragen des Tags außerhalb der Aktivitätszonen (von 0 bis 10 Stunden, oder 5 Stunden pro Person), sowie zum Tragen außerhalb des Haushalts: Auch diesbezüglich sind die Angaben ungenau, reichen aber auch hier von „nie“ bis „10 h pro Person“ oder auch „15h für alle im Haushalt“; einmal wurde „meistens“ genannt, von einer anderen Familie „ein paar Mal die Kinder“. Das Tragen des Tags war aber somit jedenfalls nicht nur auf die Aktivitätszonen beschränkt; die Mitnahme in den Alltag außerhalb stellt anscheinend kein Problem dar.

Die notwendige Kabelverlegung empfanden vier der Beteiligten als (ästhetischen) Störfaktor, sechs nicht; vier betrachteten es mit manchen Einschränkungen (wie „auf die Dauer wäre das nichts“) als eher nicht störend (eine fehlende Angabe). Auf die Frage „Fühlten Sie sich durch Power Saver eingeschränkt?“ antworten 13 mit „nein“, nur zwei mit „ja“. Insgesamt kann daher gesagt werden, dass das System insgesamt in der Praxis des konkreten Feldversuchs sehr gut angenommen wurde

Von den verschiedenen Formen, den Tag am Körper zu tragen, erhält die in der Erprobung verwendete Form des Tragens am Handgelenk die größte Zustimmung.

Tabelle 3: Bevorzugte Formen beim Tragen des Tags³¹

Form / Ort	Akzeptanz / Zustimmung				Angabe fehlt
	Gut	Eher gut	Eher nicht gut	Nicht gut	
Handgelenk	5	7	3	-	-
Kleidung	3	5	4	3	-
Schuh	2	3	3	7	-
Bein	2	-	8	5	-
Oberarm	1	2	4	8	-
Kopf	1	-	1	13	-
Einfache Sensorausführung	8	3	1	-	3
Zweifache Sensorausführung	1	2	5	4	3

Was die Größe (Tab. 4), das Gewicht und die Ladefrequenz des Sensors betrifft, so ist das ein Spiegelbild der Erwartungen an Mobiltelefone: Möglichst klein, leicht, und selten aufladen sind Kriterien für den gewünschten Sensor.

Tabelle 4: Erwünschte Sensorgröße

Größe	Akzeptanz: „Welche Sensorgröße würden Sie akzeptieren?“			
	Ja	Eher ja	Eher nein	Nein
3x3x1 cm (Armbanduhr)	12	3	-	-
10x5x1,5 cm (Mobiltelefon)	-	3	6	6
100x4x0,5 cm (Gürtel)	1	2	4	8
7x7x7 cm (Rubiks Cube)	1	-	6	8

Das Wunschgewicht liegt eindeutig bei 70g (14 Befürworter); nur eine Familie würde auch 120g akzeptieren. Höhere Gewichte finden keine Zustimmung. Bei der Ladefrequenz ist die Bandbreite größer, aber klar favorisiert wird Aufladen nur einmal pro Woche (7 Nennungen), gefolgt von 3-5 Tage (5), 2 Tage (1); immerhin 2 würden das Aufladen jeden Tag akzeptieren.

³¹ Frage: „Der Power Saver ist am Handgelenk befestigt. Welche Formfaktoren würden Sie für den körpergetragenen Tag akzeptieren?“

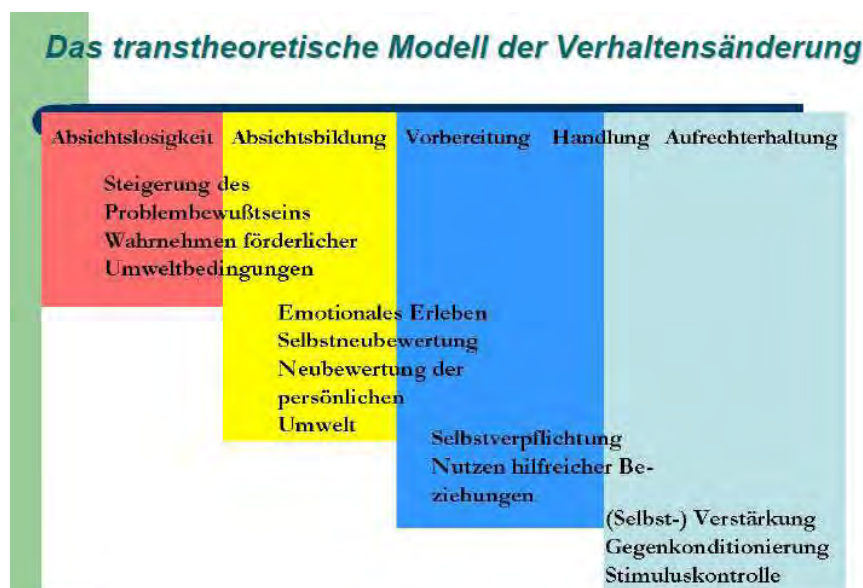
Auf Standby-Verluste achteten durch die Anwesenheit von Power Saver nur 5 mehr, 10 verneinten diese Frage. Hier kann nicht entschieden werden, ob dies ein ‚halb volles‘ oder ein ‚halb leeres Glas‘ ist: ‚Halb voll‘ würde heißen, dass immerhin fünf zur genaueren Beachtung der Standby-Verluste angeregt wurden (die anderen vielleicht nur noch nicht); die Interpretation ‚halb leer‘ würde lauten: 10 von 15 verlassen sich auf die Technik und zeigen keine Absicht zur genaueren Wahrnehmung oder gar zur Änderung des Verhaltens.

5.4 Förderung der Akzeptanz von Power Saver und des Energiesparens

Weiter führende Strategien müssen darauf aufbauen, dass es sich bei einem solchen System – auch wenn es selbst nicht direkt auf Verhaltensänderung abzielt – ein *sozio-technisches* System ist. Es geht darum, die Balance zwischen technischen Funktionen, sozialen Bedürfnissen und Rahmenbedingungen zu finden. Auch ‚Akzeptanz‘ selbst, nämlich die Bereitschaft, sich mit einer neuen Technologie auseinander zu setzen, sie – im wahrsten Sinn des Wortes – an sich heran zu lassen, *ist eine Verhaltensänderung*; und zwar ganz besonders eine Änderung von Gewohnheiten, die nicht ohne Grund und üblicherweise nur langsam aufgegeben werden.

Entscheidend ist dabei, dass es nicht nur um faktische Information, sondern vor allem um Strategien geht, die über *emotionales Erleben* zu *Selbstverpflichtung* und letztlich einer *Absicherung des neuen Verhaltens* führen.

Abbildung 34:



Quelle: Klotter 2008

Motivation zum Energiesparen braucht eine Verbindung von kognitiv-affektiven mit verhaltenorientierten Strategien, die über mehrere Stufen entwickelt werden müssen. Klotter (2008) gibt hier – entwickelt am Beispiel von Motivationen zu Gesundheit förderndes Verhalten – anschauliche Beispiele für mögliche Vorgangsweisen (Box 3). Diese können zu gutem Teil direkt ‚übersetzt‘ werden in Verhalten zum Energiesparen.

Box 3: Ansatzpunkte – Methoden – Strategien zur Förderung von Verhaltensänderungen:

„1.) Kognitiv-affektive Strategien

Steigern des Problembewusstseins: ‚Gezielte Rückmeldung zum Problemverhalten; Aufklärung; Konfrontation; Anbieten alternativer Interpretationen; Vermitteln von Information.‘ (Keller et al. 2001, S. 106)

Emotionales Erleben: ‚Rollenspiele; Formulieren von persönlicher Betroffenheit; Medien, die emotionale Aspekte in den Vordergrund rücken.‘ (ebd. S. 106)

Neubewertung der persönlichen Umwelt ‚Fördern von Empathie; Führen von Tagebüchern oder Protokollen; Fördern der Kommunikation mit Personen des unmittelbaren Umfeldes.‘ (ebd. S. 106)

Selbstneubewertung: ‚Reflexion der persönlichen Wertvorstellungen; Orientierung an Modellpersonen; Vorstellungsübungen.‘ (ebd. S. 106)

Wahrnehmen förderlicher Umweltbedingungen: ‚Lenken der Aufmerksamkeit auf sich ändernde günstige soziale Normen; Identifizieren von Bedingungen oder Personen, die das Zielverhalten begünstigen.‘ (ebd. S. 106)“

„2.) Verhaltensorientierte Strategien

Selbstverpflichtung

‚Öffentliches Bekunden der Änderungsabsicht; Verbinden der Änderungsabsicht mit bestimmten Ankerpunkten; Aufsetzen eines Vertrages.‘ (ebd. S. 106)

Kontrolle der Umwelt

‚Analyse von auslösenden Bedingungen und Reiz-Reaktionsmustern; Aufstellen eines Planes zur aktiven Umgestaltung der persönlichen Umwelt.‘ (ebd. S. 106)

Gegenkonditionierung

‚Identifizieren problematischer Verhaltensweisen; Sensibilisierung für Versuchungssituationen; Erarbeiten von alternativen Kognitionen und Verhaltensweisen.‘

(ebd. S. 106)

Nutzen hilfreicher Beziehungen

‚Exploration des sozialen Netzes; Übungen zur Förderung von Kommunikations- und sozialen Kompetenzen (Rollenspiele); Übungen zum Aufbau von Beziehungen.‘ (ebd. S. 106)

- mit Freunden ausmachen, in Krisen- oder Versuchungssituationen anrufen zu können

- üben: Hilfe anzufordern

(Selbst-) Verstärkung

‚Vermitteln des Konzeptes operanter Lernmechanismen; Identifizieren von persönlich relevanten Verstärkern; Erarbeiten eines Verstärkerplanes.‘ (ebd. S. 106)

- für jeden sind andere Verstärker relevant, individuellen Plan erarbeiten, trial and error

Motivation zur Verhaltensänderung wird deutlich einfacher, wenn ein jeder Mensch die Wahl hat wie viel Gesundheit er haben will“

(...) ... *wie viel Energie er einsparen will. (erg. J.H.)*

Auch Öffentlichkeitsarbeit, Publikationen und Werbung für Power Saver muss dem Umstand Rechnung tragen, dass es sich nicht nur um ein ‚rein technisches‘ Produkt, sondern eben um ein sozio-technisches System handelt:

„Energie beim Wohnen ist mehr als Strom und Kilowatt, beginnt schon mit der frühen Wärmeerfahrung des Menschen und hat mit Wohlbefinden und Sicherheit zu tun, nicht mit Heizgradtagen. Intellektuelle Energie-PR steht da einfach auf dem falschen Fuß.

Das Projektteam empfiehlt drei Punkte zur Verbesserung von Energie-PR:

- 1. Emotionale Beziehung** – Energielösungen müssen Markenqualität haben und langfristige Beziehungen ermöglichen. Gütesiegel, Module sind zu unverbindlich.
- 2. Alltägliche Realität** – Produkte müssen im Alltag der Nutzer Sinn ergeben. Vor- und Nachteile bestimmter Lösungen sind in alltäglicher Sprache zu erklären.
- 3. Soziale Verankerung** – Energielösungen stehen in sozialen Zusammenhängen. Diese sind mitzudenken. Was werden die Nachbarn, die Freunde sagen?“

(Keul 2002, 4)

Quellenverweise

- Arthur, Brian W. (1984): Competing technologies and Economic Prediction. In: IIASA Options 2/84. Laxenburg: IIASA.
- Bauer, M. (ed.), (1995): Resistance to new technology. Nuclear power, information technology and biotechnology. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Beniger, James (1986): The Control Revolution. Technological and Economic Origins of the Information Society. Cambridge/Mass.: Harvard University Press.
- Cas, Johann (2008): Datenschutz bei Pervasive Computing im Gesundheitswesen. In: Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis; 17. Jg., Nr. 1. Karlsruhe: ITAS (S. 57-65).
- Cas, Johann (2011): Ubiquitous computing, privacy and data protection: Options and limitations to reconcile the unprecedented contradictions. In: Gutwirth et al. (ed.), Privacy and Data Protection. An Element of Choice. Berlin: Springer. (forthcoming)
- Chesbrough, H. (2003): Open innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Cambridge/Mass.: Harvard Business School Press.
- CHIP Communications (2008): CHIP-Studie „Energiesparen in Deutschland“. München: CHIP Marktforschung.
- Durkheim, Emile (1984 [1895]): Regeln der soziologischen Methode. Neuwied – Berlin: Luchterhand.
- EK/Europäische Kommission (1994): Europe and the Global Information Society („Bangemann Report“). Brüssel: EK
- Elias, Norbert (1978): Was ist Soziologie? München: Juventa.
- EPTA/European Parliamentary Technology Assessment Network (2006): ICT and Privacy in Europe. Experiences from technology assessment of ICT and Privacy in seven different European countries. Strasbourg: European Parliament.
- Franke, N./von Hippel, E./Schreier, M. (2006): Finding commercially attractive user innovations: A test of lead user theory. Journal of Product Innovation Management 23/4 (pp. 301-315).
- Galbraith, Kenneth (1999 [1958]): The Affluent Society. Updated with a New Introduction by the Author. London: Penguin Books.
- Gazsó, André (2010): Mensch und Maschine. Beitrag zur Präsentation der SORA/Telekom Studie „Leben auf Knopfdruck. Wie viel Technologie wollen die ÖsterreicherInnen? Wien: ITA
- Gloede, Fritz (2005): Technikakzeptanz als Gegenstand wissenschaftlicher und politischer Diskussion. In: Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis; 14. Jg., Nr. 3. Karlsruhe: ITAS (S. 4-12).
- Hensel, Matthias (1990): Die Informationsgesellschaft. Neuere Ansätze zur Analyse eines Schlagwortes. München: Reinhard Fischer.
- International Energy Agency (2008): Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios and Strategies to 2050. Paris: IEA.
- Karmasin Motivforschung (2008): Motivforschung zu umweltgerechtem Verhalten in Zusammenhang mit Energieeffizienz. Wien: Karmasin.
- Katz, E./Lazarsfeld, P. (1955): Personal Influence. New York: The Free Press.
- Katz, Elihu (1973): The two-step flow of communication: an up-to-date report of an hypothesis. In: Enis and Cox(eds.), Marketing Classics (pp. 175-193).
- Keul, Alexander (2002): Psychologie und Energie-PR. Energiesparen als optimale Vermittlung nachhaltigen Bauens und Wohnens? Wien: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 14.
- Klotter, Christoph (2008): Motivation zur Verhaltensänderung. Wien: Fonds Gesundes Österreich, 10. Österreichische Präventionstagung. <http://www.fgoe.org/veranstaltungen/fgoe-konferenzen-und-tagungen/archiv/10-osterreichische-praeventionstagung-zum-thema-201eherz-kreislauf-gesundheit201c>
- Laursen, K., Salter, A. (2006): Open for innovation: The role of openness in explaining performance among UK manufacturing firms. Strategic management Journal 27 (pp. 131-150).

- Mert, Wilma, et al. (2008): Consumer acceptance of smart appliances. A report prepared as part of the EIE project „Smart Domestic Appliances in Sustainable Energy Systems (Smart-A)“. Graz: IFZ
- Noll, Heinz-Herbert/Weick, Stefan (2011): Schichtzugehörigkeit nicht nur vom Einkommen bestimmt. In: Informationsdienst Soziale Indikatoren, ISI 45: GESIS (S. 1-7).
- OECD (2008a): Costs of Inaction on Key Environmental Challenges. Paris: OECD.
- OECD (2008b): Open Innovation in Global Networks. Paris: OECD.
- OECD (2010): The OECD Innovation Strategy. Getting a Headstart in Tomorrow. Paris: OECD.
- Parsons, Talcott (1976 [1951]): Zur Theorie des Sozialsystems. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Rathkolb, Oliver (2005): Die paradoxe Republik. Österreich 1945 – 2005, Wien: Paul Zsolnay Verlag.
- Reiterer, Albert (2003): Gesellschaft in Österreich. Struktur und sozialer Wandel im globalen Vergleich. Wien: WUV Universitätsverlag.
- Renn, Ortwin (2005): Technikakzeptanz: Lehren und Rückschlüsse der Akzeptanzforschung für die Bewältigung des technischen Wandels. In: Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis; 14. Jg., Nr. 3. Karlsruhe: ITAS (S. 29-38).
- Renn, O./Zwick, M. (1995): Risiko- und Technikakzeptanz. Berlin: Springer.
- Rogers, Everett M. (2003 [1962]): Diffusion of Innovations. The Free Press, paperback edition: New York.
- Schivelbusch, Wolfgang (2000): Geschichte der Eisenbahnreise. Zur Industrialisierung von Raum und Zeit im 19. Jahrhundert. Frankfurt/M.: Fischer TB.
- Sennett, Richard (1998): Der Verfall des öffentlichen Lebens. Die Tyrannei der Intimität. Frankfurt/Main: S.Fischer.
- Simmel, Georg (1903): Die Großstädte und das Geistesleben. In: Thomas Petermann (Hg.), Die Großstadt. Vorträge und Aufsätze zur Städteausstellung. Dresden: Gehe Stiftung. (S. 185-206)
- SORA (2010): Leben auf Knopfdruck. Wie viel Technologie wollen die ÖsterreicherInnen? Studie im Auftrag der Telekom Austria Group. Wien: SORA
- Stehr, Nico (1994): Knowledge Societies. London: Sage
- Terkessidis, Mark (2010): Interkultur. Berlin: edition Suhrkamp.
- Torgersen, Helge (2005): Wozu Umfragen? Über die Rolle der Eurobarometerumfragen in der Kontroverse über die Nutzung der Gentechnik. In: Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis; 14. Jg., Nr. 3. Karlsruhe: ITAS (S. 20-29).
- von Hippel, Eric (2001): Innovation by User Communities. Learning from Open Sources Software. MIT Sloan Management Review, Vol 42/4 (pp. 82-86).
- Wegscheider-Pichler, Alexandra (2009): Strom- und Gastagebuch 2008. Strom- und Gaseinsatz sowie Energieeffizienz österreichischer Haushalte. Wien: Statistik Austria
- Zapf, Wolfgang (2003): Sozialer Wandel. In: Schäfers, B. (Hg.): Grundbegriffe der Soziologie, Opladen: Westdeutscher Verlag (S. 427-433).



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 4.2 – Fragebogenvorlage zur qualitativen Bewertung des PowerSaver Systems durch Haushaltsbewohner

2011-01-31

BenutzerInnenbefragung zur Technologieakzeptanz in der Power Saver Feldstudie

Name:

Adresse:

Der folgende Fragebogen wird in Form einer mündlichen Befragung mit einem Mitarbeiter des Power Saver Projektes ausgeführt:

- Hierfür wird eine Zeit von ca. 20 min veranschlagt.
- Beantworten Sie möglichst alle Fragen - davon hängt die Qualität der Auswertung ab.
- Sollte eine Frage nicht zutreffen, bitte diese auslassen.
- Alle Daten werden anonymisiert erfasst und nicht an Dritte weitergegeben.

☐ ZUTREFFENDES ANKREUZEN!

Fragenkomplexe

1. Allgemeine Fragen zur Technologieakzeptanz
2. Energiesparpotential und -maßnahmen
3. Power Saver – Installation und Verwendung von Power Saver im Haushalt
4. Power Saver – Der ideale Power Saver (design, form factor, willing to do for it if available)
5. Power Saver – Technologiefolgeabschätzung (Social Impact, acceptance, health issues)

1. Allgemeine Fragen zur Technologieakzeptanz

Der Haushalt ist bezüglich der Verwendung neuer Technologien aufgeschlossen?

☐ Trifft zu ☐ Trifft eher zu ☐ Trifft eher nicht zu ☐ Trifft nicht zu

Haben Sie ein Netzwerk/Internet in ihrem Haushalt?

☐ Kabelgebunden ☐ Drahtlos ☐ Nein

Wenn nein, warum nicht?

Welche Informations- und Kommunikationstechnologie haben Sie im Haushalt?

- | | |
|---|---|
| ☐ Spiele-Konsole / Media Player | ☐ MP3 Player |
| ☐ PC | ☐ Smart Phone (e.g. iPhone) |
| ☐ Notebook | ☐ Beamer |
| ☐ HD-TV | ☐ Gebäudesteuerungssystem |
| ☐ Navigationsgerät | ☐ IP-TV |
| ☐ Router/Switch | ☐ Video/DVD/HD-Recorder |

Welche Informations- und Kommunikationsservices nutzen Sie im Haushalt?

- | | |
|---------------------------------------|--|
| ☐ Telearbeit | ☐ Videokonferenz /IP-Telefonie (Skype) |
| ☐ Online-Spiele | ☐ Mobile Inhalte (App-Store) |
| ☐ Video on Demand | ☐ Mobile Bluetooth-Datenübertragung |
| ☐ Webserver | |

Lesen Sie die Bedienungsanleitung zu neuen Elektrogeräten?

☐ Ja ☐ Nein

Wieviele Funktionen nutzen Sie bei folgenden Geräten?

	1	2	3-4	>4
Videorecorder – Programmierung	☐	☐	☐	☐
Kaffeemaschine – Anzahl Knöpfe	☐	☐	☐	☐
TV – Hauptprogramme	☐	☐	☐	☐
Heizung – Regelungsstufen	☐	☐	☐	☐
PC Verwendung (Arbeit, Gaming, Video, etc.)	☐	☐	☐	☐

2. Energiesparpotential und -maßnahmen

Sind sie mit Energiesparmaßnahmen vertraut?

- ☐ bauliche Maßnahmen
☐ Verhaltensregeln
☐ Heizungssteuerung

- ☐ sonstige:
☐ keine

Wenn ja, welche Maßnahmen sind dies im Detail?

Welche Geräte in Ihrem Haushalt verfügen über einen Stromsparmodus und nutzen sie diesen?

	Ja	Nein	Nutzung des Stromsparmodus
Beleuchtung	☐	☐	☐
TV / Unterhaltungselektronik	☐	☐	☐
Spül- und Waschmaschinen	☐	☐	☐
Kühl- und Gefriergeräte	☐	☐	☐
Heizung	☐	☐	☐
Herd	☐	☐	☐
Warmwasseraufbereitung	☐	☐	☐
PC	☐	☐	☐
Kaffeemaschine	☐	☐	☐

Bei welchen Verbrauchern im Haushalt könnte ihrer Meinung nach durch eine intelligente Steuerung Energie eingespart werden?

	Viel	Einiges	Wenig	Nichts
Beleuchtung	☐	☐	☐	☐
TV / Unterhaltungselektronik	☐	☐	☐	☐
Spül- und Waschmaschinen	☐	☐	☐	☐
Kühl- und Gefriergeräte	☐	☐	☐	☐
Heizung	☐	☐	☐	☐
Herd	☐	☐	☐	☐

Warmwasseraufbereitung	☐	☐	☐	☐
PC	☐	☐	☐	☐
Kaffeemaschine	☐	☐	☐	☐
3. Installation und Verwendung von Power Saver im Haushalt				
Welche Gründe waren ausschlaggebend um bei der Studie mitzuwirken?				
	Sehr	Eher	Eher nicht	Nicht
Technisches Interesse	☐	☐	☐	☐
Energiesparen	☐	☐	☐	☐
Unterstützung der Forschung	☐	☐	☐	☐
Honorierung	☐	☐	☐	☐
Infoveranstaltung	☐	☐	☐	☐
Der Aufbau des Systems war aufwendig.				
☐ Trifft zu ☐ Trifft eher zu ☐ Trifft eher nicht zu ☐ Trifft nicht zu				
Gab es Probleme beim Aufbau?				
Der Abbau des Systems war aufwendig.				
☐ Trifft zu ☐ Trifft eher zu ☐ Trifft eher nicht zu ☐ Trifft nicht zu				
Gab es Probleme beim Abbau?				
Fühlten Sie sich vom Fachpersonal für den Betrieb ausreichend geschult? ☐ ja ☐ nein				
Wenn ja , warum?				

Wie oft haben die einzelnen Personen vergessen den *Tag* in den Aktivitätszonen zu tragen? Wie viele Stunden waren dies in Summe pro Person?

Wie oft haben einzelnen die Personen den *Tag* außerhalb der Aktivitätszonen im Haushalt getragen? Wie viele Stunden waren dies pro Person?

Wie oft haben die einzelnen Personen den *Tag* außerhalb des Haushalts getragen? Wie viele Stunden waren dies pro Person?

Würden Sie eine dauerhafte Verkabelung unter dem Boden akzeptieren?

☐ ja ☐ nein

War die Kabelverlegung ein ästhetischer Störfaktor?

4. Der ideale Power Saver

Der Power Saver ist am Handgelenk befestigt. Welche Formfaktoren würden Sie für den körpergetragenen *Tag* akzeptieren?

	Gut	eher gut	Eher nicht gut	Nicht gut
☐ Bein	☐	☐	☐	☐
☐ Schuh	☐	☐	☐	☐
☐ Handgelenk	☐	☐	☐	☐
☐ Oberarm	☐	☐	☐	☐
☐ Kopf	☐	☐	☐	☐
☐ Kleidung	☐	☐	☐	☐
☐ Einfache Sensorausführung	☐	☐	☐	☐
☐ Zweifache Sensorausführung	☐	☐	☐	☐

Welche Sensorgröße würden sie akzeptieren?

	Ja	Eher ja	Eher nein	Nein
3 x 3 x 1 cm (Armbanduhr)	☐	☐	☐	☐
10 x 5 x 1,5 cm (Mobiltelefon)	☐	☐	☐	☐
7 x 7 x 7 cm (Rubiks Cube)	☐	☐	☐	☐
100 x 4 x 0,5 cm (Gürtel)	☐	☐	☐	☐

Welches Sensorgewicht würden Sie akzeptieren

☐ 70g (Armbanduhr) ☐ 120g (Mobiltelefon) ☐ 200g ☐ >200g

Wie oft würden Sie das Aufladen akzeptieren?

☐ Jeden Tag ☐ 2 Tage ☐ 3-5 Tage ☐ Jede Woche

Wieviel Energie könnte man ihrer Einschätzung nach durch Power Saver einsparen?

Würden Sie ein Power Saver System anschaffen, wenn es Strom im Ausmaß von € des Jahresbedarfs einspart?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| ☐ Bis 10 € | ☐ Bis 40 € |
| ☐ Bis 20 € | ☐ Bis 50 € |
| ☐ Bis 30 € | ☐ ab 60 € |

Achten Sie mehr auf Standby-Verlust durch die Präsenz von Power Saver?

☐ ja ☐ nein

Könnten Sie sich vorstellen Power Saver auch in Zukunft zu verwenden?

☐ ja ☐ nein

5. Technologiefolgeabschätzung

Fühlten Sie sich durch Power Saver eingeschränkt?

☐ ja ☐ nein

Wenn ja, warum?

Gab es im Vorfeld gesundheitliche Bedenken gegen Power Saver?

☐ ja ☐ nein

Wenn ja, welche?



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 4.3 – Fragebogenvorlage zur Beschreibung des Haushalts

2011-01-31



UNIVERSITÄT LINZ
Institut für Pervasive Computing

Univ. Prof. Dr. Alois FERSCHA

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 2468 8555

Fax: +43 (732) 2468 8426

ferscha@soft.uni-linz.ac.at

<http://pervasive.jku.at>

<http://www.jku.at>

<<VOR- UND ZUNAME>>

<<STRASSE>>

<<POSTLEITZAHL/ORT>>

Power Saver – Weiterführende Information

Linz, 14.12.2009

Sehr geehrte Damen und Herren!

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme an der Power Saver Informationsveranstaltung und das Interesse an der Feldstudie. Um ein genaueres Bild über den Energiebedarf Ihres Haushalts bekommen zu können, benötigen wir für die finale Auswahl weiterführende Informationen.

Wir würden uns freuen, wenn sie uns bei unserer Forschungsarbeiten unterstützen und übersenden wie telefonisch vereinbart den beiliegend Fragebogen. Ihre Daten werden anonymisiert erfasst und vertraulich behandelt. Eine Weitergabe an Dritte ist ausgeschlossen und wir garantieren, dass diese ausschließlich zu Forschungszwecken verwendet werden.

Bitte senden Sie den ausgefüllten Fragebogen innerhalb einer Woche mit dem beiliegenden Antwortkuvert an uns zurück. Vielen Dank für Ihre Unterstützung. Wir sind gerne für Rückfragen erreichbar unter

Gerald Holl	+43-732-2468-1431
Jakob Doppler	+43-732-2468-1341
E-Mail	powersaver@pervasive.jku.at
Website	http://www.powersaver.at

Mit freundlichen Grüßen

Univ. Prof. Dr. Alois FERSCHA

Institut für Pervasive Computing
Johannes Kepler Universität Linz
Altenberger Straße 69
4040 Linz

Erhebung zum Strombedarf im Haushalt und der Nutzung von Haushaltsgeräten Für Forschungszwecke

- Bitte füllen Sie den Fragebogen aus. Hierfür sollten Sie eine Zeit von ca. 30 min veranschlagen.
- Die detaillierten Fragen gehen auf Ihre spezielle Haushaltssituation ein.
- Beantworten Sie möglichst alle Fragen - davon hängt die Qualität der Auswertung ab.
- Trifft eine Frage nicht auf Sie zu, lassen Sie diese Position aus.

☐ ZUTREFFENDES ANKREUZEN!

Allgemeine Informationen zum Haushalt	
Wie viele Personen leben ständig in Ihrem Haushalt?	Erwachsene: Kinder: (<14Jahre) (>14 Jahre)
Davon sind berufstätig?	Vollzeit: Teilzeit:
Personen im Ruhestand?	
Kategorie des Haushalts:	☐ Einfamilienhaus ☐ Zweifamilienhaus ☐ Wohnung in Wohnhausanlage ☐ Sonstiges:
Wie würden Sie Ihre Wohngegend beschreiben?	☐ städtisch ☐ ländlich
Gebäude, Elektrische Warmwasserbereitung und Heizung	
Wohnnutzfläche: m ²	
Erfolgt die Warmwasserbereitung elektrisch?	☐ Elektroboiler (mehr als 60 Liter) ☐ Durchlauferhitzer ☐ Kleinspeicher(kleiner als 60 Lit) ☐ Nein

Verfügen Sie über eine elektrische Raumheizung?	☐ Strom (keine Wärmepumpe) ☐ Wärmepumpe ☐ Nein																				
Installierte Klimageräte?	☐ Klimaanlage ☐ Kontrollierter Wohnraumlüftung ☐ Nein																				
Letzter Jahresstromverbrauch: kWh Hier bitte die gesamte Strommenge (Geräte, Licht, Warmwasser, Heizung, Wärmepumpe, Sauna, ...) angeben. Sind mehrere Stromzähler vorhanden, bitte einzelne Stromverbräuche bzw. Stromkosten.																					
Haushaltsgeräte																					
Installierte Haushaltsgeräte und deren Nutzung: Bei den Fragen haben Sie bitte auch Mut zum Schätzen. <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">Typische Nutzinhaltsgößen:</td> <td style="width: 20%;">Einbaukühlgerät</td> <td style="width: 20%;">120 – 160 Liter</td> <td style="width: 20%;">Gefriertruhen</td> <td style="width: 10%;">160 – 200 Liter</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Standgeräte 1-türig</td> <td>100 – 140 Liter</td> <td>Gefrierschrank</td> <td>140 – 200 Liter</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Standgeräte 2-türig</td> <td>160 – 220 Liter</td> <td>Gefrierbox</td> <td>35 – 50 Liter</td> </tr> </table>		Typische Nutzinhaltsgößen:	Einbaukühlgerät	120 – 160 Liter	Gefriertruhen	160 – 200 Liter		Standgeräte 1-türig	100 – 140 Liter	Gefrierschrank	140 – 200 Liter		Standgeräte 2-türig	160 – 220 Liter	Gefrierbox	35 – 50 Liter					
Typische Nutzinhaltsgößen:	Einbaukühlgerät	120 – 160 Liter	Gefriertruhen	160 – 200 Liter																	
	Standgeräte 1-türig	100 – 140 Liter	Gefrierschrank	140 – 200 Liter																	
	Standgeräte 2-türig	160 – 220 Liter	Gefrierbox	35 – 50 Liter																	
☐ Kühlschrank / Kombiger. weitere Kühlschränke	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <th style="text-align: left; border: none;">Nutzinhalt</th> <th colspan="4" style="text-align: left; border: none;">Alter des Geräts</th> </tr> <tr> <td style="border: none;">..... </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0 - 5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5 - 10</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">10 - 20</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">> 20</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">..... </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0 - 5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5 - 10</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">10 - 20</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">> 20</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">..... </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0 - 5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5 - 10</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">10 - 20</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">> 20</td> </tr> </table>	Nutzinhalt	Alter des Geräts					0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20		0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20		0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Nutzinhalt	Alter des Geräts																				
.....	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20																	
.....	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20																	
.....	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20																	
☐ Gefrierschrank/-truhe weitere Gefriergeräte	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">..... </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0 - 5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5 - 10</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">10 - 20</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">> 20</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">..... </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0 - 5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5 - 10</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">10 - 20</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">> 20</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">..... </td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0 - 5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5 - 10</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">10 - 20</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">> 20</td> </tr> </table>		0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20		0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20		0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20					
.....	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20																	
.....	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20																	
.....	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20																	
☐ Mikrowelle Gerätenutzung:	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Alter des Geräts:</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0 - 5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5 - 10</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">10 - 20</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">> 20</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> ☐ nahezu täglich ☐ 2-3 mal in der Woche ☐ sehr selten </td> <td colspan="4" style="border: none;">Nutzungsdauer: min / je Einsatz</td> </tr> </table>	Alter des Geräts:	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20	☐ nahezu täglich ☐ 2-3 mal in der Woche ☐ sehr selten	Nutzungsdauer: min / je Einsatz													
Alter des Geräts:	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20																	
☐ nahezu täglich ☐ 2-3 mal in der Woche ☐ sehr selten	Nutzungsdauer: min / je Einsatz																				
☐ E-Herd Gerätenutzung:	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Alter des Geräts:</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0 - 5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5 - 10</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">10 - 20</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">> 20</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> ☐ nahezu täglich ☐ 2-3 mal in der Woche ☐ am Wochenende </td> <td colspan="4" style="border: none;">Nutzungsdauer: min / je Einsatz</td> </tr> </table>	Alter des Geräts:	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20	☐ nahezu täglich ☐ 2-3 mal in der Woche ☐ am Wochenende	Nutzungsdauer: min / je Einsatz													
Alter des Geräts:	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20																	
☐ nahezu täglich ☐ 2-3 mal in der Woche ☐ am Wochenende	Nutzungsdauer: min / je Einsatz																				
☐ Geschirrspüler Gerätenutzung:	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Alter des Geräts:</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0 - 5</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">5 - 10</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">10 - 20</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">> 20</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"> ☐ nahezu täglich ☐ 2 – 3 mal in der Woche ☐ meistens am Wochenende </td> <td colspan="4" style="border: none;">Durchschnittliche Anzahl der Spülgänge: je Woche</td> </tr> </table>	Alter des Geräts:	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20	☐ nahezu täglich ☐ 2 – 3 mal in der Woche ☐ meistens am Wochenende	Durchschnittliche Anzahl der Spülgänge: je Woche													
Alter des Geräts:	0 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20																	
☐ nahezu täglich ☐ 2 – 3 mal in der Woche ☐ meistens am Wochenende	Durchschnittliche Anzahl der Spülgänge: je Woche																				
☐ Waschmaschine Durchschnittliche Anzahl an Waschgängen pro Woche im Sommer/Winter? / je Woche	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Baujahr</td> <td style="border: none;">Effizienzklasse : ☐ A+ ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D</td> </tr> </table>	Baujahr	Effizienzklasse : ☐ A+ ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D																		
Baujahr	Effizienzklasse : ☐ A+ ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D																				
☐ Wäschetrockner Durchschnittliche Anzahl der Trockengänge im Sommer/Winter: / je Woche	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Baujahr</td> <td style="border: none;">Effizienzklasse : ☐ A+ ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D</td> </tr> </table>	Baujahr	Effizienzklasse : ☐ A+ ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D																		
Baujahr	Effizienzklasse : ☐ A+ ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D																				

Bevorzugter Washtag?

Mo.	Di.	Mi.	Do.	Fr.	Sa.	So.
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

☐ keine bestimmte Aussage möglich
Beleuchtung

Welche Lampenarten haben Sie in Ihrem Haushalt eingesetzt?

	Anzahl		Anzahl
 ☐ Glühlampen		 ☐ Energiesparlampen	.....
 ☐ NV Halogenlampen (Spots)		 ☐ Leuchtstofflampen	.....
 ☐ HV Halogenlampen			

Wie viele Lampen davon befinden sich in den Räumen mit hohem Nutzungsgrad?

(Wohnzimmer, Küche, Esszimmer, Arbeitszimmer, ...)

Wie viele Lampen davon werden mit Dimmer helligkeitsgeregelt?

(Davon Touch Dimmer – Schalten durch berühren?)

Elektronikgeräte / Kleingeräte

Über welche Geräte verfügen Sie?

	Anzahl		Anzahl
☐ Fernseher		☐ Stereoanlage / HiFi	.....
☐ Bildröhre		☐ Spielkonsole	.....
☐ LCD		☐ Laptop	.....
☐ Plasma		☐ PC	.....
☐ Beamer		☐ Röhrenmonitor	.....
☐ SAT / DVB-T Receiver		☐ Flachbildschirm	.....
☐ Video Recorder		☐ Drucker	.....
☐ DVD- Player		☐ Scanner	.....
☐ Festplattenrecorder		☐ Elektrische Zahnbürste	.....
☐ Faxgerät			
☐ Anrufbeantworter			
☐ Schnurlos Telefon			
Weitere genutzte Geräte:			

Wie schätzen Sie die durchschnittliche tägliche Fernsehzeit aller TV-Geräte in Ihrem Haushalt ein?

Während der Woche: Stunden / je Tag

Am Wochenende: Stunden/ je Tag

Welche Aussagen treffen für Sie zu? Der Fernseher

- | | |
|--|---|
| ☐ läuft beim Bügeln | ☐ ist fast den ganzen Tag im Einsatz |
| ☐ ist meist bei Schlechtwetter an | ☐ wird im Sommer weniger oft genutzt, als im Winter |
| ☐ wird nur zu den Nachrichten aufgedreht | ☐ läuft hauptsächlich zwischen 18:00 – 22:00 |

Wie lange wird der PC genutzt?

Während der Woche: Stunden / je Tag

Am Wochenende: Stunden / je Tag

Was trifft in Hinsicht auf die Nutzung des Geräts für Sie zu?

- ☐ wird meist zum Internet surfen verwendet ☐ wird oft von den Kindern zum Spielen genutzt
☐ ist meist bei Schlechtwetter an ☐ berufliche Verwendung zu Hause
☐ dient nur zum Abfragen wichtiger Nachrichten ☐ sonstiges:

Verfügen Sie über einen Internetanschluss?

☐ Ja ☐ Nein durchschnittliche Nutzungsdauer: Stunden / je Tag
Elektro-Kleingeräte, Pflege, Heizung und Klima

Über welche Haushaltsgeräte verfügen Sie und wie oft nutzen Sie diese wöchentlich?

Zuordnung: oft4-5 mal in der Woche
 gelegentlich2-3 mal in der Woche
 selteneinmal oder weniger in der Woche
 nieweniger als einmal im Monat

	täglich	oft	gelegentlich	selten	nie
☐ Kaffeemaschine	☐ täglich	☐ gelegentlich	☐	☐	☐ nie
☐ Wasserkocher	☐	☐	☐	☐	☐
☐ Toaster	☐	☐	☐	☐	☐
☐ Tischgrill	☐	☐	☐	☐	☐
☐ Mixer	☐	☐	☐	☐	☐
☐ Staubsauger	☐	☐	☐	☐	☐
☐ Bügeleisen	☐	☐	☐	☐	☐
☐ Nähmaschine	☐	☐	☐	☐	☐
☐ Heizlüfter (Winter)	☐	☐	☐	☐	☐
☐ Luftbefeuchter	☐	☐	☐	☐	☐
☐ Haartrockner	☐	☐	☐	☐	☐

Weitere oft genutzte Geräte:

☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Sparmaßnahmen im Haushalt

Nehmen Sie Sparmaßnahmen beim Wasser vor?

☐ ja ☐ nein

- wenn ja:

(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ duschen statt baden
☐ beim Toilettenspülen Wasserspartaste betätigen
☐ Wassersparende Geschirrspülmaschine/spülgang
☐ Wassersparende Waschmaschinen-Programme
☐ Regenwasser nutzen, um Garten/Blumen zu gießen
☐ Wasch-/Geschirrspülmaschine voll ausnützen
 sonstiges:

Nehmen Sie Sparmaßnahmen bei Ihrer Heizung vor?

(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ nein, habe sie durchgehend angeschaltet (ohne jegliche Spareinstellungen)
- ☐ nein, ist automatisch auf Sparschaltung eingestellt
- ☐ ja, reduziere im Urlaub die Heizung auf ein Minimum
- ☐ ja, schalte sie manchmal ganz aus
- ☐ ja, reduziere die Raumtemperatur in wenig genutzten Räumen
- ☐ ja, senke sie über Nacht ab
- ☐ gedämmte Verteilleitungen
- ☐ regelmäßige Entlüftung der Heizkörper
- ☐ bei fossilen Energieträgern (Öl, Gas): Einsatz eines Brennwertgeräts

sonstiges:

Nehmen Sie Sparmaßnahmen beim Strom vor?☐ ja☐ nein

- wenn ja:

(Mehrfachantworten möglich)

- ☐ energiesparende Haushaltsgeräte (Kühlgeräte, Waschmaschine, ...)
- ☐ Energiesparlampen
- ☐ kein „Stand-by“-Verbrauch (schaltbare Steckdose)
- ☐ das Licht bei Verlassen des Raumes abdrehen

sonstiges:

Eine Steuereinheit bietet Ihnen die Möglichkeit Stromkosten aufgrund einer zeitlichen Verlagerung der Gerätenutzung von zwei Stunden einzusparen. Wie beurteilen Sie in diesem Zusammenhang Ihre Flexibilität hinsichtlich des ...

	Flexibilität				
	hoch				gering
Waschgangs	☐	☐	☐	☐	☐
Wäschetrocknens	☐	☐	☐	☐	☐
Geschirrspülens	☐	☐	☐	☐	☐
Kochens	☐	☐	☐	☐	☐

Angenommen der Anschaffungspreis für ein derartiges Steuergerät beläuft sich zwischen 150 – 200 €. Ab welcher Einsparung an Ihrem jährlichen Haushaltsstrombezug würden Sie das Gerät kaufen?

- ☐ Bis 10 €
- ☐ Bis 20 €
- ☐ Bis 30 €
- ☐ Bis 40 €
- ☐ Bis 50 €
- ☐ ab 60 €
- ☐ würde mir Gerät nicht zulegen

Abschließend bitte noch um einige Angaben zu Ihrer Person:

Ihr Name und Wohnort:

Ihr Geburtsjahrgang:

Geschlecht:

☐ weiblich☐ männlich



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 4.4 – Zusammenfassung der Fragebögen

2011-01-31

	Der Haushalt ist bezüglich der Verwendung neuer Technologien Haben Sie ein Netzwerk/Internet in ihrem Haushalt? Welche Informations- und Kommunikationstechnologie haben Sie im									
		Wenn nein, warum nicht?	Spiele-Konsole / Media Player	PC	Notebook	HD-TV	Navigations-gerät	Router/Switch	MP3 Player	Smart Phone (e.g. iPhone)
0-01-1102	Trifft zu	Kabelgebunden & Drahtlos	X	X	X			X	X	X
0-02-1111	Trifft eher zu	Drahtlos	X		X	X				
0-03-1111	Trifft zu	Kabelgebunden & Drahtlos		X	X			X		
0-04-1110	Trifft eher zu	Drahtlos		X	X		X	X		
0-05-1111	Trifft zu	Nein Brauchen wir nicht	X	X	X		X		X	
0-06-2200	Trifft zu	Drahtlos			X					
0-07-1111	Trifft zu	Kabelgebunden & Drahtlos		X	X		X	X	X	X
0-08-1102	Trifft zu	Kabelgebunden & Drahtlos		X	X	X				
0-09-1111	Trifft zu	Drahtlos Internet ist vorhanden, wird aber bis auf schulische Angelegenheiten eher wenig genutzt. Schule, Spiele, Musik	X		X				X	
0-10-1111	Trifft zu	Kabelgebunden		X	X	X		X	X	X
0-11-1110	Trifft zu	Kabelgebunden			X		X		X	
0-12-1111	Trifft zu	Kabelgebunden & Drahtlos			X	X		X		X
0-13-2200	Trifft zu	Kabelgebunden & Drahtlos	X	X	X	X		X	X	X
0-14-1102	Trifft zu	Kabelgebunden		X		X				
0-15-1111	Trifft zu	Kabelgebunden & Drahtlos		X		X	X	X	X	X

Allgemeine Fragen zur Technologieakzeptanz

Haushalt?				Welche Informations- und Kommunikationsservices nutzen Sie im Haushalt?							Lesen Sie die Bedienungsanleitung zu neuen Elektrogeräten?	Wieviele Funktionen /	
Beamer	Gebäudesteuersystem	IP-TV	Video/DVD/H D-Recorder	Telearbeit	Online- Spiele	Video on Demand	Webserver	Videokonferenz / IP- Telefonie (Skype)	Mobile Inhalte (App- Store)	Mobile Bluetooth- Daten- übertragung		Video- recorder – Programmierung	Kaffee- maschine – Anzahl Knöpfe
X			X	X			X				Nein	1	2
			X								Ja	2	1
											Ja	x	1
			X				X				Ja	>4	3-4
			X		X						Ja	>4	2
			X				X				Ja	>4	3-4
			X	X	X	X	X				Nein	2	2
			X				X				Nein	x	1
X			X		X			X			Ja	1	2
	X		X								Nein	1	2
			X							X	Ja	>4	
			X							X	Ja	2	1
			X				X		X	X	Ja	1	2
				X							Ja	x	x
			X		X		X			X	Ja	1	2

Nutzen Sie bei folgenden Geräten?			Sind sie mit Energiesparmaßen vertraut?							Welche Geräte in Ihrem Haushalt?		
TV – Hauptprogramme	Heizung – Regelungsstufen	PC Verwendung (Arbeit, Gaming, Video,etc.)	bauliche Maßnahmen	Verhaltensregeln	Heizungssteuerung	sonstige:	keine	Wenn ja, welche Maßnahmen sind dies im Detail?	Beleuchtung	TV / Unterhaltungselektronik	Spül- und Waschmaschinen	
>4	2	>4	x	x	x	x		Im Herbst bei warmen Wetter viel Lüften - wenn aber Fenster offen sind dann Heizung ausschalten. Energiesparlampen wo der Komfort es zulässt. Faffeemaschine sofort nach dem Kaffee abschalten. Fenster erneuert Stosslüftung. Nachtabsenkung. PC während Nutzungsunterbrechungen in den Ruzustand.	Ja & Nutzung des Stromspramodus	Nein	Ja & Nutzung des Stromspramodus	
2	1	2	x	x				Wärmedämmung, Stosslüften	Nein	Nein	Nutzung des Stromsparmodus	
2	2	1	x	x	x	x			Nein	Nein	Ja & Nutzung des Stromspramodus	
3-4	1	>4	x	x	x			1) Thermische Sanierung, Isolierung etc. 2) keine Standby-Modies, Waschmaschine nachts, Trockner kaum, Licht aus beim Verlassen des Raumes. 3) Thermostatsteuerung, Temperaturabweichung nachts	Nein	Nein	Ja & Nutzung des Stromspramodus	
>4	3-4	>4		x	x				Ja & Nutzung des Stromspramodus		Ja & Nutzung des Stromspramodus	
3-4	3-4	3-4		x				Stromsparmaßnahmen, Abschaltungen(kein StandBy, wenn möglich), Sparlampen	Ja & Nutzung des Stromspramodus		Ja & Nutzung des Stromspramodus	
>4	1	>4	x	x	x				Nein	Nein	Ja & Nutzung des Stromspramodus	
>4	x	2	x		x			Isolierung, Jalousien, Absenkbetrieb			Ja & Nutzung des Stromspramodus	
3-4	1	2			x				Nein	Ja	Nein	
>4	1	>4	x	x	x			Niedrigstenergie-Haus (unter 30KW), Bewegungsmelder Raum verlassen -> Licht aus! Luftwärmepumpe mit einer kontinuierlichen Wohnraumbelüftung.	Ja & Nutzung des Stromspramodus	Nein	Ja & Nutzung des Stromspramodus	
>4	>4	>4		x	x				Nein	Nein	Nein	
>4	1	2	x	x				Haus wurde nachträlich isoliert, Licht wird in Räumen in denen man sich nicht aufhält abgedreht.	Nein	Ja	Nein	
>4	>4	>4	x	x	x			Isolierung / Standby ausschalten, Licht ausschalten / Sparprogramme - Waschmaschine, Geschirrspüler, heizung	Nein	Ja & Nutzung des Stromspramodus	Ja & Nutzung des Stromspramodus	
3-4	3-4	3-4	x		x			Haus ist isoliert nach Umbau.	Nein	Nein	Ja	
>4	2	>4	x	x	x				Nein	Ja & Nutzung des Streomspramodus	Nein	

Energiesparpotential und -maßnahmen
alt verfügen über einen Stromsparmodus und nutzen sie diesen?
Bei welchen Verbrauchern im Haushalt könnte ihrer Meinung nach durch eine intelligente Steuerung Energie eingespart werden?

Kühl- und Gefriergeräte	Heizung	Herd	Warmwasseraufbereitung	PC	Kaffeemaschine	Beleuchtung	TV / Unterhaltungselektronik	Spül- und Waschmaschinen	Kühl- und Gefriergeräte	Heizung	Herd	Warmwasseraufbereitung	PC
Ja & Nutzung des Stromsparmodus		Nein	Nein	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Wenig	Wenig	Wenig	Wenig	Einiges	Nichts	Einiges	Einiges
Nutzung des Stromsparmodus	Nutzung des Stromsparmodus	Nein	Nein	Nutzung des Stromsparmodus	Nein	Viel	Einiges	Viel	Viel	Viel	Wenig	Einiges	Wenig
Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nichts	Wenig	Wenig	Einiges	Nichts	Nichts	Wenig	Wenig
(weiß nicht)	(weiß nicht)	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	(weiß nicht)	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Nein	Wenig	Einiges	Einiges	Einiges	Einiges	Einiges	Wenig	Wenig
				Ja & Nutzung des Stromsparmodus		Einiges	Einiges	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel
						Viel	Einiges	Viel	Viel	Einiges	Einiges	Viel	Einiges
Nein	Nein	Nein	Nein	Nutzung des Stromsparmodus	Nein	Einiges	Einiges	Einiges	Einiges	Einiges	Einiges	Einiges	Einiges
						Wenig	Wenig	Einiges	Einiges	Viel	Einiges	Viel	Wenig
Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel
Ja	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Nein	Nein	Viel	Nichts	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel	Nichts
Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	(keine)	Einiges	Wenig	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel
Nein	Nein	Nein	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Nein	Einiges	Wenig	Einiges		Wenig	Wenig	Viel	Wenig
Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Nein	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Ja & Nutzung des Stromsparmodus	Nein	Viel	Einiges	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel	Viel
	Ja			Nein		Viel	Einiges	Einiges	Viel	Viel	Einiges	Viel	Wenig
Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Viel	Einiges	Wenig	Wenig	Einiges	Wenig	Einiges	Viel

	Installation und Verwendung von I										
teuerung	Welche Gründe waren ausschlaggebend um bei der Studie mitzuwirken?					Der Aufbau des Systems war aufwendig?	Gab es Probleme beim Aufbau?	Der Abbau des Systems war aufwendig?	Gab es Probleme beim Abbau?	Fühlten Sie sich vom Fachpersonal für den Betrieb ausreichend geschult?	
Kaffee- maschine	Technisches Interesse	Energie- sparen	Unterstützung der Forschung	Honorierung	Info- veranstaltung						wenn ja, warum?
Wenig	Sehr	Sehr	Sehr	Eher nicht	Sehr	Trifft eher nicht zu	nein	Trifft eher nicht zu	nein	Ja	
Wenig	Eher	Sehr	Eher	Eher nicht	Eher	Trifft eher nicht zu	nein	Trifft nicht zu	nein	Ja	Gute Kompetenz
Nichts	Sehr	Eher nicht	Sehr	Nicht		Trifft zu		Trifft nicht zu		Ja	
Wenig	Sehr	Sehr	Sehr	Eher nicht	Sehr	Trifft eher zu	Aus unserer Sicht nicht	Trifft nicht zu	nein	Ja	Durch die lange Aufbauzeit gab es viel Gelegenheit für Informationen, Fragen & Erklärungen
Einiges	Eher nicht	Sehr	Sehr	Sehr	Nicht	Trifft zu	Nein		nein	Ja	Sie haben alles mit uns besprochen, was sie gemacht haben
Einiges	Sehr	Sehr	Sehr	Eher nicht	Sehr	Trifft zu	nein	Trifft eher zu	nein	Ja	genaueste Erklärung!
Wenig	Eher	Eher	Eher	Eher nicht	Nicht	Trifft zu	nein		nein	Ja	
Wenig	Sehr	Sehr	Eher	Eher		Trifft eher zu	nein	Trifft nicht zu	nein	Ja	
Viel	Sehr	Sehr	Sehr	Eher nicht	Sehr	Trifft eher nicht zu	keine	Trifft nicht zu	keine	Ja	Hr. Holl hat sehr gut informiert
Nichts	Sehr	Sehr	Sehr	Eher nicht	Nicht	Trifft nicht zu	nein	Trifft nicht zu	nein	Ja	Weil sie sich bemüht haben uns das System zu erklären, und das tragen nicht wirklich schwierig war.
(keine)	Sehr	Sehr	Sehr	Eher	Eher	Trifft nicht zu	keine	Trifft nicht zu	keine	Ja	
Wenig	Eher	Sehr	Eher nicht	Eher	Nicht	Trifft eher zu	nein	Trifft eher nicht zu	nein	Ja	Für uns notwendige Dinge wurden ausreichend erklärt.
Einiges	Sehr	Sehr	Eher	Eher	Eher	Trifft eher zu	nein	Trifft nicht zu	nein	Ja	gute Erklärung
Nichts	Eher	Sehr	Sehr	Eher	Eher	Trifft eher zu	nein	Trifft eher zu		Ja	
Nichts	Eher nicht	Eher	Sehr	Eher nicht	Eher nicht	Trifft nicht zu	nein	Trifft nicht zu	nein	Ja	Ausreichende Informationen!

Power Saver im Haushalt

Wie oft haben die einzelnen Personen vergessen den Tag in den Aktivitätszonen zu tragen? Wie viele Stunden waren dies in Summe pro Person?	Wie oft haben einzelnen die Personen den Tag außerhalb der Aktivitätszonen im Haushalt getragen? Wie viele Stunden waren dies pro Person?	Wie oft haben die einzelnen Personen den Tag außerhalb des Haushalts getragen? Wie viele Stunden waren dies pro Person?	Würden Sie eine dauerhafte Verkabelung unter dem Boden akzeptieren?		Der Power Saver ist am Handgelenk		
				War die Kabelverlegung ein ästhetischer Störfaktor?	Bein	Schuh	Handgelenk
Andreas 0x / Elisabeth 1x / Hanna 3x / Flora 3x	? (nicht sehr rekonstruierbar)	Andreas 1x 11h	Ja	nein	Nicht gut	Nicht gut	Gut
Nie	Max 20-30min/Person	Nie	Nein	Eher nicht	Nicht gut	Eher nicht gut	Eher gut
5h			Nein		Nicht gut	Nicht gut	Eher gut
Herbert Brunsteiner: fast nie vergessen / kaum abgenommen Birgit Brunsteiner: meistens am Morgen vergessen (je 10 Min) Hoah Brunsteiner: 1* am Nachmittag vergessen (ca. 4h) Gast: 1* vergessen (ca. 7h)	H.B.: nie; B.B.: mehrmals (Einkauf, Abendveranstaltung, Arbeit); N.B.: nie; Gast: nie	H.B.: kaum (2h) ; B.B.: meistens; N.B.: kaum; Gast: nie	Ja	Ja	Eher nicht gut	Nicht gut	Eher gut
Das ist schon solange ber - ein paar Mal die Kinder	Das ist schon solange ber - ein paar Mal die Kinder	Das ist schon solange ber - ein paar Mal die Kinder	Nein	Nein war ja nur für ein paar Tage	Nicht gut	Nicht gut	Gut
0,5h	4h	1h	Ja	Nein	Eher nicht gut	Gut	Eher gut
Vergessen nie - Batterie war bei 2 Personen vorzeitig leer		nein	Nein	ein wenig	Eher nicht gut	Gut	Eher gut
ca. 0,5h/Tag	Tag wurde immer getragen	ca. 0,5h/Tag		nein	Gut	Nicht gut	Gut
Wir (die Eltern) haben darauf geachtet das die TAG getragen werden. In Summe was das "nicht tragen" sehr wenig.	Ich habe den TAG oft an der Hand gelassen, so konnte er nicht vergessen werden.	Ich glaube die Kinder nur im Garten. Ich war einmal aus versehen ca. 25Std. Damit unterwegs.	Nein	Wir haben vor 3 Wochen komplett neu eingerichtet. Eine Verlegung der Kabel wäre ohne sichtbarer Kabel nicht möglich.	Eher nicht gut	Eher gut	Eher gut
Karin 1-2h / Elena 1-2h / Maxi 1-2h / Christian 0,5h	Jeder ca. 10h (wurde nur beim schlafen abgelegt oder wenn wir das Haus verliesen)	Karin 4h / Elena 10h / Maxi 10h / Christian 4h	JA	In den 10 Tagen zum aushalten, auf Dauer nicht.	Eher nicht gut	Nicht gut	Gut
2h	10h	5h	Nein	Ja	Gut	Eher gut	Eher nicht gut
0,5h bei Valentin & 0,5h bei Johanna	0h	0h	Nein	Ja, da unser Wohnzimmer neu eingerichtet wurde	Eher nicht gut	Eher gut	Eher nicht gut
nur 10 Minuten	ca. 6h	6h	Nein	Nein, weil es zeitlich begrenzt war	Nicht gut	Nicht gut	Eher gut
ca. 10/Person		1 Person: 5 Stunden	Nein	Nein	Eher nicht gut	Eher nicht gut	Eher nicht gut
1h für alle Personen	5h pro Person	15h für die Personen	Nein	Ja	Gut	Eher nicht gut	Eher nicht gut

Der ideale Power Saver

Ank befestigt. Welche Formfaktoren würden Sie für den getragenen Tag akzeptieren?					Welche Sensorgröße würden sie akzeptieren?					Welches Sensorgewicht würden Sie akzeptieren?	Wie oft würden Sie das Aufladen akzeptieren?
Oberarm	Kopf	Kleidung	Einfache Sensorausführung	Zweifache Sensorausführung	3 x 3 x 1 cm (Armbanduhr)	10 x 5 x 1,5 cm (Mobiltelefon)	7 x 7 x 7 cm (Rubiks Cube)	100 x 4 x 0,5 cm (Gürtel)	(Kommentar)		
Gut	Nicht gut	Eher nicht gut	Gut	Eher nicht gut	Ja	Eher ja	Eher nein	Eher nein		120g (Mobiltelefon)	Jeden Tag
Eher nicht gut	Nicht gut	Eher gut	Eher nicht gut	Nicht gut	Eher ja	Nein	Nein	Nein		70g (Armbanduhr)	3-5 Tage
Nicht gut	Nicht gut	Eher gut	Gut	Gut	Ja	Nein	Nein	Nein	Würde Sensoren nur akzeptieren wenn diese in einer Uhr eingebaut wären. Sensoren müssen kleiner sein, soll nicht störend sein.	70g (Armbanduhr)	Jede woche
Eher nicht gut	Nicht gut	Eher nicht gut	Gut	Eher nicht gut	Ja	Eher nein	Eher nein	Nein		70g (Armbanduhr)	3-5 Tage
Nicht gut	Nicht gut	Nicht gut	Gut	Nicht gut	Ja	Nein	Nein	Nein		70g (Armbanduhr)	Jede woche
Eher nicht gut	Eher nicht gut	Eher nicht gut			Eher ja	Eher nein	Eher nein	Eher nein		70g (Armbanduhr)	3-5 Tage
Nicht gut	Nicht gut	Gut			Ja	Eher nein	Eher nein	Eher nein		70g (Armbanduhr)	3-5 Tage
Eher gut	Nicht gut	Eher nicht gut	Eher gut	Eher gut	Ja	Eher ja	Ja	Ja		70g (Armbanduhr)	Jeden Tag
Nicht gut	Nicht gut	Eher gut	Eher gut	Eher nicht gut	Ja	Eher nein	Eher nein	Eher ja		70g (Armbanduhr)	Jede woche
Nicht gut	Nicht gut	Nicht gut	Gut	Eher nicht gut	Ja	Nein	Nein	Nein		70g (Armbanduhr)	Jede woche
Nicht gut	Nicht gut	Nicht gut	Gut	Eher gut	Ja	Nein	Nein	Nein		70g (Armbanduhr)	Jede woche
Nicht gut	Nicht gut	Eher gut	Eher gut	Eher nicht gut	Eher ja	Eher nein	Eher nein	Eher nein		70g (Armbanduhr)	3-5 Tage
Nicht gut	Nicht gut	Gut	Gut	Nicht gut	Ja	Nein	Nein	Nein		70g (Armbanduhr)	Jede woche
Eher gut	Nicht gut	Eher gut			Ja	Eher ja	Nein	Nein		70g (Armbanduhr) or 120g (Mobiltelefon)	2 Tage
Gut	Eher nicht gut	Gut	Gut	Nicht gut	Ja	Eher nein	Nein	Eher ja		70g (Armbanduhr)	Jede woche

						Technologiefolgeabschätzung				
Wieviele Energie könnte man ihrer Einschätzung nach durch Power Saver einsparen?	Würden Sie ein Power Saver System anschaffen, wenn es Strom im Ausmaß von € des Jahresbedarfs einspart?		Achten Sie mehr auf Standby-Verlust durch die Präsenz von Power Saver?		Könnten Sie sich vorstellen Power Saver auch in Zukunft zu verwenden?		Fühlten Sie sich durch Power Saver eingeschränkt?		Gab es im Vorfeld gesundheitliche Bedenken gegen Power Saver?	
		(Kommentar)		(Kommentar)		(Kommentar)		Wenn ja, warum?		Wenn ja, welche?
ca. 10%	Ab 60€		Nein		Ja		Nein	Für die Familie war das denken an die Sensoren ein klein wenig einschränkend	Nein	
20-30%	Bis 40€		Ja		Nein		Nein		Nein	
			Nein		Nein		Nein		Nein	
keine Ahnung	Ab 60€	kommt auf die Kosten des Systemes an	Nein		Ja		Nein		Nein	Nein-weil bei der Info-veranstaltung hinreichend aufgeklärt wurde.
	Ab 60€		Ja		Ja		Ja		Nein	
ca. 20%	Ab 60€		Ja		Ja		Nein		Nein	
keine Ahnung		Abhängig von Preis dieses Systems!	Ja		Ja		Nein		Nein	
?			Nein		Nein		Nein		Ja	Strahlung
Ich bin sicher, dass viel Potential da ist	Ab 60€	hängt aber von Preis-Leistung ab.	Nein	Wir wollten uns so zeigen wie wir tatsächlich sind.	Ja	es war kein Problem für uns	Nein		Nein	
Wird uns die Auswertung veraten?	Ab 60€	Kommt auf die Anschaffungskosten an. Es sollte sich in ca. 5-10 Jahren amortisieren.	Nein		Ja		Nein		Ja	Funk-Beeinträchtigung vor allem wegen der Kinder(3 u. 5 Jahre)
Kein Ahnung	Ab 60€		Nein		Nein		Nein		Ja	Stromschlag(Angst); Kopfweh, Herzrhythmusstörung
10%	Ab 60€		Nein		Nein		Nein		Nein	
20%	Ab 60€		Ja		Ja		Nein		Nein	
10%	Bis 50€		Nein		Ja		Nein		Nein	
10%	Ab 60€		Nein		Ja		Ja	Vergessen der TAG's. Kinder müssen aufpassen.	Nein	



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 5.1 – Field study information

2011-01-27



Table of Contents

1	Field study information	3
1.1	Field studies motivations.....	3
1.2	Selecting the households.....	3
1.3	Field studies setup.....	4
1.4	Household data	6
2	Presentation of results: factsheets	7
2.1	Factsheets data	7
2.2	Factsheets name encoding.....	7

1 Field study information

Rather than describing the technical details of the field-study setup, which are already presented in Annex 3, this paper will focus on the motivations of the field studies, on the selection process that led to the choice of the studied households and on the routines of the system installation.

1.1 Field studies motivations

The aim of PowerSaver being the development of an activity based implicit energy management solution, field studies were necessary for testing the proposed activity and context recognition methods and empirically validating the reduction of energy consumption. This was observed over two different kinds of buildings: 15 single family households and one office room, occupied by several persons, in an Energie AG's office building.

1.2 Selecting the households

The 15 households where the field study took place were selected amongst those of Energie AG customers. For this, on the 12th of November 2009, an information meeting was held in Energie AG's headquarters in Gmunden. The invitation to the event was performed via telephone contact and through flyers that were sent to addresses of Energie AG customers who were known to be interested in participating to scientific studies regarding energy efficiency. In particular, they were already participating in Energie AG's *Adres* project; therefore, the consumption of specific devices was going to be measured in their households, which was part of the requirements of the PowerSaver's field studies. The 50 customers present to the meeting, representing 40 households, are located primarily in the Salzkammergut area and are all already using smart meter counter appliances. Through a series of lectures and a live demonstration of the technologies, the group of interested households was reduced to about 30.

The households' owners had to fill in a questionnaire to provide some generic information about their households (cf. section 1.4). This allowed dividing the households into several groups, according to a classification made by *Statistik Austria*:

- single-person household (male);
- single-person household (female);
- single family household without children;
- single family household with one or more children (family households).

In December 2009, 15 households belonging to the last group were selected for the field studies of the PowerSaver, as that kind of households seemed more interesting in comparison to the project's goals.

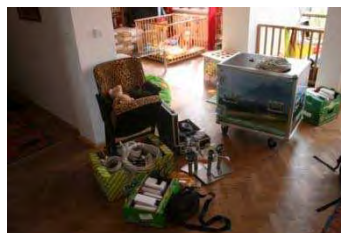


1.3 Field studies setup

[As mentioned above, refer to Annex 3 for a detailed technical description of the field studies]

For each of the 16 (including the office) studies, the same operations were done. The case study setup lasted around 6 hours from arrival to departure and consisted in installing the Ubisense location tracking system and the energy flow-meters (this was done by Energie AG), measuring the geometric properties of the surveyed rooms, creating and importing a processable digital representation of the corresponding floorplan, configuring and starting the system for the long term survey task. The survey period for a single installation instance lasted for about 10 days, excepted for the office where it lasted almost one month, after what the whole setup was uninstalled which took around 3 hours. The output of the study was given by both the Ubisense log (person location history) and the Möller flow-meters recordings (energy consumption history). At the end of the survey period in order to have a feedback about the installation and its acceptability, a questionnaire was submitted to the owners of the household (cf. section 1.4).

The figures below illustrate the major steps of the field studies.



Unpacking the material from the flightcase



Setting up the Ubisense: tripods in open spaces and supports over furniture



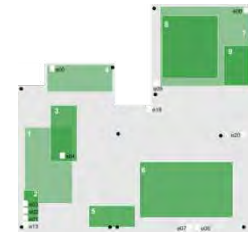
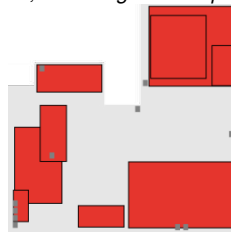
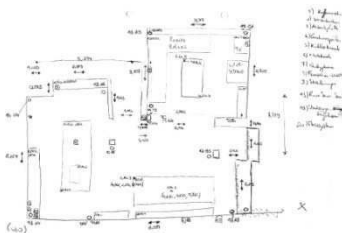
Cabling the sensors and fixing or hiding the cables



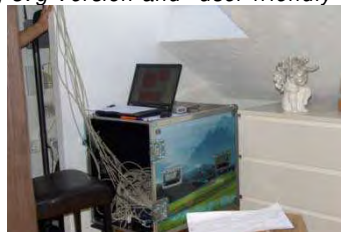
[Installing the Fluke multimeter and the Möller measurement devices]



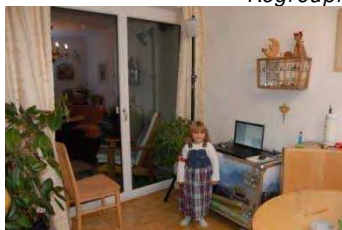
Measuring the rooms, drawing and importing the floorplans



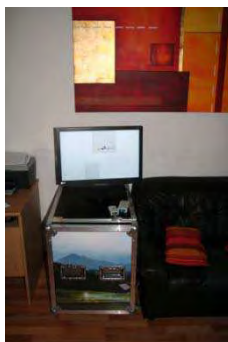
(Manually drawn floorplan, svg version and "user friendly" version for latter analysis)



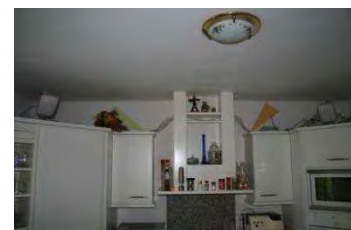
Regrouping the loose cables and storing them in the flightcase



Distributing the tags



Launching the location tracking



Sensors installed in different kinds of rooms



Systems set up in different households

1.4 Household data

As mentioned in section 1.2, the first available information concerning the household came from a questionnaire that was acquired prior to the selection of the 15 households. The answers of this questionnaire are input into an Excel file from which a report per household is generated. The latter contains different kind of data relevant to each the household in question, such as:

- information about the owner and inhabitants (e.g. year of birth, gender, ...)
- address;
- size (m²);
- total energy consumption for the previous year;
- types of heating (water, gas, oil, renewable), presence of air-conditioning;
- presence of large energy consuming devices, such as refrigerators or washing-machines, with eventually their age, capacity, efficiency-class and frequency of use;
- cooking devices, with frequency of use and respective time;
- other small devices with their frequency of use (e.g. coffee machine, mixer, toaster, electric toothbrush, ...);
- electronic devices such as TVs, computers or phones with their respective accessories (DVD-players, printers, FAX ...), internet connectivity, and time of use during work days and weekends;
- type and respective number of lamps present in the household, particularly for the more frequented rooms.

Therefore, the questionnaire purpose was to obtain general information about the household and the energy consuming devices that are in constant use, as well as the users' habits concerning these devices.

The second questionnaire (mentioned in section 1.3), filled in by one of the household's occupants after a field study, was aiming to gather the tracked persons' reactions to the PowerSaver system as well as suggestions to improve it in future. Thus, the questions concerned for example aesthetic aspects of the cabling, matters of size, weight and type of tags that should be used and where they should be placed, or also how much a person would be willing to spend to have such a system at home.

Both these questionnaires were used for our results calculations as well as for the socio-scientific study.



2 Presentation of results: factsheets

2.1 Factsheets data

For each and every household as well as for the office, a factsheet has been created to summarize the results of the field study. The documents contain the following information:

- short description of the building (type, size) and of the inhabitants (gender, age, occupation);
- setup of the study (observed rooms, activity zones, deployed sensors, monitored devices);
- location analysis, i.e. amount of data captured by the sensors per day (overall and per persons) and average percentage of presence in the activity zones;
- consumption analysis of the observed devices and of the whole household;
- computed gain of the system using a household-specific set of rules;
- selection of pictures (if any) from the field study in question.

2.2 Factsheets name encoding

In order to keep the factsheets (which are presented in Appendix 5.5) anonymous, their names have been encoded with three groups of numbers, as follows: x-xx-xxxx. The first number indicates if the building was a house (0) or an office (1); the second part corresponds to the number of the study (chronologically); the third block represents sequentially the number of adult males, adult females, young (under 18 years old) males and young females in the HH. For example, the code 0-08-1102 indicates the eighth (08) household (0) where the study took place was inhabited by two adults (a male and a female) and two children (females).



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 5.2 – Mustervertrag Case Study

2011-01-31

VERTRAG

zwischen der

Johannes Kepler Universität Linz
Institut für Pervasive Computing
Altenbergerstraße 69
4040 Linz

(im Folgenden kurz: „IPC“), vertreten durch den Ansprechpartner

(Vorname, Zuname)
(Telephon)
(Email)

und

(Name / Familie / Haushalt)
(Energie AG Kundennummer)

(Straße)
(PLZ Wohnort)
(Telephon)
(Email)

(Bankverbindung)
(Kontonummer)
(BLZ)

(im Folgenden jeweils kurz: „Proband/in“)

Das Institut für Pervasive Computing der Johannes Kepler Universität Linz hat in Kooperation mit der Energie AG eine auf technischen Sensoren zur Aktivitäts- und Kontexterkenkung basierende Lösung zur Vermeidung von (Standby-) Energieverlusten elektrischer Anlagen, Maschinen und Geräte entwickelt („Power Saver“). Die Grundannahme bei diesem PowerSaver-System ist, dass die Bereitschaftsniveaus (Standby-by Niveaus) nicht mehr von dem Benutzer explizit geschaltet, sondern von einem Energiemanagementsystem nach Einschätzung aktueller und zukünftiger Gebrauchssituationen automatisch, also implizit eingestellt wird. Grundvoraussetzung dafür ist eine verlässliche und robuste Erkennung der Aktivitäten des Benutzers (gehen, stehen, sitzen, liegen; arbeiten, lesen, kochen; Dokumenterstellung, Kundengespräch, etc.), bzw. der jeweiligen Kontexte (in der Küche, beim Fernsehen, am Schreibtisch, bei der Mitarbeiterbesprechung, etc.).

Die gegenständliche Fallstudie verfolgt primär das Ziel, Daten aus realen Wohnszenarien zu gewinnen, um das Einsparungspotential durch die Verwendung des PowerSaver-Systems belegen zu können. Die Studie untersucht deshalb alltägliche Aktivitäten –und die dazugehörigen Energieverbräuche– wie sie in einem typischen Haushalt normalerweise vorkommen. Nach einer Aktivitätserfassung in Testhaushalten erfolgt eine genaue Datenanalyse am Institut für Pervasive Computing. Die Testhaushalte erhalten danach Informationen über die Studienergebnisse.

1. VERTRAGSGEGENSTAND

Die/Der Proband/in nimmt an der Fallstudie teil und stimmt zu, dass das PowerSaver-System für die vereinbarte Dauer in ihrem/seinem Haushalt installiert und getestet wird. Gegenstand dieses Vertrages ist es, die sich im Zusammenhang damit für das IPC und die/den Proband/in/en ergebenden Rechte und Pflichten festzuhalten.

2. RECHTE UND PFLICHTEN DER VERTRAGSPARTNER

(1) Die/Der Proband/in erklärt sich bereit, in ihrem/seinem Haushalt das PowerSaver-System durch Mitarbeiter des IPC installieren und für die Dauer von ca. 10 Tagen testen zu lassen. Die dabei verwendete Technologie ist ein Echtzeit-Ortungssystem (RTLS – Realtime Location System, Hersteller: Ubisense, nähere Angaben zu dieser Technologie siehe Anlage 1), welches in den Räumen der/des Proband/in/en (stationär) zum Einsatz kommt, und in Kombination mit dem Tragen der in Anlage 1 beschriebenen „Tags“ (Erkennungsmarken) eine Aktivitätserkennung erlaubt.

Der für die Installation des PowerSaver-Systems erforderliche Zeitaufwand ist mit ungefähr 9 Stunden beziffert. 4-5 Personen sind an der Installation beteiligt.

Die/Der Proband/in und IPC werden sich auf Anfrage des IPC über folgende Termine ins Einvernehmen setzen:

- Installation des Systems
- eventuell erforderliche Nachbearbeitungen
- Abbau des Systems

(2) IPC wird die Installation des PowerSaver-Systems mit der dafür gebotenen Sorgfalt vornehmen. Die/Der Proband/in wird sorgfältig mit der Installation des PowerSaver-Systems umgehen. IPC kann keine Haftung für Schäden, die aufgrund oder im Zusammenhang mit der Installation oder dem Betrieb des PowerSaver-Systems an im Haushalt befindlichen Personen oder Sachen entstehen, übernehmen.

(3) IPC verpflichtet sich, pro Haushalt für den ca 10-tägigen Testbetrieb des PowerSaver-Systems und die damit verbundenen Aufwendungen und Verpflichtungen eine Aufwandsentschädigung (siehe Anlage 1) zu bezahlen. Verkürzt sich die Dauer des Testbetriebes aus welchem Grund auch immer, gelangt der Betrag aliquot entsprechend der tatsächlichen Dauer des Testbetriebes zur Auszahlung. Dieser Betrag wird nach Abschluss des Testbetriebes überwiesen. Die/Der Proband/in erklärt ausdrücklich, dass mit diesem Betrag die in diesem Vertrag festgeschriebenen Verpflichtungen und damit zusammenhängenden Aufwendungen angemessen abgegolten sind.

(4) Während des Testbetriebes werden von IPC Aufzeichnungen darüber geführt, wo sich die am Testbetrieb beteiligten bzw. mit „Tags“ ausgestatteten Personen im Haushalt aufhalten und wie hoch der Energieverbrauch im Haushalt während des Testbetriebes ist. Während dieses Testbetriebs erfolgt die Messung des Energieverbrauches durch Energie AG im ¼ Stunden Raster (Lastprofilmessung). Die/Der Proband/in erklärt sich damit einverstanden, dass die mit diesen Aufzeichnungen festgehaltenen Daten sowie die gemessenen Lastprofile vom IPC in anonymisierter Form für die Auswertung der Fallstudie und weitere Zwecke, die mit dem PowerSaver-System und dessen Weiterentwicklung in Zusammenhang stehen, verwendet und zu ebensolchen Zwecken an Dritte weitergegeben werden dürfen. Aufgrund dieses Vertragsverhältnisses erlangte personenbezogene Daten dürfen für Zwecke außerhalb des Vertrages von IPC nicht verwendet werden.

(5) Die/Der Proband/in verpflichtet sich, den von Mitarbeitern des IPC in Bezug auf den Betrieb des PowerSaver-Systems erteilten Instruktionen und zur Kenntnis gebrachten Sicherheitsbestimmungen Folge zu leisten. In diesem Zusammenhang wird insbesondere darauf hingewiesen, dass aufgrund der durch ihre Konstruktion bedingten geringen Stabilität der Sensoren ein Anstoßen an den Sensoren unbedingt vermieden werden muss.

(6) Die/Der Proband/in hat gleich einem Verwahrer dafür zu sorgen, dass das PowerSaver-System und die dazugehörigen Vorrichtungen nicht beschädigt werden, und wird auch Sorge dafür tragen, dass sonst in dem Haushalt lebenden oder in den Haushalt wenn auch nur vorübergehend aufgenommenen Personen das PowerSaver-System und die dazugehörigen Vorrichtungen nicht beschädigt werden.

(7) Die/Der Proband/in wird dafür Sorge tragen, dass die Position der Sensoren (Anlage 1: Bild 1) sowie des als Server dienenden Laptops (Anlage 1: Bild 3) unverändert bleibt, um den erfolgreichen Verlauf des Testbetriebes und die Richtigkeit der Messergebnisse nicht zu gefährden. Die/Der Proband/in wird Fehlfunktionen bzw. Vorfälle, die solche Fehlfunktionen

verursachen könnten, dem IPC ehest möglich melden und den Mitarbeitern des IPC nach entsprechender Terminvereinbarung die Fehlerbehebung ermöglichen (Ansprechpartner siehe oben).

(8) Die/Der Proband/in ist nicht berechtigt, Dritten in einem Ausmaß Einblick in die Technologie des PowerSaver-Systems und seine Funktionsweise zu gewähren, das geeignet wäre, Nachahmungen des PowerSaver-Systems durch Dritte zu begünstigen. Durch diesen Vertrag werden keinerlei Nutzungs- oder sonstige Rechte der/des Proband/in/en in Bezug auf das PowerSaver System begründet.

3. ANGABEN ZU DEN ANGEHÖRIGEN DES HAUSHALTS

Beim vertragsgegenständlichen Haushalt handelt es sich um einen

- ☐ Einzelpersonenhaushalt männlich
- ☐ Einzelpersonenhaushalt weiblich
- ☐ Paarhaushalt ohne Kinder
- ☐ Paarhaushalt mit einem oder mehreren Kindern

(Zutreffendes bitte ankreuzen)

Die Vertragspartner haben den Inhalt des Vertrages zur Kenntnis genommen und erklären sich damit einverstanden:

(Datum) _____

Institut für Pervasive Computing

Univ. Prof. Dr. Alois Ferscha

Im Haushalt lebende und in die Studie einbezogene Personen:

(Datum) _____

(Name)

(Datum) _____

(Name)

ANLAGE 1 zum Vertrag über den Testbetrieb des PowerSaver-Systems

Studienplanung

Das gegenständliche Projektvorhaben PowerSaver schlägt eine auf technischen Sensoren zur Aktivitäts- und Kontexterkenkung basierende Lösung zur Vermeidung von (Standby) Energie Verlusten elektrischer Anlagen, Maschinen und Geräte vor. Die Grundannahme dabei ist, dass die Bereitschaftsniveaus (Standby-by Niveaus) nicht mehr von dem Benutzer explizit geschaltet, sondern von einem Energiemanagementsystem nach Einschätzung aktueller und zukünftiger Gebrauchssituationen automatisch, also implizit eingestellt wird. Grundvoraussetzung dafür ist eine verlässliche und robuste Erkennung der Aktivitäten des Benutzers (gehen, stehen, sitzen, liegen; arbeiten, lesen, kochen; Dokumenterstellung, Kundengespräch, etc.), bzw. der jeweiligen Kontexte (am Schreibtisch, bei der Mitarbeiterbesprechung, etc.).

In Anlehnung an die Typenklassifizierung der Privathaushalte von Statistik Austria fünf statistisch relevante Haushaltstypen ausgewählt, die eine unterschiedliche Anzahl und Zusammensetzung an Personen mit individuellen Aktivitäts- und Mobilitätsverhalten aufweist:

Einzelpersonenhaushalt Männlich
Einzelpersonenhaushalt Weiblich
Paarhaushalt ohne Kinder,
Paarhaushalte mit einem oder mehreren Kindern (Familienhaushalt)

Office und Büroräumlichkeiten

Die Studie wird mit Beginn Januar 2010 mit ca. 15 Haushalten durchgeführt. In jedem Haushalt werden für 10 Tage (minimum 5 Werktagen, 2 Wochenendtage) der gerätebezogene Energieverbrauch gemessen und die Positionen der Personen aufgezeichnet. Die Aufzeichnung der Positionen der Personen ist Aufgabe des Instituts für Pervasive Computing respektive der JKU Linz. Die Aufzeichnung der Energieverbräuche ist Teil der Energie AG Messung

Studienziel

Die empirische Evidenz über das Einsparungspotential durch Verwendung des PowerSaver-Systems ist das primäre Ziel der Fallstudie. Durch die Studie lässt sich das PowerSaver-System im realen Umfeld testen, die soziale Verträglichkeit evaluieren und der praktische Nutzen des gesamten Systems empirisch belegen. Unser Ansatz zur Aktivitätserkennung innerhalb von Gebäuden schlägt die Aufzeichnung von Benutzerpositionen mittels eines Indoor-Positionserkennungssystem vor.

Technologie

Die verwendete Technologie ist ein Echtzeit-Ortungssystem (RTLS – Realtime Location System, Hersteller: Ubisense). Das System besteht aus drei Komponenten: (i) Zwölf Sensoren, welche in den Ecken der Räume aufgestellt sind (Bild 1), (ii) 20 Tags, welche die Personen am Handgelenk ähnlich wie eine Armbanduhr tragen (Bild 2) und (iii) einem Laptop, welcher als Server dient (verpackt in einem Flight-Case, Bild 3). Die Sensoren müssen möglichst hoch platziert werden, damit eine direkte Sichtverbindung vom Tag zu den Sensoren möglich ist (ca 2.2 m oder höher). Die Sensoren dienen der Ortung der oder des Tags im Raum. Die Sensoren werden sowohl untereinander, d.h. von jedem Sensor zu einem anderen als auch zum Laptop verkabelt. Die Kabel werden u.U. durch mehrere Räume verlegt, da mit den zwölf zur Verfügung stehenden Sensoren Personen über mehrere Räume hinweg lokalisiert werden können. Der Tag sendet periodisch Signale an die Sensoren im Ultra-Weitband-Spektrum (6.5 – 8 GHz). Die Lebensdauer der in den Tag befindlichen Batterien beläuft sich je nach Häufigkeit der Datenübermittlung auf bis zu zwei Jahre.

Aufwandsentschädigung

Da die Teilnehmerzahl an der Feldstudie begrenzt ist, werden Anmeldungen nach Erreichen der Teilnehmergrenze auf einer Warteliste gereiht. Es besteht kein Anspruch auf Teilnahme an der Studie. Die Aufwandsentschädigung beträgt im Falle Einzelpersonenhaushalt Männlich € 250,- im Falle Einzelpersonenhaushalt Weiblich € 250,- im Falle Paarhaushalt ohne Kinder € 350,- im Falle Paarhaushalte mit einem oder mehreren Kindern (Familienhaushalt) € 450,- und im Falle Office und Büroräumlichkeiten € 500,- und wird nur bei ordnungsgemäßer Durchführung der Meßexperimente ausbezahlt.



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 5.3 – Flyer PowerSaver

2011-01-31

Energiesparen der Zukunft

Intelligente Technologie im Haushalt von heute



Wie oft brennt das Licht, wenn niemand im Raum ist?

Wie viel Strom verbraucht ihr Fernseher im Standby?

Wie können wir in Zukunft unnötige Energieverbräuche reduzieren?

Die Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & Co KG und das Institut für Pervasive Computing der Johannes Kepler Universität Linz suchen für eine Studie zum Thema **Power Saver - Energiesparen der Zukunft** experimentierfreudige Haushalte!

JKU
JOHANNES KEPLER
UNIVERSITÄT LINZ

Institute for
Pervasive Computing
Technology for People

ENERGIE AG
Vertrieb
Voller Energie für Sie
im Unternetzgebiet der ENAO GmbH



Werden Sie Power Saver – die Energiesparer der Zukunft

Der Energie AG Vertrieb und das Institut für Pervasive Computing der Johannes Kepler Universität Linz suchen experimentierfreudige Haushalte.

Werden Sie Teilnehmer an diesem innovativen Forschungsprojekt und profitieren Sie gleich doppelt. Zum einen erhalten alle an der Studie teilnehmenden Haushalte eine **Aufwandsentschädigung von 250–450 €** (je nach Haushaltsgröße). Zum anderen bekommen Sie nach Ablauf der Testphase eine detaillierte **Darstellung des Energieverbrauchs der gemessenen Geräte** in Berichtsform.

So läuft's

Jeder Person im Haushalt wird an Hausschuhen und Armbanduhr ein leichter, tragbarer Power-Sensor angebracht, der die Bewegungen in den eigenen vier Wänden exakt aufzeichnet. Dabei werden Daten für eine mögliche, zukünftige Steuerung von Energieverbrauchern gesammelt. Zusätzlich wird mit Sensoren an den Steckdosen der exakte Energieverbrauch der Einzelgeräte gemessen.

Die **Aufgaben** umfassen:

- Vorgespräch bei den Testhaushalten (Raumaufteilung, vorhandene Geräte)
- Der Auf- und Abbau wird von Technikern der Energie AG im Haushalt vorgenommen.
- Automatische Messung des Energieverbrauchs und der Personenbewegungen für ca. 10 Tage.

Wir haben Ihr Interesse geweckt?

Kommen Sie zu unserer Informationsveranstaltung und informieren Sie sich über eine Teilnahme am Projekt. Sie erhalten eine hochwertige Energiesparlampe und für das leibliche Wohl ist ebenfalls gesorgt.

Infoveranstaltung

Energie AG Vertrieb Gmunden

Bahnhofstraße 67, 4810 Gmunden

Donnerstag, 12. Nov 2009, 18:00 – 20:00

Programm

Eröffnung

Dr. Gerald Hermann MBA

Leiter Vertrieb Gewerbe- und Privatkunden

Energie AG OÖ Vertrieb GmbH & Co KG

Vorstellung Power Saver Versuchsaufbau

Univ.-Prof. Dr. Alois Ferscha

Institut für Pervasive Computing

Johannes Kepler Universität Linz

Anmeldung und Information

Mit untenstehendem **Anmeldeformular**

Fragen per **E-Mail** an

powersaver@pervasive.jku.at

Es besteht kein Anspruch auf Teilnahme an der Studie – begrenzte Teilnehmerzahl.

Institute for
Pervasive Computing
Technology for People



JKU
JOHANNES KEPLER
UNIVERSITY LINZ

ENERGIE AG
Vertrieb
Voller Energie für Sie
im Unternehmensverbund der ENAMO GmbH (EVN/ETC)

Anmeldeformular - Power Saver Infoveranstaltung

Bitte trennen Sie diesen Abschnitt ab und senden Sie ihn mit dem beigefügten, frankierten Antwortkuvert an die **Energie AG OÖ Vertrieb GmbH & Co KG, z.H. Fr. Mag. Susanne Eisl, Böhmerwaldstr. 3, 4020 Linz**

- ☐ Ja, ich interessiere mich für eine Teilnahme an der Versuchsreihe und melde mich und weitere __ Personen zu der Informationsveranstaltung am **12. November 2009, 18:00** im Energie AG Vertriebsgebäude **Bahnhofstraße 67, 4810 Gmunden** an.

Vorname

Nachname

Straße, Nr.

PLZ, Wohnort

E-Mail

Telefonnummer

Wohnungstyp

- ☐ Wohnung
☐ Haus

Personeninformation im Haushalt

- ☐ __ Erwachsene ☐ __ erwerbstätig
☐ __ Kinder

Größe der Wohnung/ des Hauses

__ Anzahl der Geschosse __ Anzahl der Räume __ m² Gesamtwohnfläche

Die Anmeldung zur Studie ist bei der Informationsveranstaltung möglich. Die Anwesenheit mindestens eines Haushaltsvertreters bei der Informationsveranstaltung ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie. Da die Teilnehmerzahl am Projekt begrenzt ist, werden Anmeldungen nach Erreichen der Teilnehmergrenze auf einer Warteliste gereiht. Es besteht kein Anspruch auf Teilnahme an der Aktion. Die Aufwandsentschädigung wird nur bei ordnungsgemäßer Durchführung der vorgegebenen Richtlinien ausbezahlt.



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 5.4 –PowerSaver Informationsfolder

2011-01-31

Das Energiesparen von morgen

Dr. Hans Zeinhofer

Geschäftsführer Energie AG Vertrieb GmbH

Die Energie AG ist in Sachen Energieeffizienz bereits seit über 20 Jahren treibende Kraft und kompetenter, verlässlicher Partner. Mit individueller Energieberatung und vielen attraktiven Angeboten, wie beispielsweise Gutscheine für effiziente Haushaltsgeräte oder Förderung von Wärmepumpen, unterstützen wir unsere Kunden beim Energiesparen.



Zur Nutzung zusätzlicher Sparpotentiale ist es wichtig, die Entwicklung neuer effizienter Technologien zu fördern und auf diese aufmerksam zu machen. Daher unterstützen wir das innovative Forschungsprojekt „Power Saver“ des Institutes für Pervasive Computing der Johannes Kepler Universität Linz, das uns Wege für das intelligente Energiesparen der Zukunft aufzeigt und somit einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung leistet.

Univ.-Prof. Dr. Alois Ferscha

Vorstand des Instituts für Pervasive Computing

Viele elektrische Anlagen, Maschinen und Geräte können heute in sog. *Stand-by* Modi versetzt werden. Obwohl dies Potenzial auf echte Energiespareffekte hat, bewirken sie oft genau das Gegenteil: Geräte werden bei Nichtverwendung praktisch nie ausgeschaltet, sondern immer in Stand-by gehalten, was zu überraschend hohen *Stand-by Verlusten* führt.



Im Projekt PowerSaver (Neue Energien 2020) entwickeln wir in Kooperation mit der Energie AG, ein Energiemanagementsystem, das auf einer automatischen Aktivitäts- und Kontexterken- nung beruht und das Gerätezustände nach Einschätzung aktu- eller und zukünftiger Gebrauchssituationen automatisch einstellt - ohne die Aufmerksamkeit oder gar eine Schaltaktion des Be- nutzers zu fordern. Damit können die Stand-by Verluste großteils vermieden werden.

Was ist Power Saver?

Mit dem Abschied von der Glühbirne wurde von der Europäi- schen Kommission das erste konkrete Vorhaben zur Reduktion der ausufernden Energieverbräuche in privaten und gewerbli- chen Gebäuden umgesetzt. Nach Schätzungen der EU ist lang- fristig in den privaten Haushalten ein Einsparpotential von bis zu 27% möglich¹. Neben Bildungsmaßnahmen über bewussten Umgang mit erschöpflichen Energiequellen und der Forcierung erneuerbarer Energien werden vor allem in die Forschung und den Einsatz moderner Technologien viele Erwartungen gelegt.

Viele elektrische Anlagen, Maschinen und Geräte sind hinsicht- lich ihrer Energieeffizienz bereits so konzipiert, dass sie durch explizites Umschalten in *Stand-by* Modi versetzt werden kön- nen. Diese sind durch reduzierte Einsatzbereitschaft, aber auch gleichzeitig reduzierte Energieaufnahme gekennzeichnet.

Mit der Möglichkeit energierelevante Verbrauchergewohnheiten innerhalb der Haushalte zu erfassen, können Geräte bei Nicht- benutzung implizit und ohne Zutun des Benutzers in niedrigere Energiemodi geschaltet werden. Unter energierelevanten Ver- brauchergewohnheiten versteht man die **Häufigkeit und Dauer der Nutzung von Elektrogeräten** (etwa der Kaffeemaschine oder der Waschmaschine) und die **An- und Abwesenheit von Personen** innerhalb von Räumen.

Um das Einsparungspotential durch Verbraucherbeobachtung erforschen zu können, schlägt **Power Saver** im Rahmen einer innovativen Feldstudie eine **10-tägige Messung in realen Haushalten** mit folgenden Zielen vor:

- **Messung des Energieverbrauchs** der wichtigsten 20 Elektrogeräte an der Steckdose mit Hilfe eines Energie- messsystems. Pro Sekunde wird einmal der aktuelle Ener- gieverbrauch des Gerätes gemessen.
- **Erfassung der Anwesenheit** von Personen in den wich- tigen, energierelevanten Räumen wie Küche und Wohn- zimmer mit Armbanduhr-großen Sensoren. Dabei wird die Position mit 50cm Genauigkeit pro Sekunde einmal gemes- sen.

Auf der Folgeseite werden die Vorteile für die Studienteilnehmer, die Anforderungen an die Haushalte und auch die eingesetzten Technologien detailliert erläutert.



Die Feldstudie

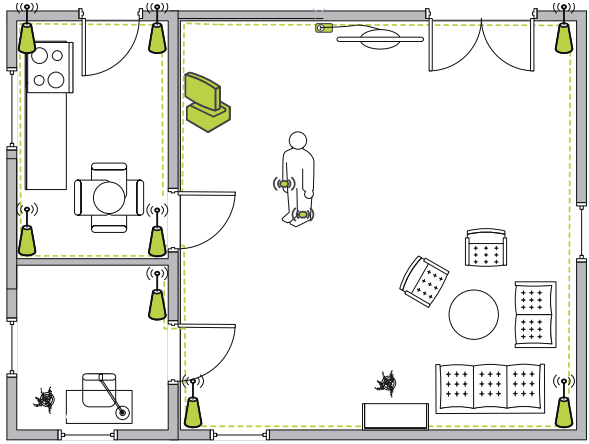
Vorbereitung

Für die Vorbereitung zur Messung wird folgende Information von den Studienteilnehmern benötigt:

- **Vertrag:** Unterzeichnung und Rücksendung des beiliegen- den Vertrags zweifach mit Antwortkuvert. Ein Exemplar erhält der Teilnehmer retour. Individuelle Fragen werden gerne beantwortet.
- **Anmeldung:** Es besteht kein Anspruch auf Teilnahme. Aufgrund der eingehenden Anmeldungen werden 15 Haus- halte (Tranche 1) und einige Ersatzhaushalte (Tranche 2) ausgewählt.
- **Gebäudeplan:** Ein Gebäudeplan mit den Raummaßen der wichtigsten Räume wie Küche, Wohnzimmer und zwei wei- teren, oft frequentierten Räumen.
- **Haushaltsteilnehmer:** Name und Alter der teilnehmenden Personen im Haushalt.
- **Terminvereinbarung:** Für den Aufbau und den Abbau der Messinstrumente. Siehe dazu Terminfenster auf der Rück- seite im Zeitraum von Jänner bis August 2010.

Aufbau

Für den Aufbau im Haushalt werden an einem Werktag (mit Priorität am Beginn der Woche) **9 Stunden von 9:00 – 18:00** benötigt. An dem Aufbau werden **4-5 Personen**, bestehend aus einem Energie AG Techniker und Mitarbeitern des Instituts für Pervasive Computing, beteiligt sein. Es wird auf einen unauffäl- ligen Aufbau des Systems geachtet um die Wohnungsnutzung nicht einzuschränken.



Wir bitten um die zeitweilige Anwesenheit mindestens eines er- wachsenen Haushaltsteilnehmers um etwaige Fragen bezüglich des Aufbaus vor Ort klären zu können. Im Haushalt werden fol- gende **Messvorrichtungen für die Dauer von 10 Tagen** ange- bracht (siehe Fotos auf der Rückseite)

Positionierungssystem	
Positionssensoren Präsenzsensoren	2x4 Sensorständer (60B x 60T x 200H cm) in der Küche und dem Wohnzimmer. 2x1 Sensorständer (60 x 60 x 200cm) in benachbarten, oft frequentierten Räumen. Die Sensoren werden kalibriert und sollten für die Dauer der Messung nicht berührt werden.
Verkabelung	15 Netzkabel mit je 20-30m Länge. Diese werden sauber entlang der unteren Kante der Räume zwis- chen jedem Positionssensor und dem Power Saver Center verlegt und mit rückstandsfreien Klebebändern und Kabelbindern befestigt. (Achtung: Türen dadurch u.U. nicht mehr schließbar).
Positionstags	Die Armbanduhr-ähnlichen Tags werden mit ver- schiedenen Farben gekennzeichnet und am Arm der Person angebracht.

Energiesystem	
Durchflusszähler	20 Durchflusszähler auf Funkbasis werden an den Steckdosen der wichtigsten Elektrogeräte zwisch- engesteckt

Power Saver Center	
Power Saver Center	Ein Rollcontainer mit den Maßen 50B x 80T x 60H cm enthält (i) den Energie-Server PC zum Aufzeichnen der Daten (ii) Netzwergeräte
Display (Optional)	Auf Wunsch wird ein Bildschirm auf das Flightcase gestellt, damit die Teilnehmer die Live-Bewegungs- abläufe beobachten können.

Messbetrieb

Alle an der Feldstudie teilnehmenden Personen im Haushalt müssen die Positionstags innerhalb des Wohnraums für die Dau- er von 10 Tagen tragen. Die Tags dürfen in privaten Räumli- cheiten (Bad, Schlafzimmer) und beim Verlassen des Haushalts abgenommen werden. Die Tags haben eine dauerhaft niedrige Batterieversorgung (Knopfzelle) und müssen für die Dauer der Messung nicht aufgeladen werden.

Abbau und Honorierung

Nach erfolgter Messung wird die Installation zum vereinbarten Termin innerhalb von 2-3 Stunden wieder abgebaut. Zusätzlich wird die vereinbarte Honorierung laut Vertrag ausbezahlt. Nach Ende der Feldstudie wird zudem eine detaillierte Darstellung des Energieverbrauchs der gemessenen Geräte in Berichtsform an die teilnehmenden Haushalte übermittelt.

¹ EU - Aktionsplan für Energieeffizienz KOM(2006)545



1



2



3



4

Fotos

- 1 Durchflussmessgerät an der Steckdose
- 2 Personen-Tag
- 3 Positionssensoren
- 4 Power Saver Center - Rollcontainer

Termine

Für die Teilnahme an der Feldstudie sind folgende Terminfenster ab Mitte Jänner 2010 in zwei Tranchen zu vergeben:

	Datum
Studie 1	11.1. - 22.1.
Studie 2	25.1. - 5.2.
Studie 3	8.2. - 19.2.
Studie 4	22.2. - 5.3.
Studie 5	8.3. - 19.3.
Studie 6	22.3. - 2.4.
Studie 7	5.4. - 16.4.
Studie 8	19.4. - 30.4.
Studie 9	3.5. - 14.5.
Studie 10	17.5. - 28.5.
Studie 11	31.5. - 11.6.
Studie 12	14.6. - 25.6.
Studie 13	28.6. - 9.7.
Studie 14	12.7. - 23.7.
Studie 15	26.7. - 6.8.

Sie haben noch Fragen?

Institut für Pervasive Computing
 Gerald Holl +43-732-2468-1431
 Jakob Doppler +43-732-2468-1341
 E-Mail powersaver@pervasive.jku.at
 Website http://www.powersaver.at

Hinweis: Da die Teilnehmerzahl an der Feldstudie begrenzt ist, werden Anmeldungen nach Erreichen der Teilnehmergrenze auf einer Warteliste gereiht. Es besteht kein Anspruch auf Teilnahme an der Feldstudie. Die Aufwandsentschädigung wird nur bei ordnungsgemäßer Durchführung der im Vertrag vorgegebenen Richtlinien ausbezahlt.

Impressum: © 2009 Johannes Kepler Universität Linz, Institut für Pervasive Computing, Text: Jakob Doppler, Alois Ferscha, Gerald Holl, Layout: Bernadette Emsenhuber



Power Saver

Information zur Feldstudie

JKU
 JOHANNES KEPLER
 UNIVERSITÄT LINZ

Institut für
 Pervasive Computing
 Technology for People



ENERGIE AG
 Vertrieb
 Voller Energie für Sie
 Im Unternehmensverbund der ENAMO GmbH **EVANO**





Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 5.5 –PowerSaver factsheets

2011-01-31

Field studies in the households: overview

1. Description

This document presents a general overview of the field studies in the 15 households. It contains an overall location analysis of the 58 tracked persons (34 adults, i.e. over 18 years old, and 24 children), with information about the presence in the observed rooms and the percentages of occupations inside the defined activity zones; also, it presents the average repartition of devices in the households and the general gain achievable with the PowerSaver system. Finally, it contains a representation of each and every studied household.

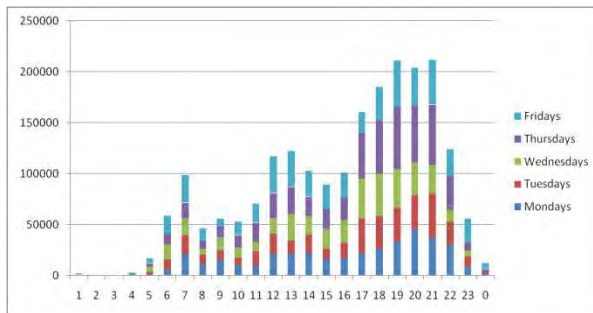
2. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is active in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in each and every household; those were grouped in 10 major types, which are presented in Table 1.

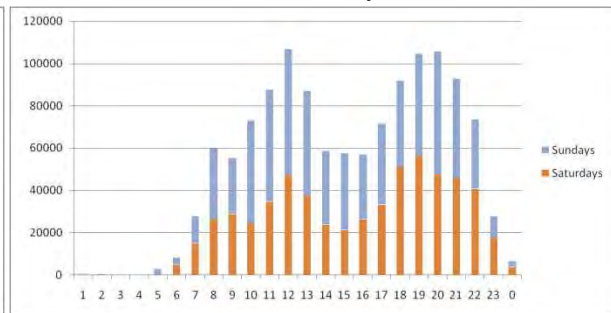
Activity zone	Observed in TOT households
TV	14
Relax	15
Cooking	14
Eating	13
Working	5
Dish-washing	14
Preparing coffee	13
Child play zone	1
Piano	2
Radio	8

Table 1: Different types of activity zones

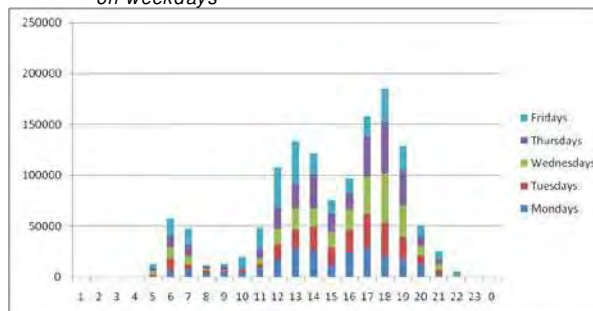
The first kind of information extracted from the Ubisense is presented in Graph 1 to Graph 4, which show the amount of data captured for adults and children on weekdays and weekends. It is interesting to notice that on weekdays children have reduced amounts of data in the morning, which is probably due to school, while the adults' graph is much smoother, essentially because several housekeepers were tracked during the studies; this seems to be confirmed by the important increase of measured data in the late afternoon, when the "full-time workers" come back home. Also, the adults' graph is more extended in time than that of the children, due to the latter's early bedtime.



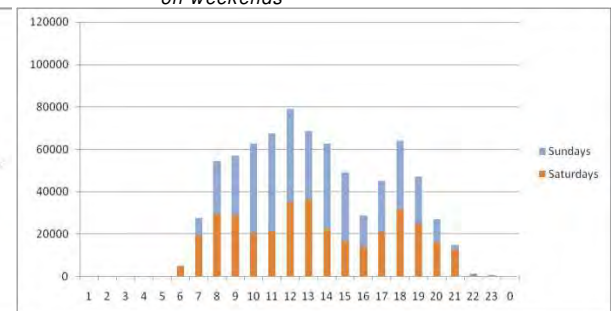
Graph 1: Adults' overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Adults' overall presence (tag updates per hour) on weekends



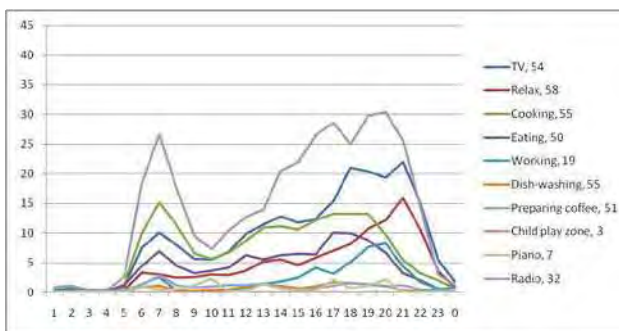
Graph 3: Children's overall presence (tag updates per hour) on weekdays



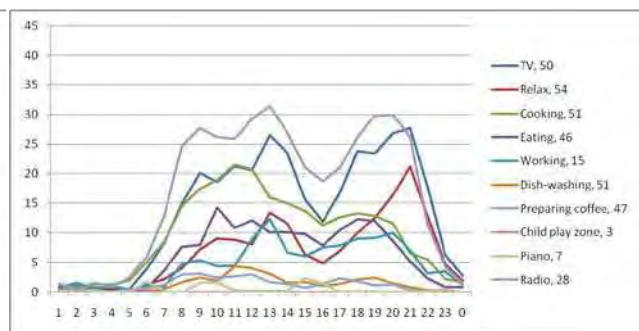
Graph 4: Children's overall presence (tag updates per hour) on weekends

The second kind of information extracted from the Ubisense is presented in Graph 5 to Graph 10, which represent the average percentage of occupation of the activity zones by all the inhabitants, as well as by the adults and by the children, on both weekdays and weekends. As most of the zones were not observed in each and every household, the graphs also give an indication about the amount of persons that were tracked; the difference of 4 persons between weekdays and weekends that is observable in some zones is due to the fact that a problem occurred with the Ubisense system in one of the households and that only weekdays were recorded.

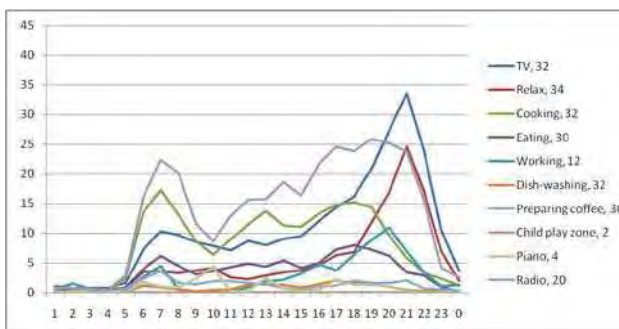
The graphs below show that, as expected, the zones with the highest percentages of occupation were mostly situated in the living room. By looking at the zones where most of the people was tracked, e.g. “Relax” or “TV”, it would be possible to formulate hypothesis about a “general” behavior of the observed persons. For example, observing the occupation of the “Eating” and “Cooking” zones would suggest that on weekdays most of the families have breakfast at around 07:00 and lunch and dinner respectively between 12:00-14:00 and 17:00-19:00.



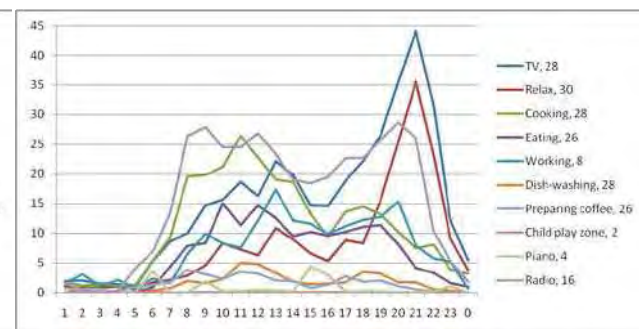
Graph 5: Overall average occupation in % of the activity zones (weekdays)



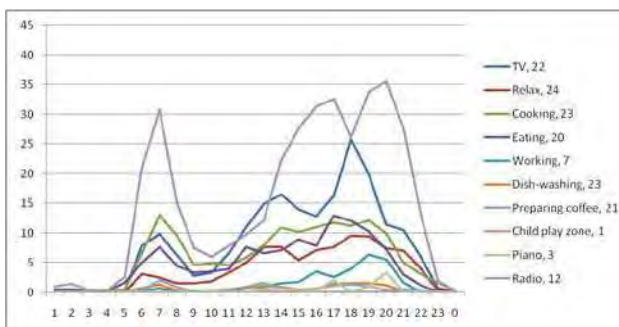
Graph 6: Overall average occupation in % of the activity zones (weekends)



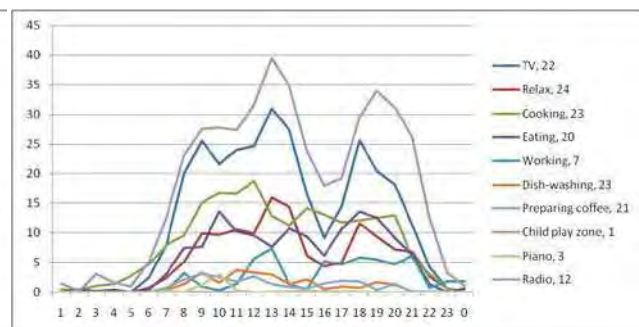
Graph 7: Adults' average occupation in % of the activity zones (weekdays)



Graph 8: Adults' average occupation in % of the activity zones (weekends)



Graph 9: Children's average occupation in % of the activity zones (weekdays)



Graph 10: Children's average occupation in % of the activity zones (weekends)

3. Appliances

Another aspect of the field studies, which was taken care of by Energie AG, was to measure the consumption of the whole household and of various specific devices; in total 305 devices were monitored, i.e. generally 20 per household (minimum 16, maximum 29). In the “PowerSaver area” (covered by the Ubisense system) were installed 146 measuring devices: 27 of them were measuring the consumption of the experimental system and will therefore not be considered in the calculations.

The study showed that the total consumption of the households, estimated on a yearly basis, was over 95 000 kWh (min ca. 2050 kWh; max ca. 9900 kWh; mean ca. 6300 kWh). Chart 1 below shows the overall consumption of the households, divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” and “other devices”; the second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”.

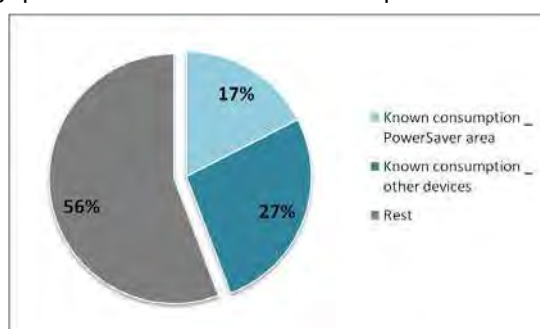


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

A specific type is assigned to each measured device, which purpose is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices are marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) are categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type is also considered as PowerSaver-dependent.

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is noticeable that the controllable appliances represent 34% of the consumption, and that all the PowerSaver-dependent devices account for 68%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (covered by the Ubisense system), the previously stated percentages are respectively 48% and 81% (Chart 3).

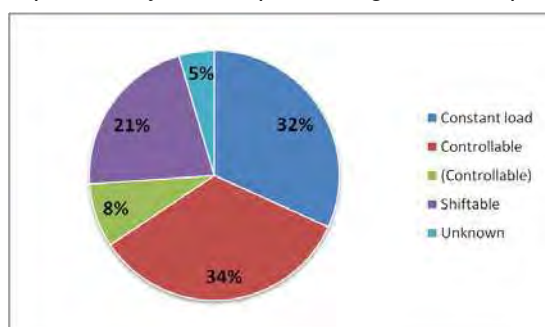


Chart 2: Types of consumers in the whole household

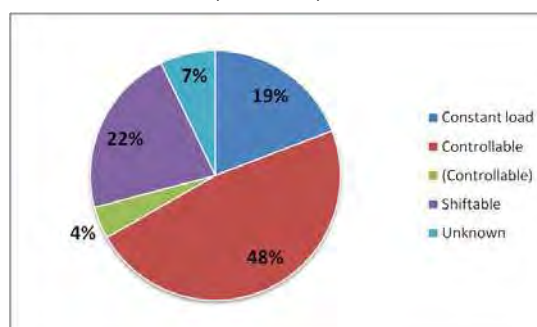


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

An overview of all the measured devices is given in Table 2.

Device	Device type	monitored TOT times	Minimum wattage [W]	Maximum wattage [W]	Average wattage [W]
Aquarium	Constant load	1	17,51	17,51	17,51
Beertender	Controllable	1	5,43	5,43	5,43
Bread slicer	Controllable	4	0,05	2,47	0,67
Charger for laptop	Controllable	7	0,05	8,49	3,81
Charger for mobile phone	Controllable	6	0,23	3,83	1,52
Christmas lights	Controllable	1	11,30	11,30	11,30
Coffee machine	Controllable	12	2,65	10,63	5,28
Continuous-flow water heater	Constant load	1	26,11	26,11	26,11
Dehumidifier	Controllable	1	89,11	89,11	89,11
Dish washer	Shiftable	11	0,07	106,24	37,86
Domestic water supply	Constant load	1	25,67	25,67	25,67
Dryer	Shiftable	6	0,00	101,90	46,10
DVD-Player	Controllable	1	27,58	27,58	27,58
Electric shaver	Controllable	1	2,26	2,26	2,26
Electric stove	(Controllable)	2	8,36	16,02	12,19
Electric toothbrush	Controllable	12	0,04	4,99	2,15
Freezer	Constant load	11	9,49	109,00	39,04
Freezer (horizontal)	Constant load	5	13,93	77,41	42,15
Fridge	Constant load	15	6,04	63,54	29,36
Hairdryer	(Controllable)	8	0,22	3,74	1,45
HD-Player	Controllable	1	6,52	6,52	6,52
HiFi - Tuner	Controllable	13	0,44	23,15	4,42
Home theater	Controllable	1	7,24	7,24	7,24
Hoover	(Controllable)	15	0,06	92,44	10,02
Humidifier	Controllable	1	0,71	0,71	0,71
Iron	(Controllable)	10	0,06	4,58	2,35
Kettle	(Controllable)	6	1,64	7,16	3,75
Kitchen fan	Constant load	2	0,83	2,27	1,55
Lamp	Controllable	3	0,45	49,58	17,52
Lighting	Controllable	4	3,49	9,04	5,79
Microwave	Controllable	10	1,74	13,00	5,64
Music-Keyboards	Controllable	1	2,08	2,08	2,08
Night light	Controllable	6	0,11	8,72	2,51
PC	Controllable	11	2,32	172,69	42,01
Phone	Constant load	1	5,10	5,10	5,10
Printer	Controllable	1	14,79	14,79	14,79
Radiator	Constant load	3	3,97	156,37	74,19
Radio (kitchen)	Controllable	2	1,38	1,77	1,58
Radio clock	Constant load	5	1,53	3,16	2,24
Router	Controllable	2	0,06	10,98	5,52
Sauna	Constant load	1	145,84	145,84	145,84
Socket (cellar)	Unknown	1	5,29	5,29	5,29
Socket (kitchen)	Unknown	15	0,05	106,06	8,74
Socket (living room)	Unknown	4	0,06	4,14	2,18
Socket (office)	Unknown	3	3,86	65,03	24,95
Steamer	Controllable	3	0,06	5,63	3,40
Sump pump	(Controllable)	1	0,15	0,15	0,15
Task-lighting	Controllable	1	0,16	0,16	0,16
Toaster	(Controllable)	3	0,79	1,80	1,22
TV	Controllable	18	1,20	80,25	32,15
Ventilator	Controllable	1	6,36	6,36	6,36
Videogames console	Controllable	2	0,56	2,20	1,38
Washing machine	Shiftable	14	13,39	43,03	24,22
Water bed	Controllable	2	21,19	29,05	25,12
Water heater	Constant load	1	36,11	36,11	36,11
Water tank	Constant load	1	42,55	42,55	42,55
Wine cooler	Constant load	1	54,27	54,27	54,27
Workshop	(Controllable)	1	16,35	16,35	16,35

Table 2: Overview of all the measured devices

4. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

The latter rule-set being the most representative of a real-life situation, it was applied for the gain calculation. It is important to notice that, as the rules are defined in a semi-automatic way (each device class being related to a rule-type), a specific rule-set was generated for each and every household.

The results for the 123 devices in the “PowerSaver area”, representing 25 classes, are given in Table 3.

Device	monitored TOT times	Minimum wattage without PowerSaver [W]	Maximum wattage without PowerSaver [W]	Average wattage without PowerSaver [W]	Average wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	13	21,81	80,25	39,75	25,94	13,81	34,7
PC	2	19,48	81,69	50,59	38,67	11,91	23,5
DVD-Player	1	27,58	27,58	27,58	16,42	11,16	40,5
Lamp	3	0,45	49,58	17,52	10,38	7,14	40,8
Lighting	2	4,3	9,04	6,67	2,87	3,8	57,0
HiFi - Tuner	6	1,45	23,15	6,2	3,18	3,02	48,7
Microwave	8	1,74	13	6,34	4,18	2,16	34,1
Hoover	5	0,45	10,49	3,97	1,91	2,06	51,9
Charger for laptop	4	0,05	8,15	3,65	2,58	1,06	29,0
Coffee machine	12	2,65	10,63	5,28	4,42	0,86	16,3
Radio (kitchen)	2	1,38	1,77	1,58	0,77	0,81	51,3
Charger for mobile phone	5	0,23	3,83	1,47	0,7	0,78	53,1
Socket (kitchen)	14	0,08	106,06	9,37	8,92	0,44	4,7
Socket (living room)	2	0,66	4,14	2,4	2,03	0,38	15,8
Dish washer	11	0,07	106,24	37,86	37,5	0,36	1,0
Steamer	3	0,06	5,63	3,4	3,09	0,31	9,1
Iron	4	0,06	4,58	3,01	2,91	0,11	3,7
Electric stove	2	8,36	16,02	12,19	12,11	0,08	0,7
Kettle	5	1,75	7,16	4,17	4,13	0,05	1,2
Bread slicer	4	0,05	2,47	0,67	0,62	0,04	6,0
Kitchen fan	2	0,83	2,27	1,55	1,51	0,04	2,6
Toaster	2	0,79	1,8	1,3	1,26	0,04	3,1
Water heater	1	36,11	36,11	36,11	36,09	0,03	0,1
Continuous-flow water heater	1	26,11	26,11	26,11	26,11	0	0,0
Fridge	9	19,49	59,47	33,16	33,16	0	0,0

Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The results show that the highest absolute gains are achievable on entertainment and on lighting devices. This seems correct when observing that the main criteria for buying a PC or a TV are generally related to performances, while the ones for getting a fridge or a dish-washer are mostly linked to power efficiency.

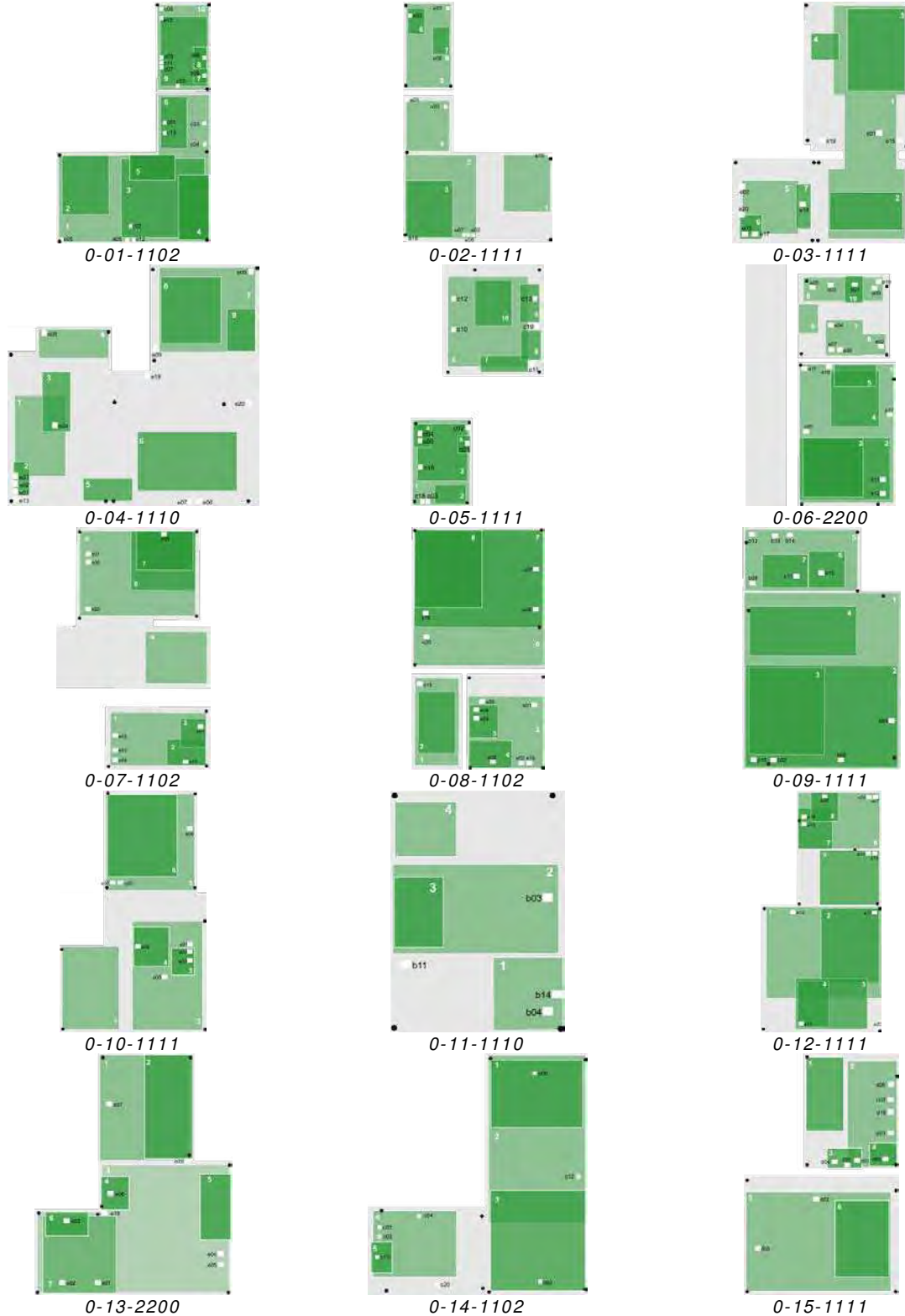
Concerning the gain, an overall reduction of more than 310 W was achievable in the 15 households, which represent ca. 2700 kWh per year. This is equivalent to 3% of the whole households consumption (95 000 kWh), and 17% of the total consumption measured in the 15 PowerSaver areas.

In monetary terms, knowing that the average price of electricity for households in Austria ranges from 0.17€/kWh to 0.20€/kWh ^[1], the system could have allowed a saving of ca. 30€ to 35€ per year per household; this, considering that the average consumption of the devices in the PowerSaver area was only 17% of the whole households consumption (cf. Chart 1), suggests that extending the considered area could lead to large savings in the households.

[1] <http://www.energy.eu/>

5. Floorplans

The floorplans of the 15 studied households are given below. In light gray are the rooms, in green the activity zones; the white squares represent the measured devices while the black dots give the approximate positioning of the Ubisense sensors. Each household name is encoded as “x-xx-xxxx”. The first number indicates that the building was a household (it would have been ‘1’ for an office); the second number corresponds to the chronological sequence of the study; the third block represents sequentially the number of tracked adult (over 18 years old) males, adult females, young males and young females in the household. The average surface of the whole households was 160 m², while that of the observed areas was 40 m².



Household 0-01-1102

1. Description

The study took place from the 01/12/09 to the 15/12/09 in a single-family house, having a surface of 180 m².

The household was occupied by four inhabitants: the father (39 years old), the mother (36 years old) and two daughters (7 and 5 years old). The father is an office worker, the mother is a teacher and the children are going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen and a living room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 29 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 16 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the kitchen is the smallest zone; the other is the living room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 7 sensors were deployed. As the visibility of a tag by three or more sensors is required for recording location data, it can be noticed that the study covered the whole kitchen (the sensors having a large peripheral view) and most of the living room.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to ten, is given in Table 1. It is important to remark that zone #6 and part of zone #1 were not included in the Ubisense detection area.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

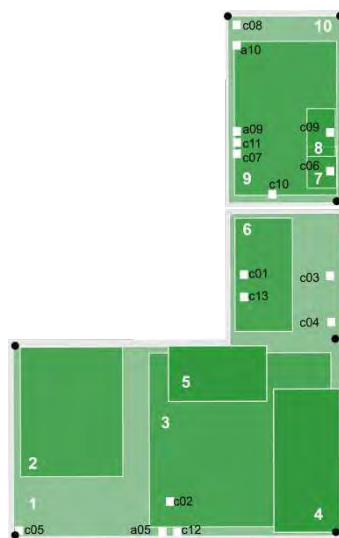


Figure 1: Experiment's setup

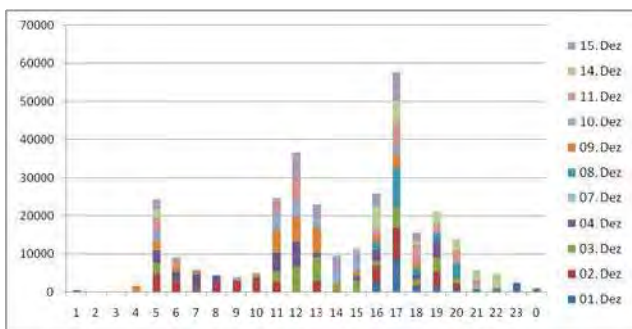
#	Activity zone (room)
1	Radio1 (living room)
2	Eating (living room)
3	TV (living room)
4	Relax1 (living room)
5	Relax2 (living room)
6	Working _ not observed (living room)
7	Preparing coffee (kitchen)
8	Dish-washing (kitchen)
9	Cooking (kitchen)
10	Radio2 (kitchen)

Table 1: Activity zones

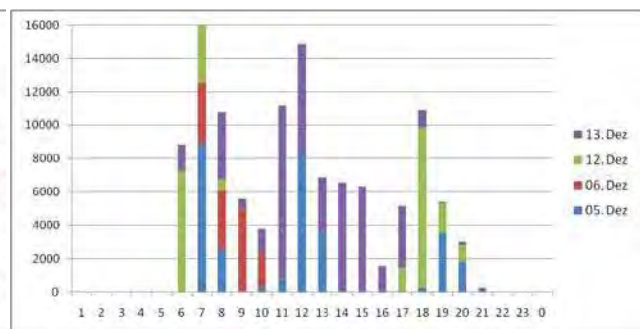
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data is recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

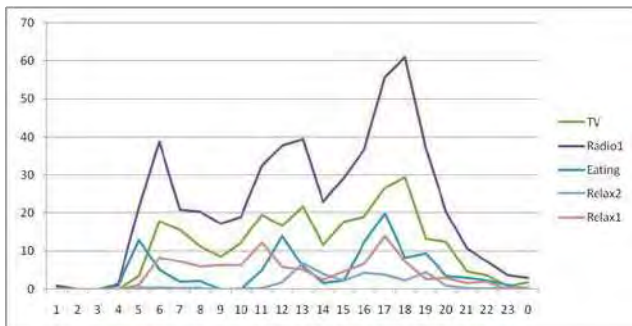
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 to Graph 6 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax1), the sum of percentages might be higher than 100%. For the same reason, the plot of the “Radio2” area is not observable on Graph 5 and Graph 6 as it is overlapped by the one of the “Cooking” area.



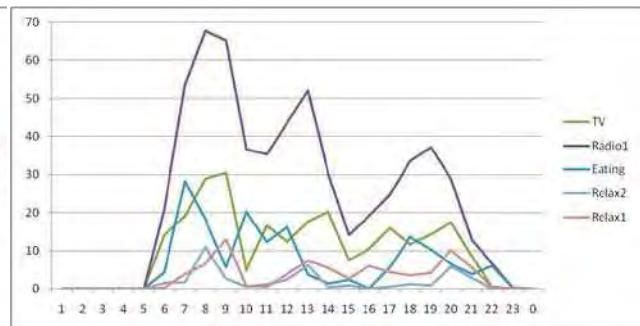
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



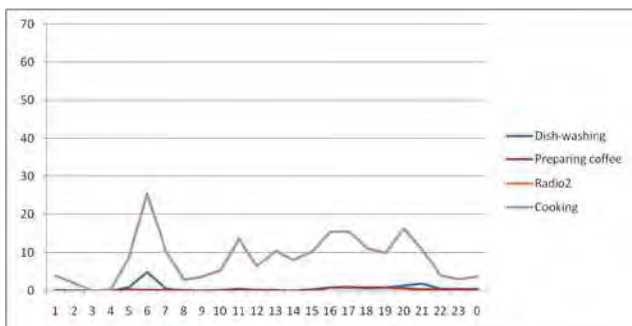
Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



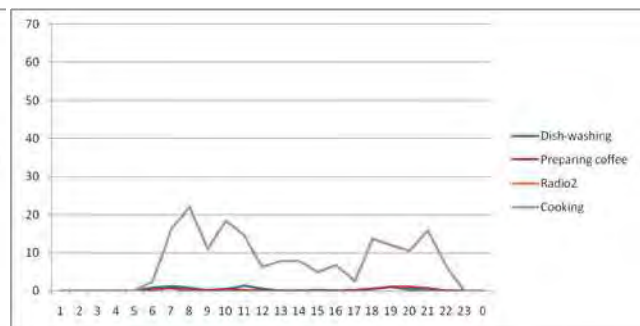
Graph 3: Average occupation in % of the activity zones in the living room (weekdays)



Graph 4: Average occupation in % of the activity zones in the living room (weekends)



Graph 5: Average occupation in % of the activity zones in the kitchen (weekdays)



Graph 6: Average occupation in % of the activity zones in the kitchen (weekends)

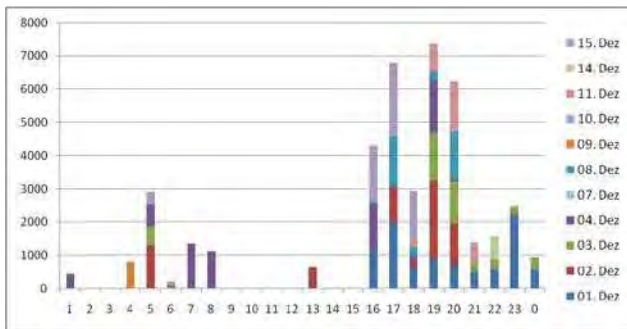
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 to Graph 6. During weekdays, the inhabitants wake up at around 05:00 and then it seems that most of them leave the household; the

peaks of presence from 11:00 to 13:00 may indicate that some of the inhabitants are back for lunch. The high peak at 17:00 seems to represent a moment in which all the inhabitants were together. By looking at Graph 3 and Graph 5, it can be assumed that the previously specified times partially correspond to the times in which the family eats (according to the "Eating" zone occupation, breakfast, lunch and dinner seem to happen at 05:00, 12:00 and 17:00, respectively) or in which some of the inhabitants are staying in the living room.

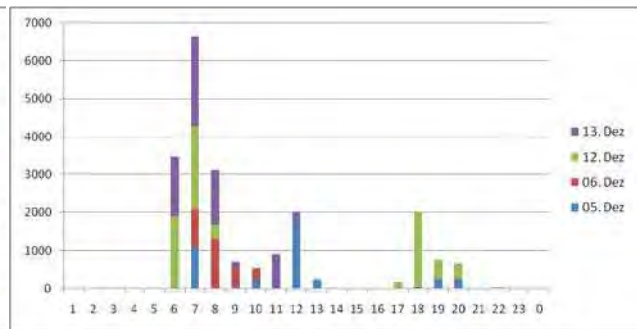
During weekends assumptions are difficult to establish, because data were collected on fewer days. Nevertheless, it can be noticed that the house "awakens" later (between 06:00 and 07:00); also, the peaks at 07:00, 12:00 and 18:00 probably represent breakfast, lunch and dinner.

Finally, a closer look to Graph 1 and Graph 2 shows that no data were collected from the morning of the 6th (Sunday) till the afternoon of the 8th (which is a holiday). Since the instruments were working before and after this event, it might indicate that the family left the household during this period.

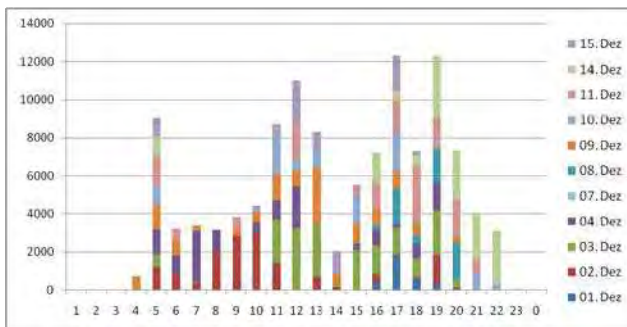
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



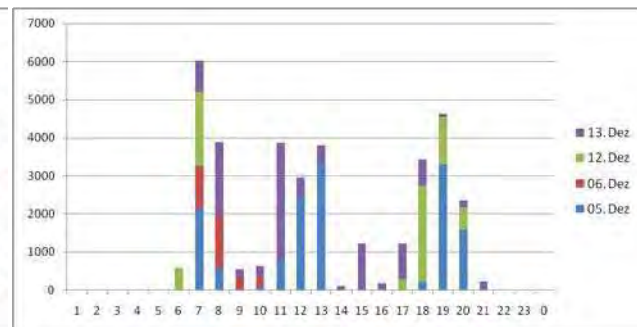
Graph 7: Father, 39, presence on weekdays



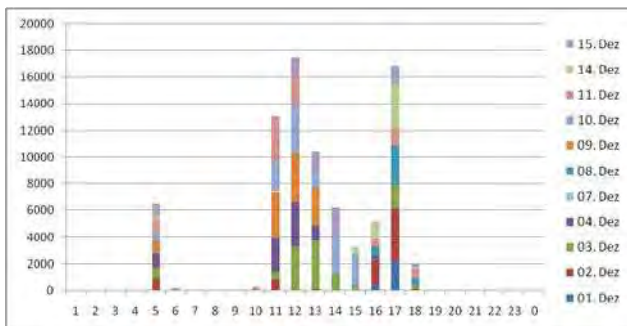
Graph 8: Father, 39, presence on weekends



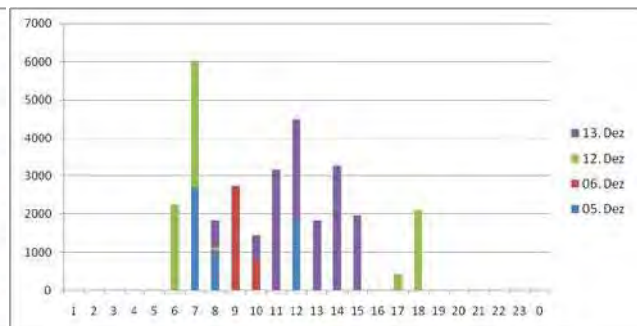
Graph 9: Mother, 36, presence on weekdays



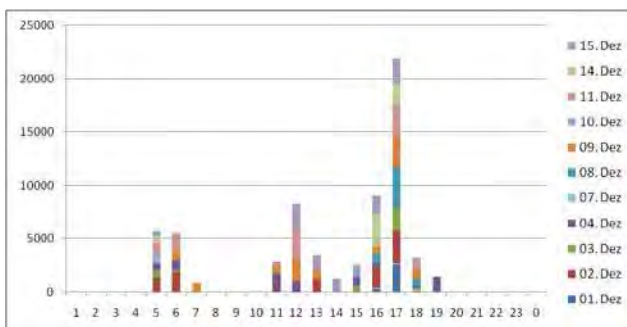
Graph 10: Mother, 36, presence on weekends



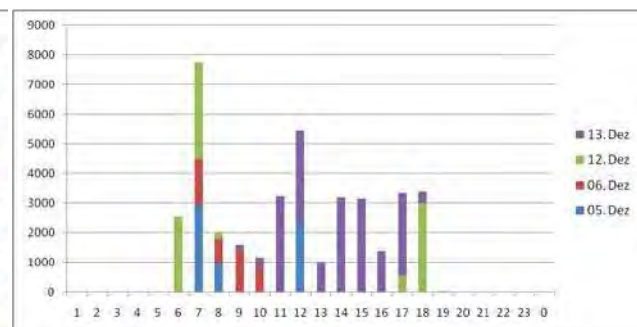
Graph 11: Daughter, 7, presence on weekdays



Graph 12: Daughter, 7, presence on weekends



Graph 13: Daughter, 5, presence on weekdays



Graph 14: Daughter, 5, presence on weekends

These graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section. On weekdays, the father's presence resembles that of an office worker, as shown by the lack of data in the middle of the day; however the absence of recorded data on some days (6th-8th as previously shown, but also 9th-11th or 13th-14th), suggesting that the father was away, make the evaluation of his pattern difficult. The mother's graphs, much smoother with peaks around eating time, look correct for a teacher (as on some days data is missing in the morning). Finally, the daughters' graphs are similar and correspond

to a school day pattern of young children: lack of data in the morning, peaks at lunchtime, some data in the afternoon (days without afternoon classes) and lack of data in the early night (bedtime). Additionally, the adults have peaks of presence after the children bedtime: by looking at Graphs 3 to 6 we can assume they spend time in the kitchen and in the living room.

On weekends, the most noticeable aspect of the graphs is the adults' lack of data between 14:00 and 16:00; this could indicate that they rest at that time.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
A05	Iron	4,58	(Controllable)
A09	Socket (kitchen)	0,08	Unknown
A10	Radio (kitchen)	1,38	Controllable
C02	TV	21,81	Controllable
C05	PS measurement system	71,95	Constant load
C06	Coffee machine	2,65	Controllable
C07	Toaster	1,80	(Controllable)
C08	Microwave	4,29	Controllable
C09	Dish washer	29,92	Shiftable
C10	Fridge	31,40	Constant load
C11	Kettle	7,16	(Controllable)
C12	Socket (living room)	0,66	Unknown
A01	Fridge	10,05	Constant load
A02	Washing machine	13,93	Shiftable
A03	Freezer	25,09	Constant load
A04	Dryer	40,27	Shiftable
A06	Hairdryer	0,74	(Controllable)
A08	Electric toothbrush	3,11	Controllable
A11	Socket (hallway)	0,06	Unknown
C01	PC	88,59	Controllable
C03	Hi-Fi	3,33	Controllable
C04	PS switch	27,02	Constant load
C13	Phone	5,10	Constant load
C14	Aquarium	17,51	Constant load
C15	TV	18,12	Controllable
D18	Socket (guest room)	3,87	Unknown
D19	Radio	3,41	Controllable
E18	Home theater	7,24	Controllable
E19	Night light	8,72	Controllable

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (C04) and the PS measurement system (C05) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 8400 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove, a water heater or two laptop computers.

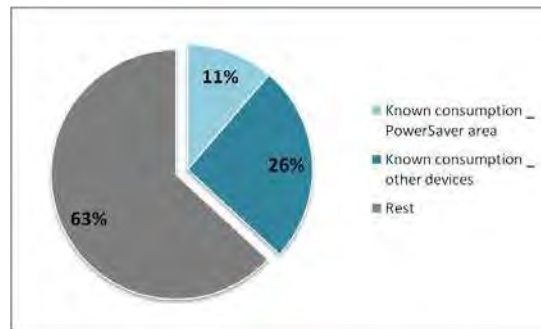


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 45% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 75%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 28% and 70%.

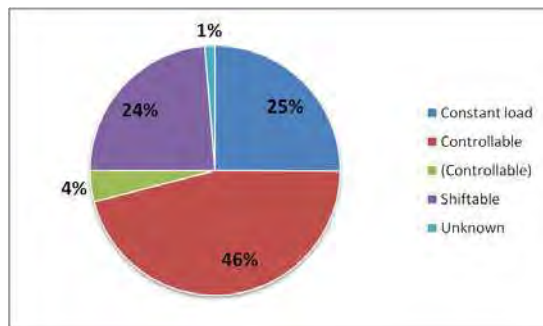


Chart 2: Types of consumers in the whole household

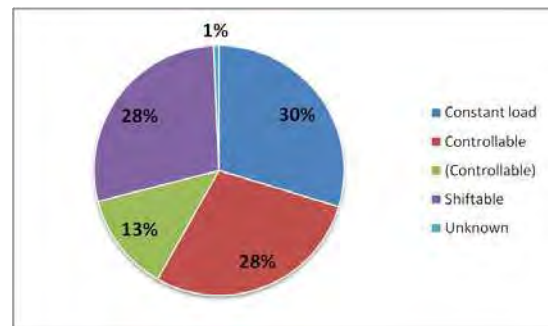


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	21,81	8,89	12,91	59,2
Microwave	4,29	2,73	1,57	36,5
Radio (kitchen)	1,38	0,46	0,93	67,0
Coffee machine	2,65	2,31	0,34	12,8
Dish washer	29,92	29,63	0,29	1,0
Iron	4,58	4,38	0,20	4,3
Socket (kitchen)	0,08	0,03	0,05	62,0
Kettle	7,16	7,12	0,04	0,6
Toaster	1,80	1,77	0,03	1,9
Socket (living room)	0,66	0,64	0,02	3,1
Fridge	31,40	31,40	0,00	0,0
Fridge	10,05			
Washing machine	13,93			
Freezer	25,09			
Dryer	40,27			
Hairdryer	0,74			
Electric toothbrush	3,11			
Socket (hallway)	0,06			
PC	88,59			
Hi-Fi	3,33			
Phone	5,10			
Aquarium	17,51			
TV	18,12			
Socket (guest room)	3,87			
Radio	3,41			
Home theater	7,24			
Night light	8,72			
TOTAL: PowerSaver area	105,7	89,4	16,4	15,5
TOTAL: Measured devices	354,9	338,5	16,4	4,6
TOTAL: Household	955,1	938,8	16,4	1,7

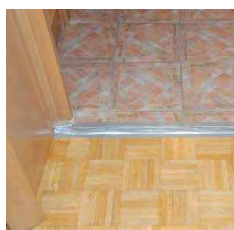
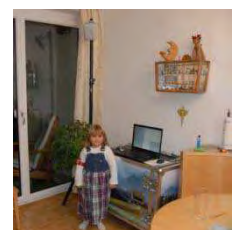
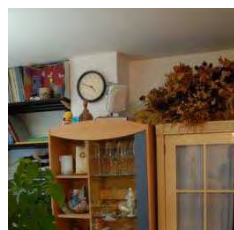
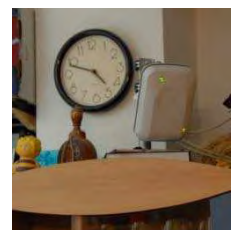
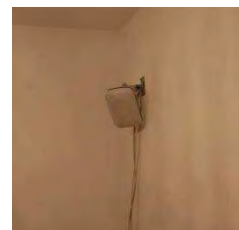
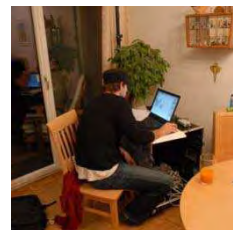
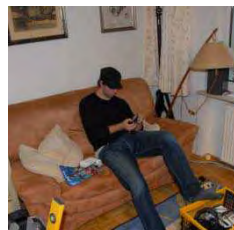
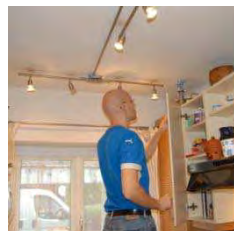
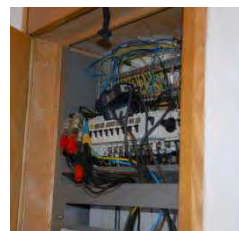
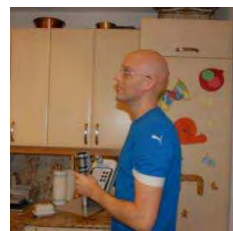
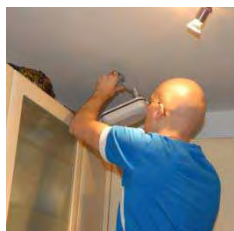
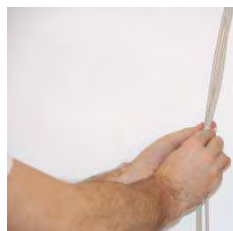
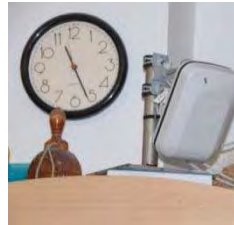
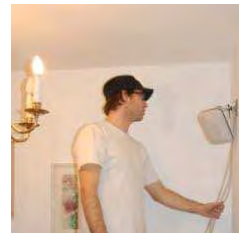
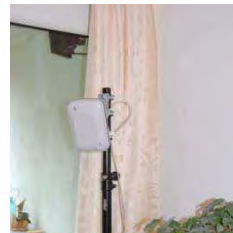
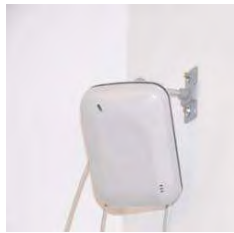
Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 15% could have been achieved, which would represent a 1.7% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 11% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 8400 kWh) and the average price of electricity (0.18€/kWh for large consumers^[1]), the system could have allowed a saving of ca. 25€ per year even though the study area was small.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 10% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of ca. 150€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 0-02-1111

1. Description

The study took place from the 11/01/10 to the 20/01/10 in a single-family house, having a surface of 85 m².

The household was occupied by four inhabitants: the father (37 years old), the mother (32 years old), the daughter (8 years old) and the son (6 years old). The father and the mother are both working from home; the children are going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen and a living room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 21 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 16 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the kitchen is the smallest zone; the other is the living room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 7 sensors were deployed. As the visibility of a tag by three or more sensors is required for recording location data, it can be noticed that the study covered the whole kitchen (the sensors having a large peripheral view) and most of the living room.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to seven, is given in Table 1. It is important to remark that zone #4 was not included in the Ubisense detection area.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

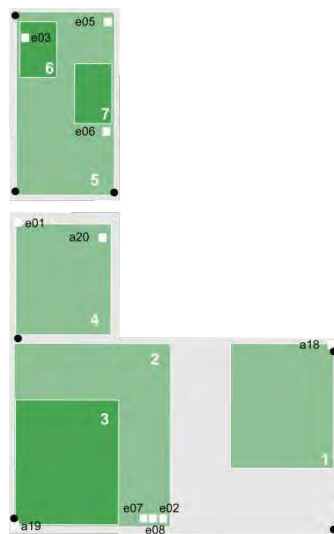


Figure 1: Experiment's setup

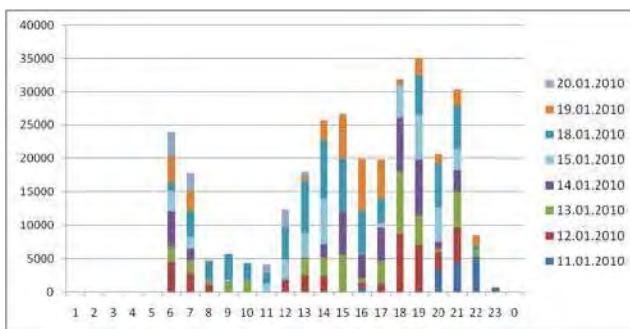
#	Activity zone (room)
1	Eating (living room)
2	TV (living room)
3	Relax1 (living room)
4	Relax2 _ not observed (living room)
5	Cooking (kitchen)
6	Preparing coffee (kitchen)
7	Dish-washing (kitchen)

Table 1: Activity zones

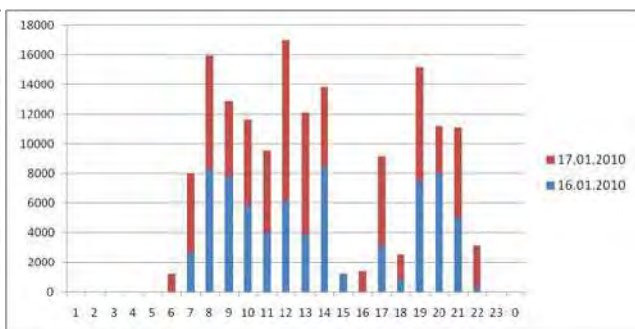
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

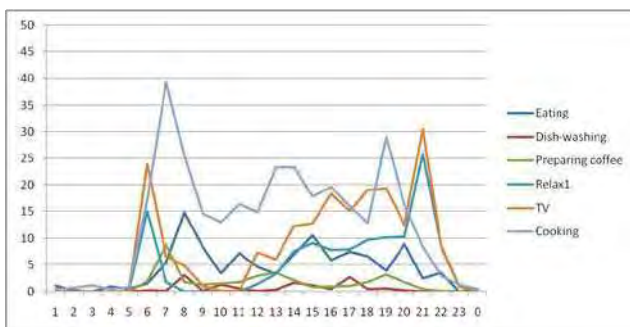
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax1), the sum of percentages might be higher than 100%.



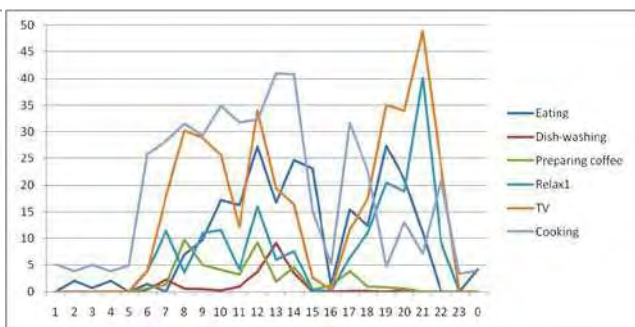
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

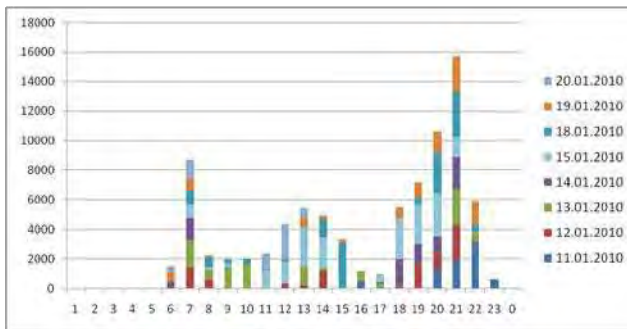


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

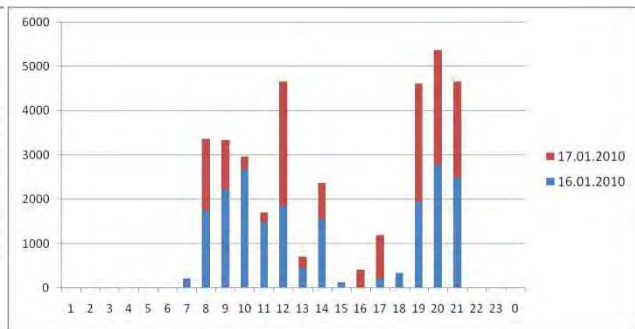
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays, the inhabitants wake up at 06:00, and then some of them leave (for school); the augmentation of presence data at around 12:00 and then again at 14:00 might indicate the time at which the children come back home. This seems to be reinforced by the fact the percentage of occupation of the "TV" zone grows after that time. Finally, the peaks at 18:00 and 19:00 seem to correspond to when the dinner is prepared (high percentage of occupation of the "Cooking" zone), followed by dinner itself around 20:00 as shown by the peak of occupation of the "Eating" zone.

As only two weekend days have been recorded, it is difficult to estimate a specific behavior of the inhabitants. Nevertheless, the large amount of data captured at 07:00 and 08:00 might indicate that the household "awakens" later at weekends; then, the peaks at 12:00 and again at 19:00 could respectively represent lunch and dinner time. This might be confirmed by the corresponding peaks of occupation of the "Eating" zone.

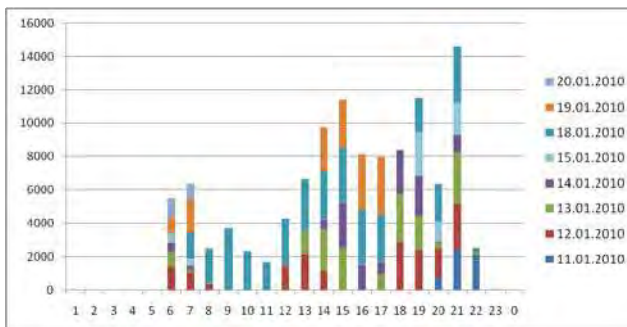
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



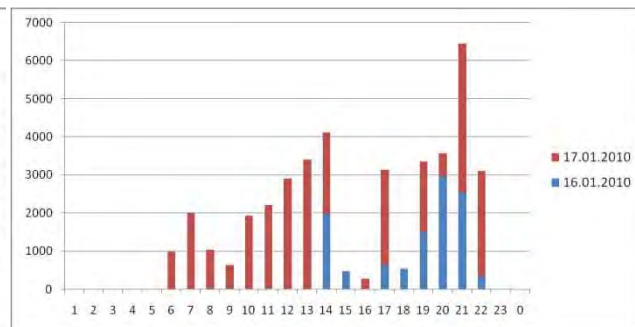
Graph 5: Father, 37, presence on weekdays



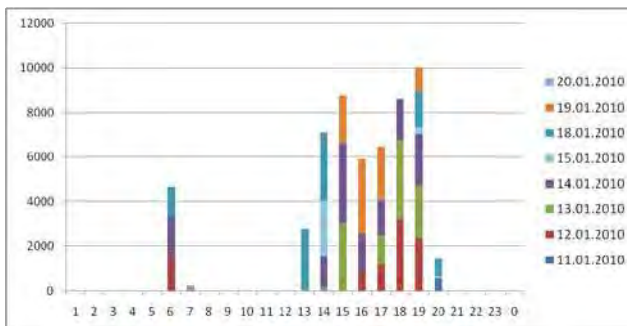
Graph 6: Father, 37, presence on weekends



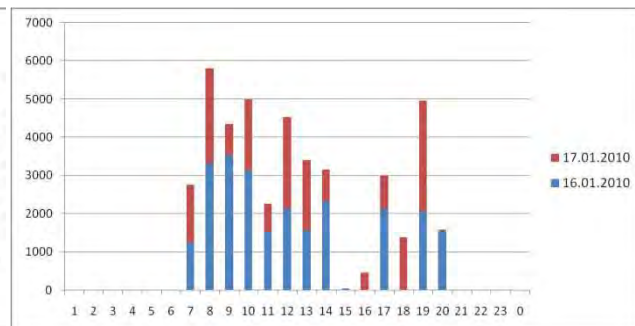
Graph 7: Mother, 32, presence on weekdays



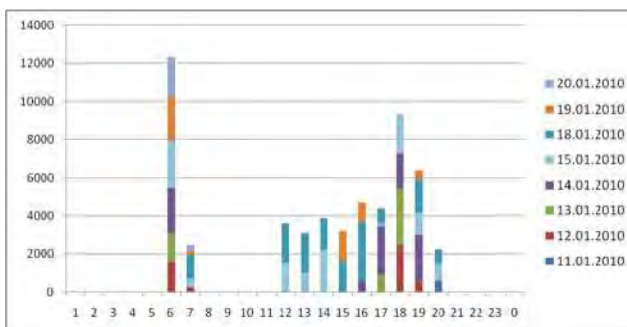
Graph 8: Mother, 32, presence on weekends



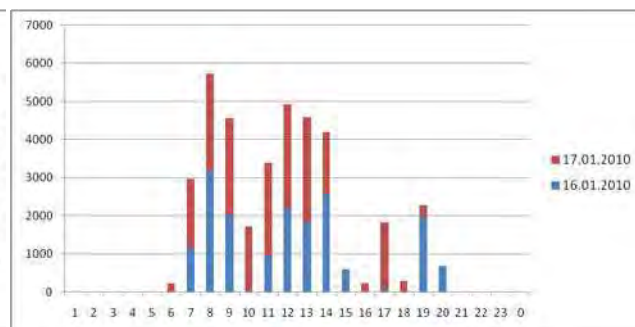
Graph 9: Daughter, 8, presence on weekdays



Graph 10: Daughter, 8, presence on weekends



Graph 11: Son, 6, presence on weekdays



Graph 12: Son, 6, presence on weekends

These graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section. On weekdays, the father's presence seems rather regular, with data generally collected throughout the whole day. The mother's graph is slightly different, with lack of data in the morning (excepted on the 18th), and higher peaks in the afternoon, which might be related to the fact that the children are coming back home from school. About the children, their graphs are similar, with a peak around 06:00 followed by a gap (probably breakfast and school time), then again data collected in the afternoon before bed time

which seems to be at around 21:00. Additionally, the adult's have peaks of presence after the children bedtime: by looking at Graph 3 we can assume they spend time watching television.

Concerning the weekend days, no real assumptions can be made, as only two days were recorded.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
A18	Lighting	4,30	Controllable
A19	Lighting	9,04	Controllable
E02	TV	35,90	Controllable
E03	Coffee machine	10,63	Controllable
E05	Microwave	1,74	Controllable
E06	Fridge	59,47	Constant load
E07	Socket (living room)	4,14	Unknown
E08	Charger for mobile phone	0,43	Controllable
A20	Lighting	6,34	Controllable
E01	PS measurement system	83,68	Constant load
E04	Beer tender	5,43	Controllable
E09	Nintendo Wii	0,56	Controllable
E10	Sauna	145,84	(Controllable)
E11	Dryer	67,25	Shiftable
E12	Washing machine	25,17	Shiftable
E13	Freezer	109,00	Constant load
E14	PC	15,17	Controllable
E15	TV	4,51	Controllable
E16	Hairdryer	0,22	(Controllable)
E17	Iron	0,64	(Controllable)
E18	Christmas lights	11,30	Controllable

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS measurement system (E01) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 9900 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove, a water heater, one more TV and a laptop.

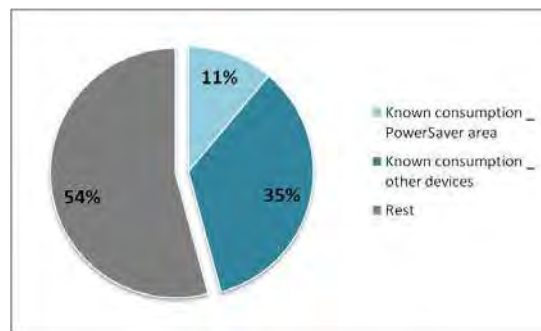


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 20% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 67%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 50% and 53% (the constant load devices have a very important part of consumption because of the sauna).

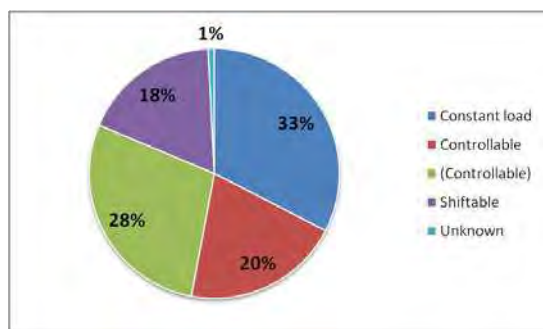


Chart 2: Types of consumers in the whole household

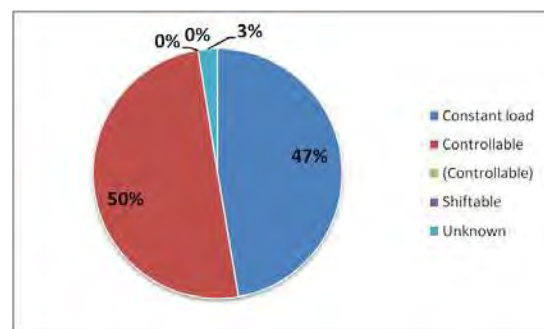


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	35,90	26,26	9,64	26,8
Lighting	9,04	4,73	4,31	47,7
Lighting	4,30	1,01	3,28	76,5
Socket (living room)	4,14	3,41	0,73	17,6
Coffee machine	10,63	10,31	0,32	3,1
Mobile phone charger	0,43	0,31	0,12	26,8
Microwave	1,74	1,71	0,03	1,7
Fridge	59,47	59,47	0,00	0,0
Lighting	6,34			
Beertender	5,43			
Nintendo Wii	0,56			
Sauna	145,84			
Dryer	67,25			
Washing machine	25,17			
Freezer	109,00			
PC	15,17			
TV	4,51			
Hairdryer	0,22			
Iron	0,64			
Christmas lights	11,30			
TOTAL: PowerSaver area	125,7	107,2	18,4	14,7
TOTAL: Measured devices	517,1	498,7	18,4	3,6
TOTAL: Household	1129,6	1111,1	18,4	1,6

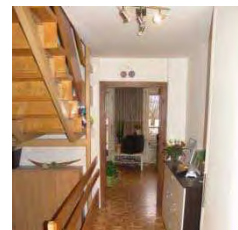
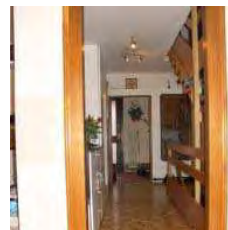
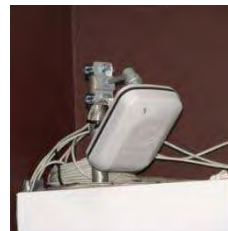
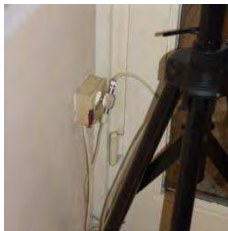
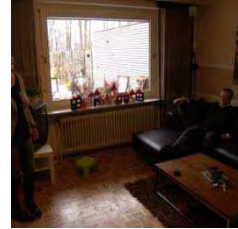
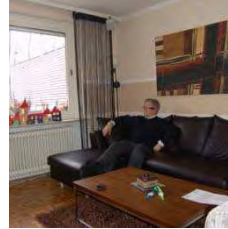
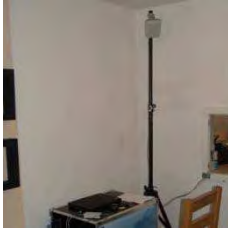
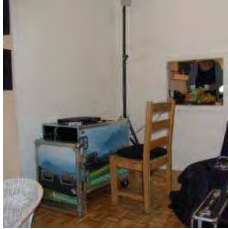
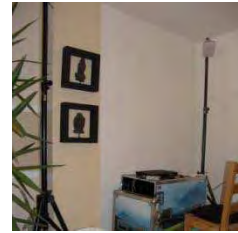
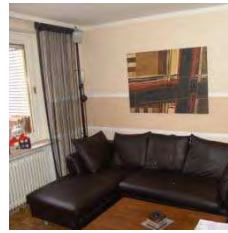
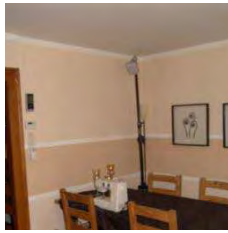
Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of almost 15% could have been achieved, which would represent a 1.6% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 11% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 9900 kWh) and the average price of electricity (0.18€/kWh for large consumers^[1]), the system could have allowed a saving of ca. 28€ per year even though the study area was small.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 9% or 10% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of more than 160€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 0-03-1111

1. Description

The study took place from the 16/02/10 to the 01/03/10 in a single-family house, having a surface of 160 m².

The household was occupied by four inhabitants: the father (43 years old), the mother (38 years old), the daughter (6 years old) and the son (5 years old). The father is an office worker, the mother a housekeeper, and the children are going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen/dining room and a living room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 16 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the kitchen is the lowest zone in the image; the other is the living room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 11 sensors were deployed. As the visibility of a tag by three or more sensors is required for recording location data, it can be noticed that the study covered both room integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to seven, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

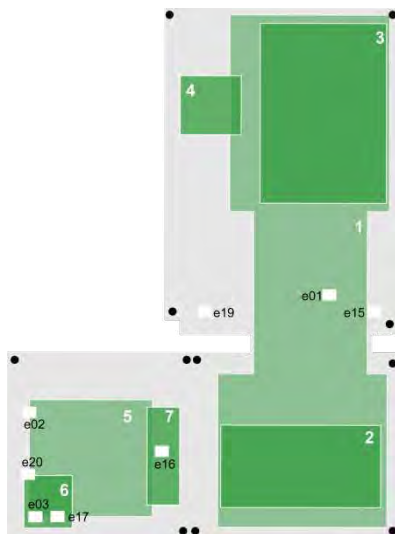


Figure 1: Experiment's setup

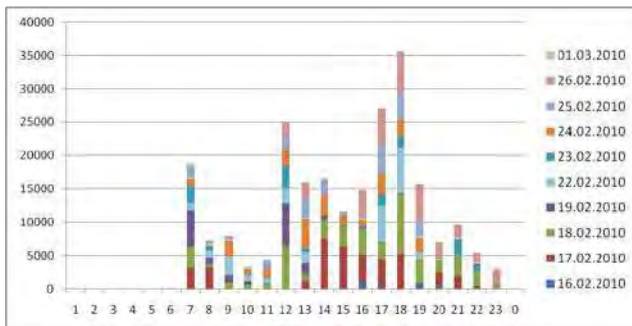
#	Activity zone (room)
1	TV (living room + kitchen)
2	Eating (kitchen)
3	Relax (living room)
4	Piano (living room)
5	Cooking (kitchen)
6	Preparing coffee (kitchen)
7	Dish-washing (kitchen)

Table 1: Activity zones

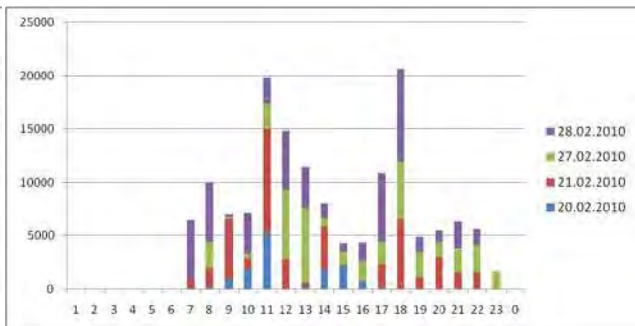
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

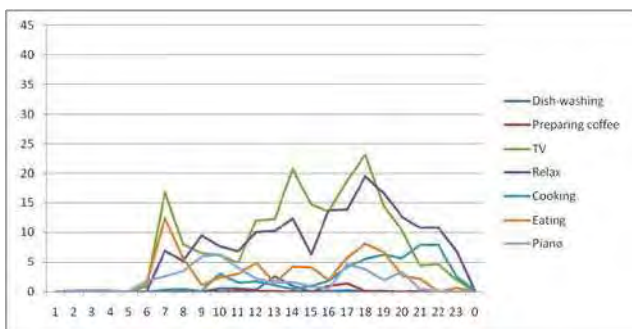
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



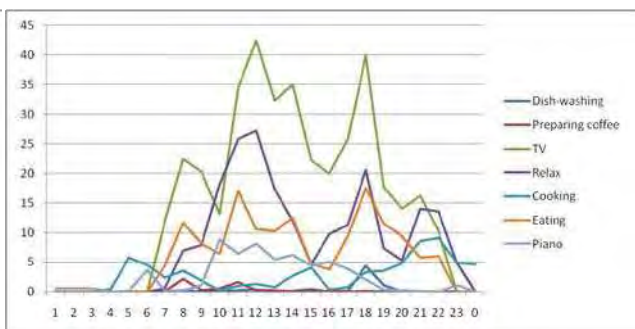
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

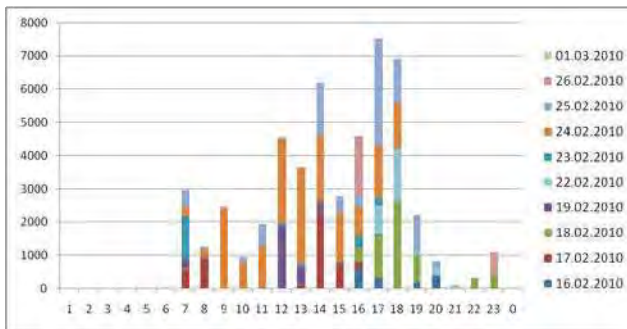


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

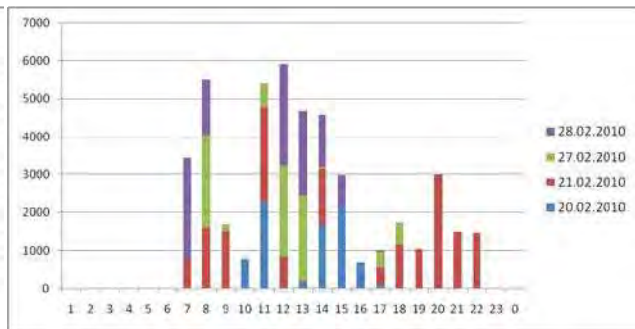
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays the inhabitants wake up at around 07:00, have breakfast and then it seems that most of them leave (for work or school); the peaks of presence at 12:00 tend to indicate that at least some of the inhabitants are regularly back home around lunch time; again, the peaks at 17:00 and 18:00 could represent the coming back home and dinner. The specified times for breakfast, lunch and dinner seem to be confirmed by the corresponding percentages of occupation of the "Eating" area.

During weekends, the graph presents data starting from 07:00; again, the peaks of presence at 07:00-08:00, 11:00 and 18:00 could be linked to the occupation of the "Eating" zone to determine breakfast, lunch and dinner time. It is also interesting to notice that the "TV" area has a much higher percentage of occupation during weekends.

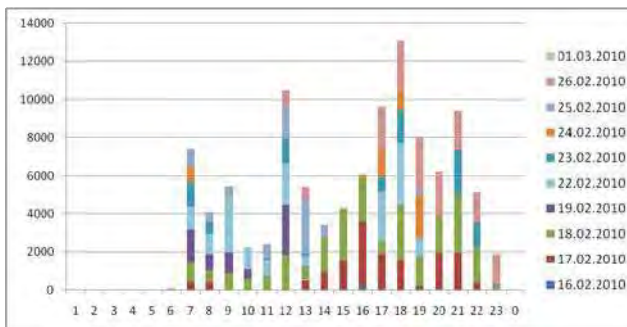
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



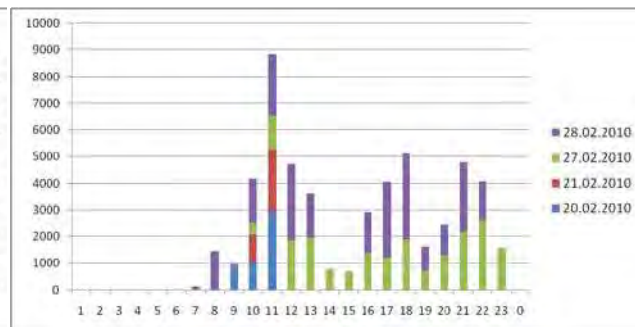
Graph 5: Father, 43, presence on weekdays



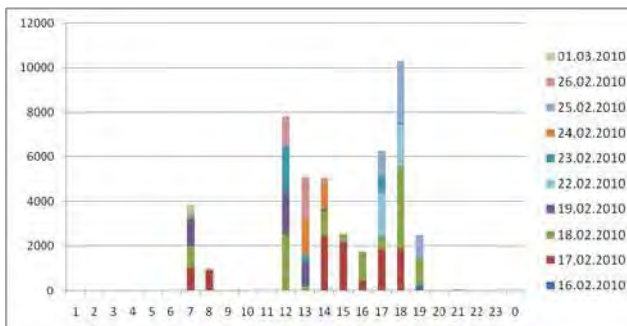
Graph 6: Father, 43, presence on weekends



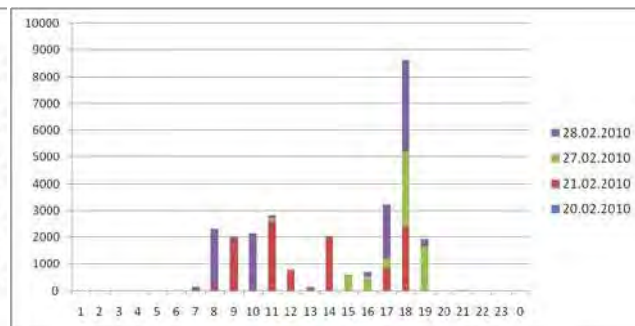
Graph 7: Mother, 38, presence on weekdays



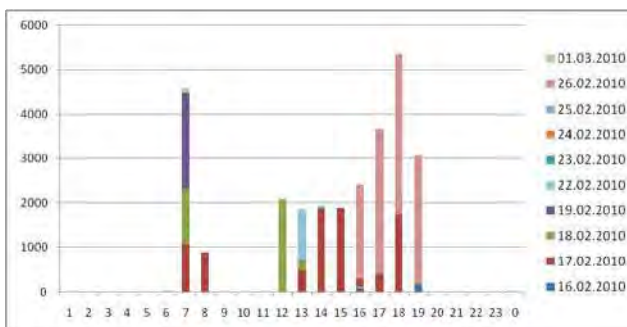
Graph 8: Mother, 38, presence on weekends



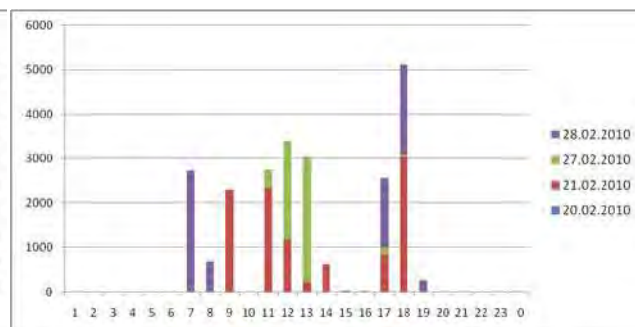
Graph 9: Daughter, 6, presence on weekdays



Graph 10: Daughter, 6, presence on weekends



Graph 11: Son, 5, presence on weekdays



Graph 12: Son, 5, presence on weekends

These graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section. On weekdays, the father's presence seems the one of an office worker, as shown by the lack of data in the middle of the day (excepted on the 24th). The graph of the mother, much smoother (which indicates that data were collected throughout all the day) and with peaks around breakfast, lunch and dinner time, looks correct for a housekeeper. Finally, the children's graphs are similar and seem to correspond to a school day pattern of young children, with a lack of data in the morning after breakfast followed by smoother

bars when the children are back home and an early lack of data due to bedtime (around 19:00). A closer look to the son's graph shows that he might have forgotten to wear his tag, as the data collected is very irregular and is even missing on several days in a row (23rd, 24th and 25th).

Concerning the weekends, it seems like no real assumption can be made. The parent's graphs are quite irregular, with peaks at different times; instead, the daughters' graphs are characterized by the total lack of data on the 20/02 and the very low amount of data generally captured throughout the whole day excepted at 18:00, which might be dinner time.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the two rooms covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
E01	TV	28,61	Controllable
E02	Fridge	19,49	Constant load
E03	Socket (kitchen)	0,95	Unknown
E15	PS switch	55,49	Constant load
E16	Dishwasher	0,07	Shiftable
E17	Steamer	0,06	Controllable
E19	PS measurement system	82,53	Constant load
E20	Electric Stove	16,02	(Controllable)
E04	Electric Toothbrush	2,79	Controllable
E05	PC	6,09	Controllable
E06	Freezer	35,08	Constant load
E07	Dryer	67,12	Shiftable
E08	Washing machine	31,92	Shiftable
E09	Fridge	12,31	Constant load
E10	Iron	3,10	(Controllable)
E11	Music-Keyboard	2,08	Controllable
E12	Task-lighting	0,16	Controllable
E13	Night light	0,70	Controllable
E14	Water tank	42,55	Constant load
E18	Hoover	3,00	(Controllable)

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (E15) and of the PS measurement system (E19) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 5000 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as one more TV or a laptop.

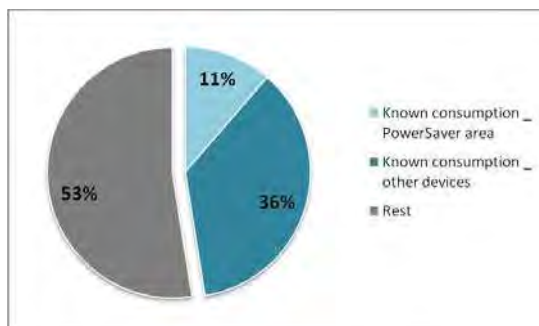


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 15% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 60%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 44% and 70%.

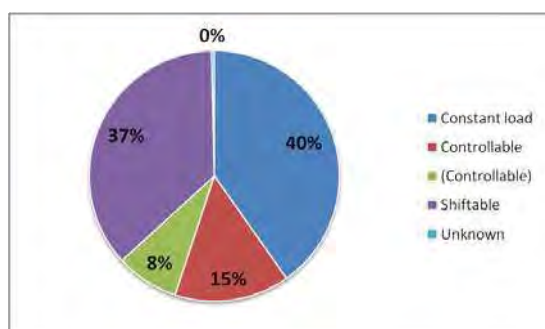


Chart 2: Types of consumers in the whole household

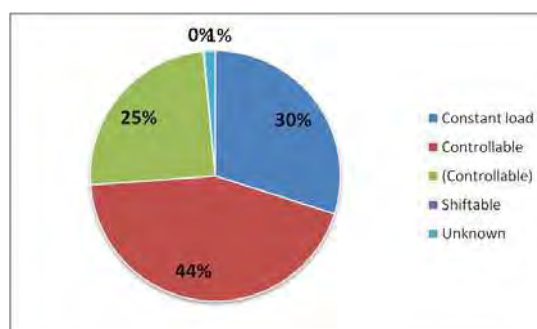


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	28,61	16,30	12,31	43,0
Electric Stove	16,02	15,90	0,11	0,7
Dish washer	0,07	0,00	0,07	98,4
Steamer	0,06	0,00	0,06	92,3
Socket (kitchen)	0,95	0,90	0,05	5,7
Fridge	19,49	19,49	0,00	0,0
Electric Toothbrush	2,79			
PC	6,09			
Freezer	35,08			
Dryer	67,12			
Washing machine	31,92			
Fridge	12,31			
Iron	3,10			
Music-Keyboard	2,08			
Task-lighting	0,16			
Night light	0,70			
Water tank	42,55			
Hoover	3,00			
TOTAL: PowerSaver area	65,2	52,6	12,6	19,3
TOTAL: Measured devices	272,1	259,5	12,6	4,6
TOTAL: Household	573,1	560,5	12,6	2,2

Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of almost 20% could have been achieved, which would represent a 2.2% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 11% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 5000 kWh) and the average price of electricity (0.19€/kWh for small consumers ^[1]), the system could have allowed a saving of ca. 20€ per year even though the study area was small.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 10% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of more than 90€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

Household 0-04-1110

1. Description

The study took place from the 04/03/10 to the 17/03/10 in a single-family household in the city, having a surface of 150 m².

The household was occupied by three inhabitants: the father (58 years old), the mother (35 years old) and the son (2 years old). The father is a full-time worker, the mother a part-time worker, and the son is still too young to go to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in one large room, which included a kitchen, a dining room and a living room, in order to record location data of the three inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 12 of them were in the above-mentioned room. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zone represents the monitored room: on the image, the kitchen part is on the left, the dining room in the bottom right corner, and the living room in the top right corner. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 11 sensors were deployed. As the visibility of a tag by three or more sensors is required for recording location data, it can be noticed that the study covered the whole kitchen and living room, and most of the dining room.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to nine, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).



Figure 1: Experiment's setup

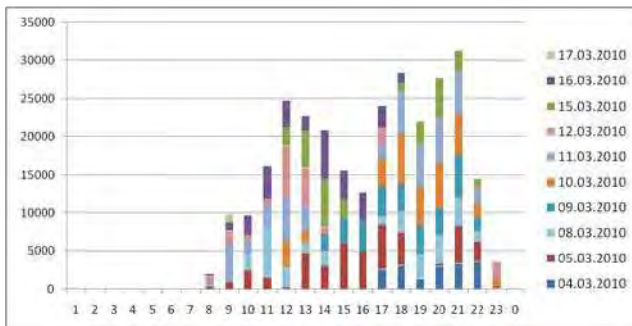
#	Activity zone (room)
1	Cooking1 (kitchen)
2	Preparing coffee (kitchen)
3	Dish-washing (kitchen)
4	Cooking2 (kitchen)
5	Playing piano (dining room)
6	Eating (dining room)
7	TV (living room)
8	Relax (living room)
9	Child play zone (living room)

Table 1: Activity zones

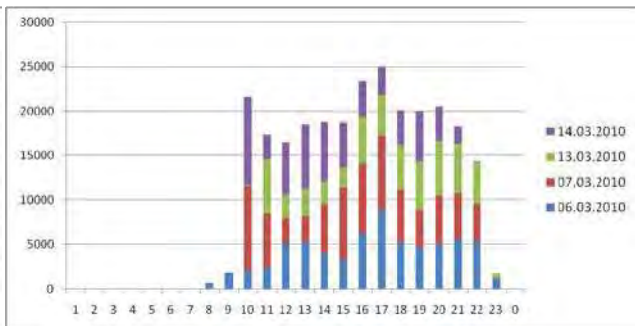
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

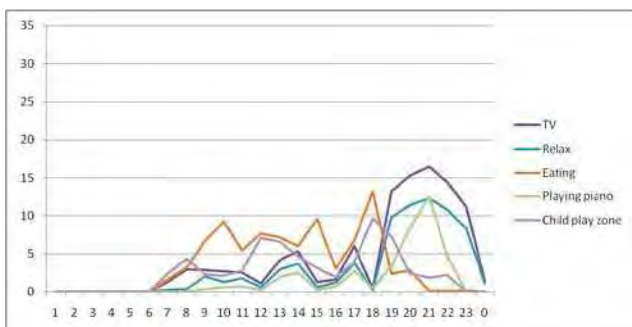
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 to Graph 6 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



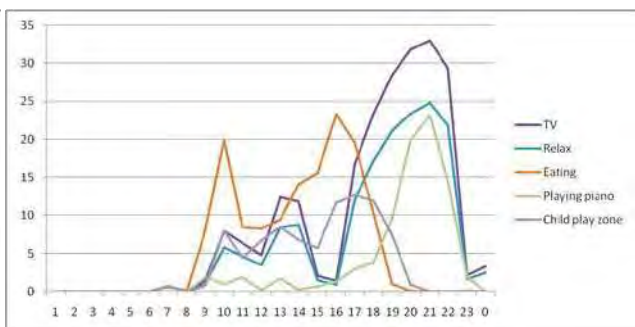
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



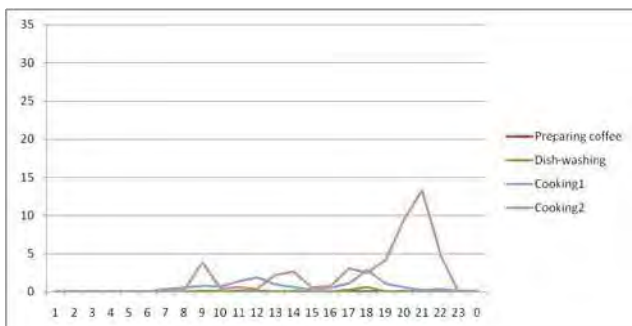
Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



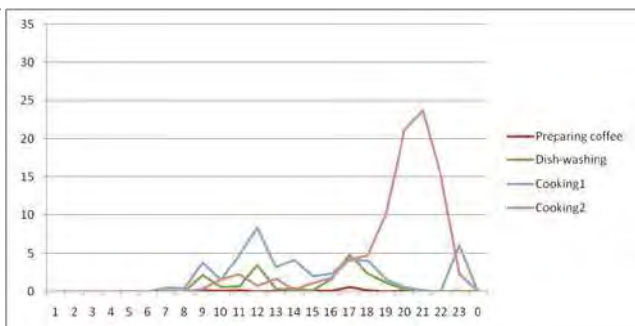
Graph 3: Average occupation in % of the activity zones in the living room (weekdays)



Graph 4: Average occupation in % of the activity zones in the living room (weekends)



Graph 5: Average occupation in % of the activity zones in the kitchen (weekdays)



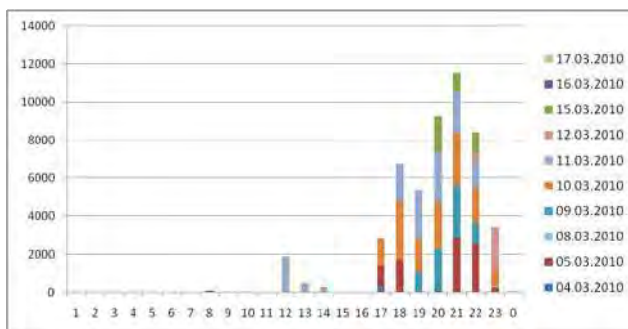
Graph 6: Average occupation in % of the activity zones in the kitchen (weekends)

Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 to Graph 6. During weekdays, it seems that the inhabitants wake up at around 09:00; the peaks throughout the whole day suggest that most of them don't leave the house. The peaks at 12:00 and 18:00 could indicate lunch and dinner time; this seems to be confirmed by the occupation times of the "Eating"

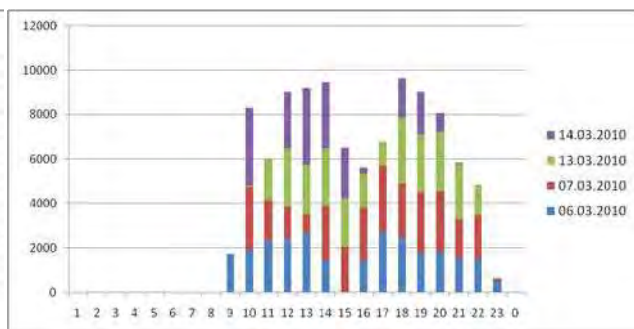
area. It is also interesting to notice that it seems that the television is mostly watched in the evening/night.

On weekends, most of the data is collected starting from 10:00, which suggests that the inhabitants wake up later on those days. We can notice that the peaks in the “Eating” area are at some “uncommon” times (10:00 and 16:00); thus they don't seem to be representative neither of lunch nor of dinner. Again, we can observe that the television is mostly watched in the evening/night, but that the percentage of occupation of the “TV” area is higher on weekends than on weekdays.

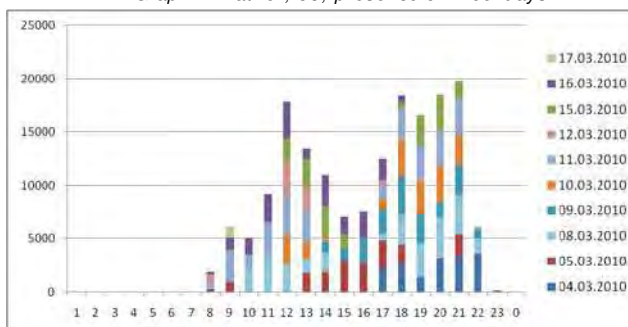
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



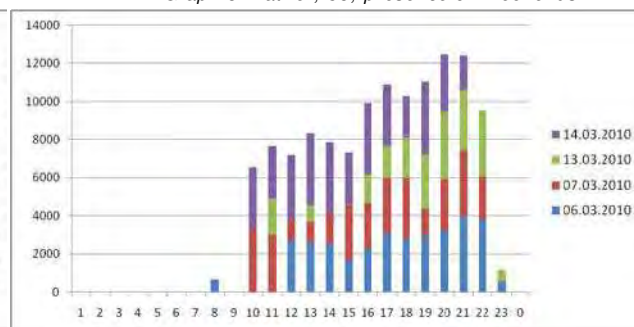
Graph 7: Father, 58, presence on weekdays



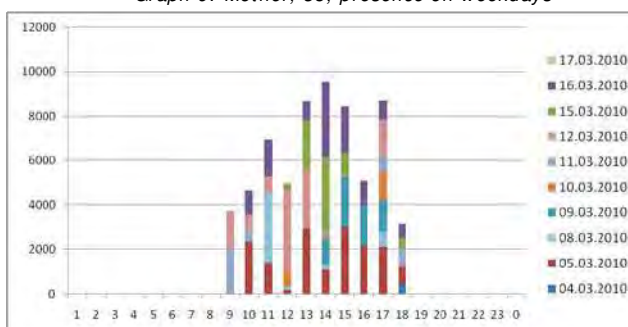
Graph 8: Father, 58, presence on weekends



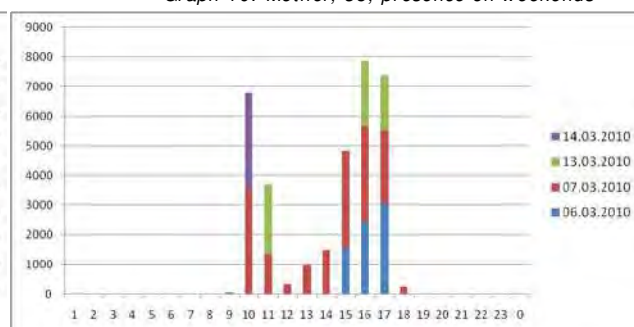
Graph 9: Mother, 35, presence on weekdays



Graph 10: Mother, 35, presence on weekends



Graph 11: Son, 2, presence on weekdays



Graph 12: Son, 2, presence on weekends

The father's lack of data throughout the day, till the late afternoon (17:00) corresponds to a full-time worker pattern, even though the lack of data in the morning is uncommon (maybe the father forgot to wear his tag). The mother's graph, much smoother with major peaks at lunch and dinner time, would rather correspond to the one of a housekeeper than of a part-time worker; still, it might be possible that the person is working from home. Finally, the son's graph is characterized by its “shortness” (data collected only from 09:00 till 18:00), which seems correct for such a young child.

On weekends, the graphs are much smoother, with positioning data collected throughout the whole day. Again, the son's graph is characterized by its recording time span, much shorter than the one of the parents.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
E01	Coffee machine	10,54	Controllable
E02	Kettle	6,51	(Controllable)
E03	Socket (kitchen)	0,41	Unknown
E04	Dishwasher	58,45	Shiftable
E05	Fridge	29,37	Constant load
E06	Charger for laptop	8,15	Controllable
E07	Charger for mobile phone	2,24	Controllable
E08	TV	28,91	Controllable
E09	Lamp	49,58	Controllable
E13	PS switch	35,65	Constant load
E19	Hoover	10,49	(Controllable)
E20	PS measurement system	95,54	Constant load
E10	Charger for mobile phone	1,73	Controllable
E11	HiFi - Tuner	8,33	Controllable
E12	Electric toothbrush	3,01	Controllable
E14	PC	10,22	Controllable
E15	Router	10,98	Controllable
E16	Freezer	26,42	Constant load
E17	Wine cooler	54,27	Constant load
E18	Washing machine	25,76	Shiftable

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (E13) and of the PS measurement system (E20) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 6300 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove, a water heater of more than 60 liters, one more TV or some computer accessories (e.g. printer).

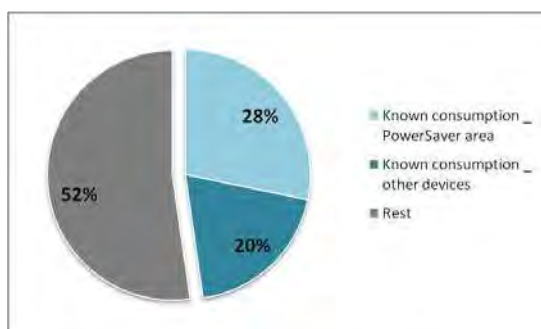


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 39% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 68%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 49% and 86%.

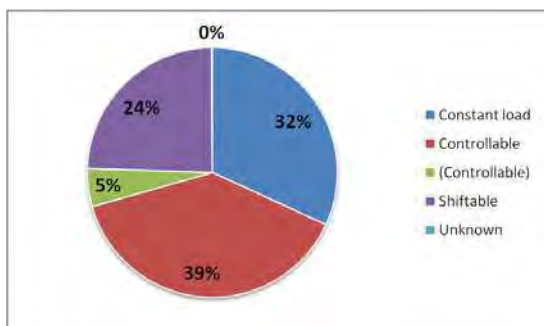


Chart 2: Types of consumers in the whole household

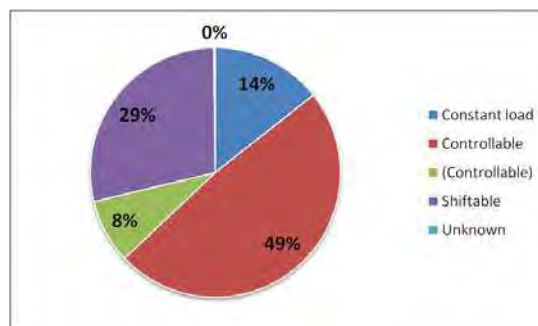


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
Lamp	49,58	29,27	20,31	41,0
TV	28,91	14,53	14,38	49,7
Hoover	10,49	3,86	6,63	63,2
Coffee machine	10,54	7,96	2,58	24,5
Charger for mobile phone	2,24	0,48	1,77	78,7
Charger for laptop	8,15	6,90	1,25	15,3
Dish washer	58,45	58,32	0,12	0,2
Socket (kitchen)	0,41	0,34	0,07	16,2
Kettle	6,51	6,47	0,04	0,7
Fridge	29,37	29,37	0,00	0,0
Charger for mobile phone	1,73			
HiFi - Tuner	8,33			
Electric toothbrush	3,01			
PC	10,22			
Router	10,98			
Freezer	26,42			
Wine cooler	54,27			
Washing machine	25,76			
TOTAL: PowerSaver area	204,6	157,5	47,1	23,0
TOTAL: Measured devices	345,4	298,2	47,1	13,7
TOTAL: Household	723,6	676,5	47,1	6,5

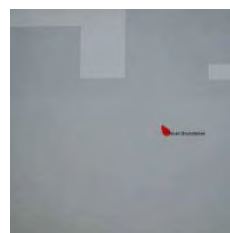
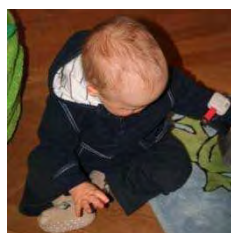
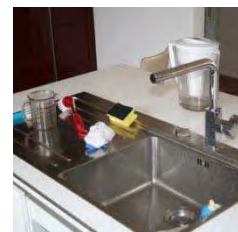
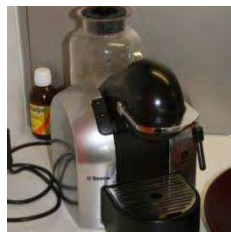
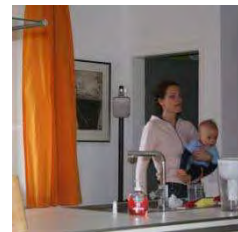
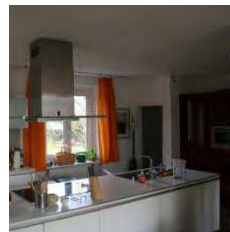
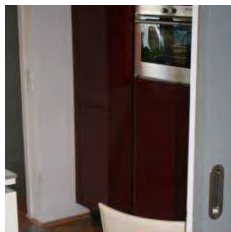
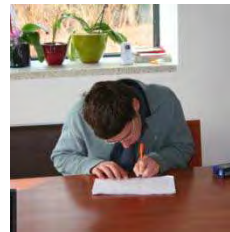
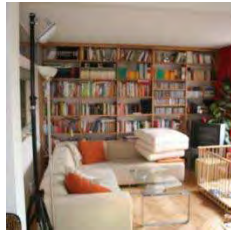
Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

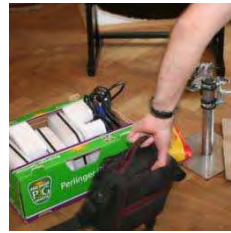
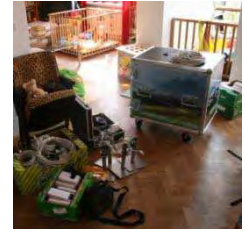
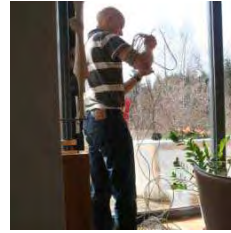
The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of 23% could have been achieved, which would represent a 6.5% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 28% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 6300 kWh) and the average price of electricity (0.18€/kWh for large consumers ^[1]), the system could have allowed a saving of almost 75€ per year even though the study area was small.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 10% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of almost 115€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures





Household 0-05-1111

1. Description

The study took place from the 18/03/10 to the 29/03/10 in an apartment in the city, having a surface of 87 m².

The household was occupied by four inhabitants: the father (42 years old), the mother (39 years old), the daughter (8 years old) and the son (6 years old). The father is an office worker, the mother a part-time worker, and the children are going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen and a living room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 19 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 12 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the kitchen is the smallest zone; the other is the living room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 8 sensors were deployed, covering both rooms integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to ten, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

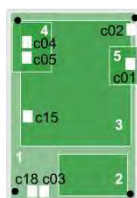
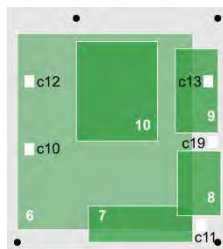


Figure 1: Experiment's setup

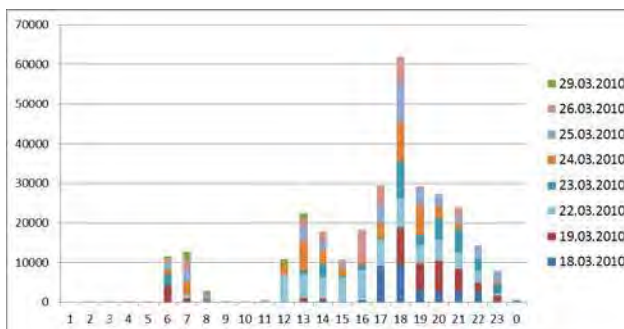
#	Activity zone (room)
1	Radio (kitchen)
2	Eating2 (kitchen)
3	Cooking (kitchen)
4	Dish-washing (kitchen)
5	Preparing coffee (kitchen)
6	TV (living room)
7	Relax1 (living room)
8	Relax2 (living room)
9	Working (living room)
10	Eating1 (living room)

Table 1: Activity zones

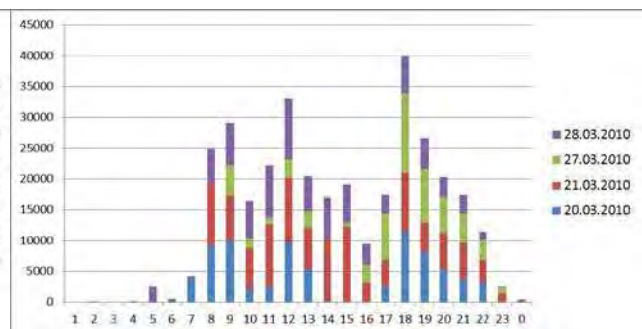
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

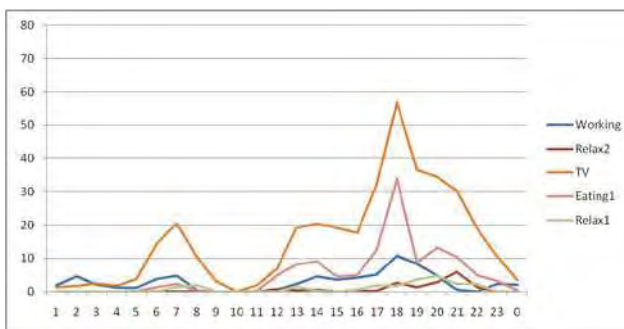
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 to Graph 6 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax1), the sum of percentages might be higher than 100%.



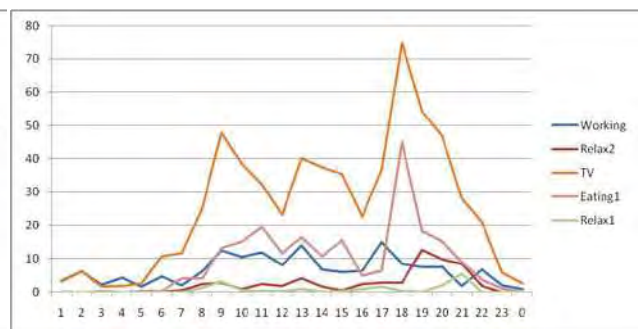
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



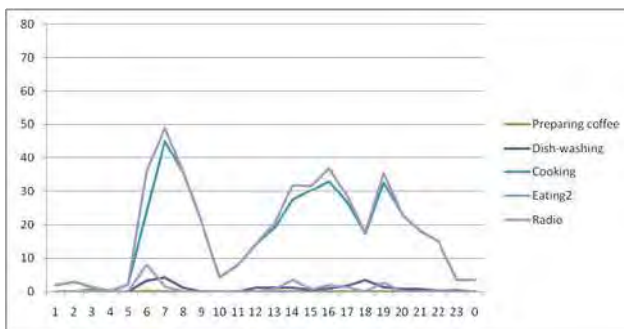
Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



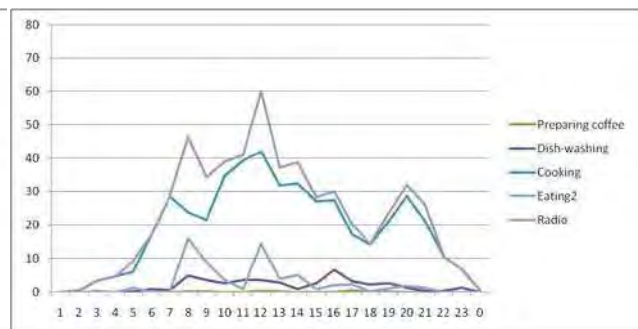
Graph 3: Average occupation in % of the activity zones in the living room (weekdays)



Graph 4: Average occupation in % of the activity zones in the living room (weekends)



Graph 5: Average occupation in % of the activity zones in the kitchen (weekdays)



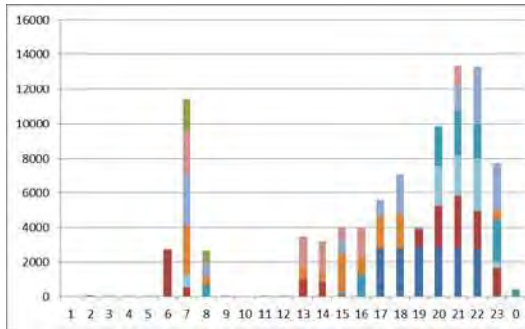
Graph 6: Average occupation in % of the activity zones in the kitchen (weekends)

Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 to Graph 6. During weekdays, the inhabitants wake up at around 06:00 and then leave the house, obviously for work or school. The presence data starting from 12:00 indicates that some of the inhabitants are back at that time; finally, the peak at 18:00 should be representative of dinner. By looking at the

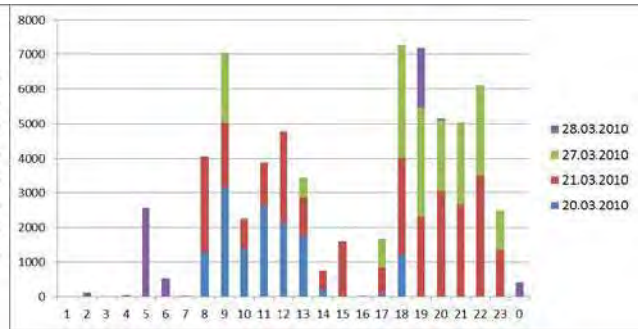
occupation percentage of the “Eating1” and “Eating2” zones, it seems that the previously assumed dinner time can be confirmed; it also looks like the inhabitants do not have lunch at home.

On weekends, most of the data is collected starting from 08:00, which suggests that the inhabitants wake up later on those days. Again, the main peaks at 12:00 and 18:00 should stand for lunch and dinner. Those times can be confirmed by looking at the occupation percentage of the “Eating1” and “Eating2” zones.

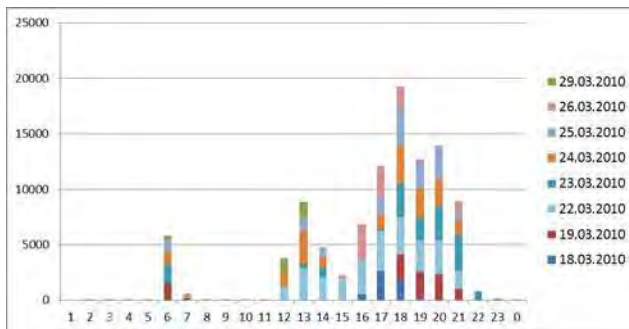
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



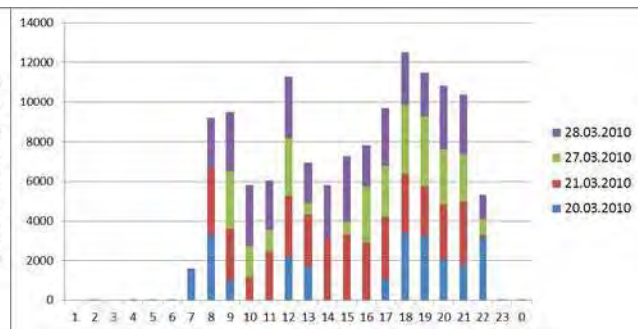
Graph 7: Father, 42, presence on weekdays



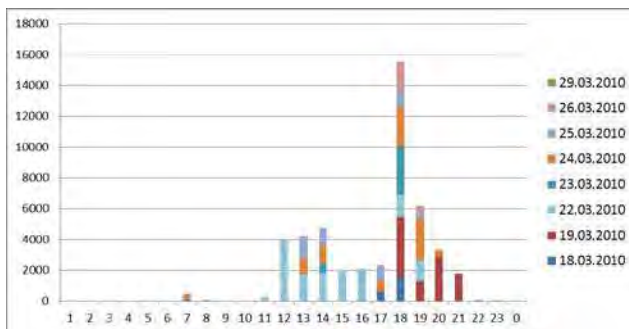
Graph 8: Father, 42, presence on weekends



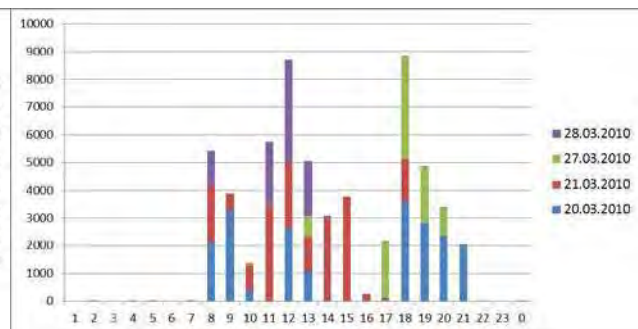
Graph 9: Mother, 39, presence on weekdays



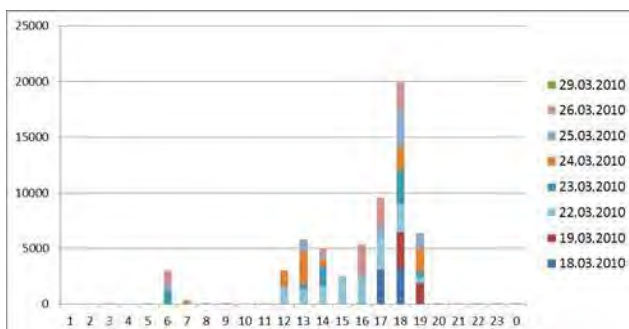
Graph 10: Mother, 39, presence on weekends



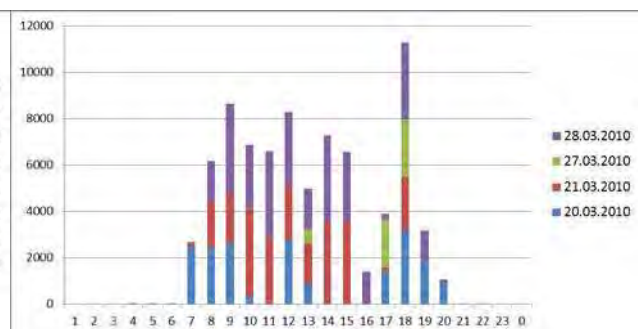
Graph 11: Daughter, 8, presence on weekdays



Graph 12: Daughter, 8, presence on weekends



Graph 13: Son, 6, presence on weekdays



Graph 14: Son, 6, presence on weekends

These graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section, even though the father's presence would be more representative of a part-time worker than of an office worker, as in the latter case there is generally a gap in the middle of the day (while here it only goes from 09:00 to 13:00). The mother's weekdays graph is similar to the father's, with lack of data in the morning from 09:00 to 13:00, which also seem to correspond to the children's school hours.

On weekends, the graphs are much smoother, with positioning data collected throughout the whole day. Even though it seems that the children and the father are less present at around 16:00 and 17:00, no special assumption can be proposed.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
C01	Coffee machine	3,92	Controllable
C02	Fridge	24,86	Constant load
C03	Radio (kitchen)	1,77	Controllable
C04	Dishwasher	23,57	Shiftable
C05	Water heater	36,11	Constant load
C10	Charger for mobile phone	3,83	Controllable
C11	Iron	3,84	(Controllable)
C12	TV	30,96	Controllable
C13	PC	81,69	Controllable
C15	Socket (kitchen)	3,62	Unknown
C18	PS switch	35,05	Constant load
C19	PS measurement system	77,29	Constant load
C06	Freezer	38,40	Constant load
C07	Microwave	3,79	Controllable
C08	Hairdryer	0,39	(Controllable)
C09	Electric toothbrush	0,80	Controllable
C14	Night light	3,11	Controllable
C16	Hoover	1,94	(Controllable)
C17	Hoover	1,04	(Controllable)

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (C18) and of the PS measurement system (C19) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 4000 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove or a laptop.

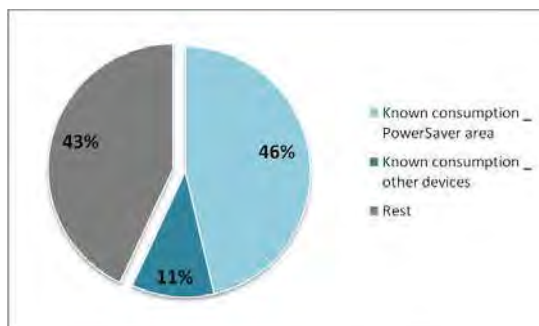


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 49% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 62%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 57% and 72%.

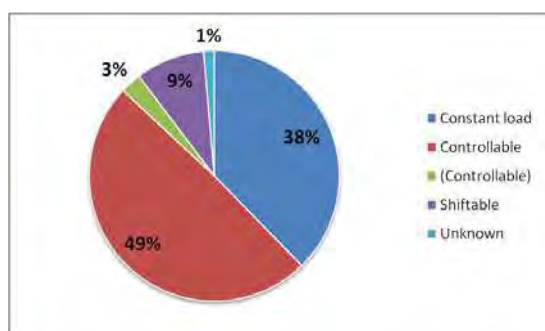


Chart 2: Types of consumers in the whole household

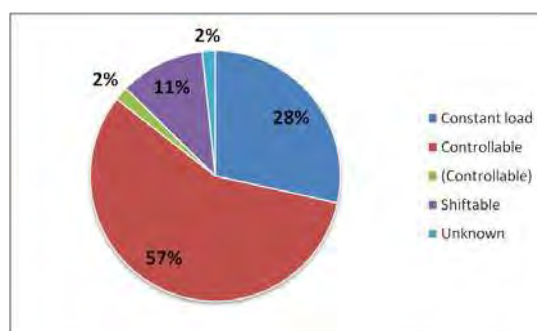


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
PC	81,69	68,54	13,16	16,1
TV	30,96	24,96	5,99	19,4
Charger for mobile phone	3,83	2,21	1,63	42,5
Radio (kitchen)	1,77	1,09	0,68	38,6
Coffee machine	3,92	3,86	0,06	1,5
Dish washer	23,57	23,52	0,05	0,2
Socket (kitchen)	3,62	3,58	0,04	1,1
Water heater	36,11	36,09	0,03	0,1
Iron	3,84	3,81	0,02	0,6
Fridge	24,86	24,86	0,00	0,0
Freezer	38,40			
Microwave	3,79			
Hairdryer	0,39			
Electric Toothbrush	0,80			
Night light	3,11			
Hoover	1,94			
Hoover	1,04			
TOTAL: PowerSaver area	214,2	192,5	21,7	10,1
TOTAL: Measured devices	263,6	242,0	21,7	8,2
TOTAL: Household	462,5	440,9	21,7	4,7

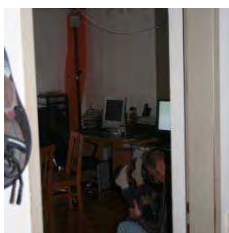
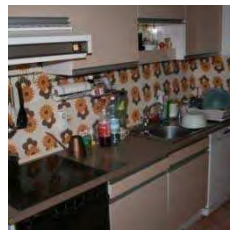
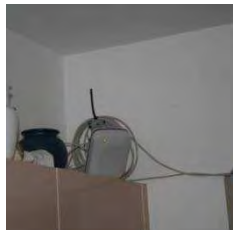
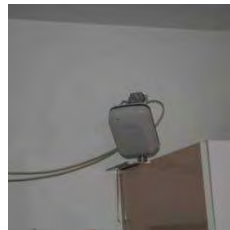
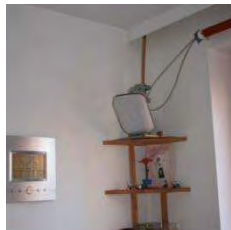
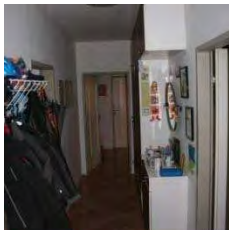
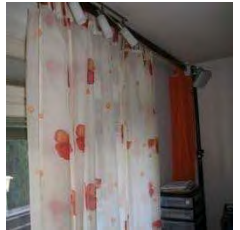
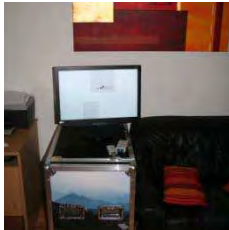
Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 10% could have been achieved, which would represent a 4.7% reduction of the whole household consumption. Knowing that this consumption is around 4000 kWh, and that the average price of electricity is 0.19€/kWh for small consumers^[1], we deduce that the system could have allowed a saving of ca. 35€ per year.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 7% or 8% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of more than 50€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 0-06-2200

1. Description

The study took place from the 01/04/10 to the 07/04/10 in a single-family household in the city, having a surface of 140 m².

The household was occupied by four inhabitants: the father (51 years old), the mother (48 years old), the daughter (21 years old) and the son (20 years old). Within the household are three full-time and one part-time worker.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen and a living room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 15 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the rooms: on the image, the kitchen is in the top right corner and the living room in the bottom right corner; additionally a hallway, which wasn't covered by the study, is represented on the left. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 8 sensors were deployed, covering both studied rooms integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to ten, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

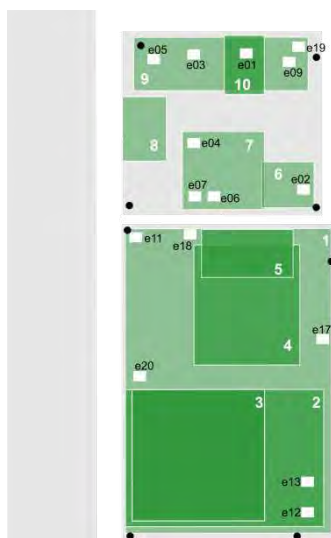


Figure 1: Experiment's setup

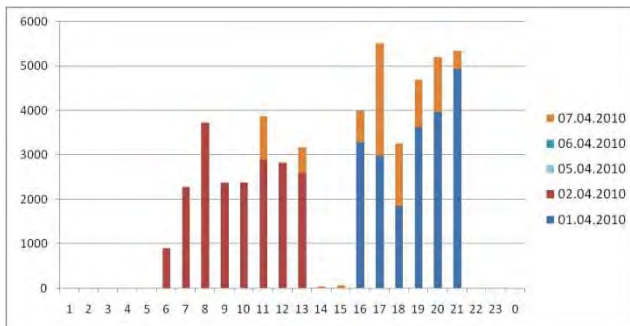
#	Activity zone (room)
1	Radio (living room)
2	TV (living room)
3	Relax (living room)
4	Eating1 (living room)
5	Working (living room)
6	Dish-washing (kitchen)
7	Cooking1 (kitchen)
8	Eating2 (kitchen)
9	Cooking2 (kitchen)
10	Preparing coffee (kitchen)

Table 1: Activity zones

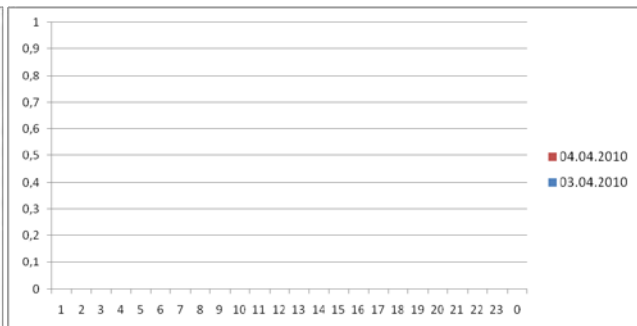
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

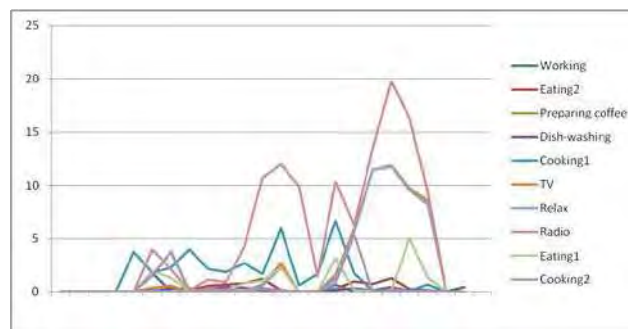
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants. It is observable that the tracking system had a failure. Thus, no assumptions will be made in this paper about the patterns of behavior of the inhabitants. A slightly inaccurate calculation of the gain of the system will be made anyway, considering the measured percentage of occupation of the activity zones (cf. Graph 3).



Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (recorded days, which were only weekdays)

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
E01	Coffee machine	3,90	Controllable
E02	Dishwasher	106,24	Shiftable
E03	Steamer	4,50	Controllable
E04	Bread slicer	0,08	Controllable
E05	Fridge	27,55	Constant load
E06	Kettle	1,75	(Controllable)
E07	Socket (kitchen)	0,18	Unknown
E09	Microwave	5,08	Controllable
E11	HiFi - Tuner	1,53	Controllable
E12	DVD-Player	27,58	Controllable
E13	TV	49,73	Controllable
E17	Hoover	0,60	(Controllable)
E18	Hoover	1,95	(Controllable)
E19	PS switch	35,06	Constant load
E20	PS measurement system	80,35	Constant load
E08	Washing machine	43,03	Shiftable
E10	Freezer	52,84	Constant load
E14	Waterbed	21,19	Controllable
E15	Electric toothbrush	1,82	Controllable
E16	Hairdryer	1,65	(Controllable)

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (E19) and of the PS measurement system (E20) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 4300 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as three water heaters, an electric stove, two more televisions, or two laptops and a desktop computer.

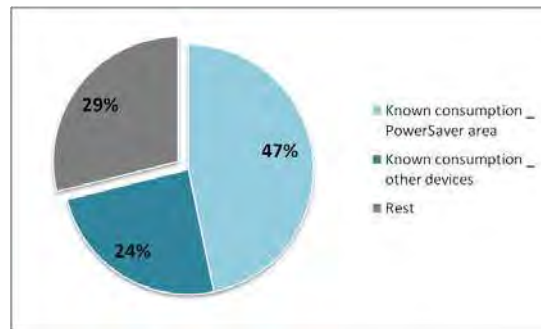


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 33% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 77%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 40% and 88%.

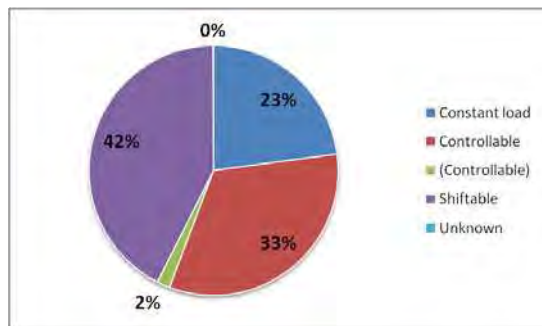


Chart 2: Types of consumers in the whole household

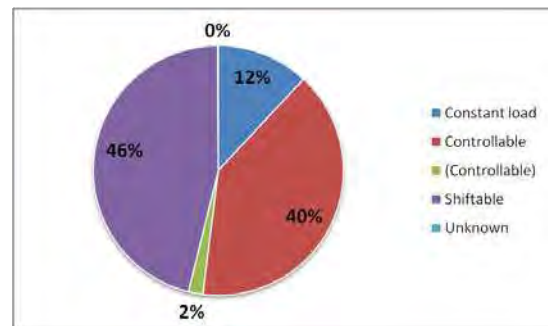


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3. It is important to remember that, as the location tracking system had a failure, this gain is only based on few weekdays of recordings; it is therefore not as accurate as for the other households.

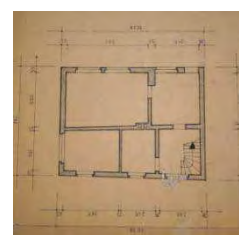
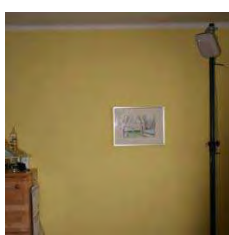
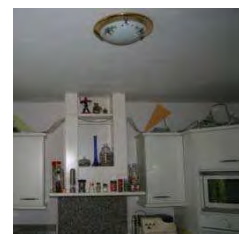
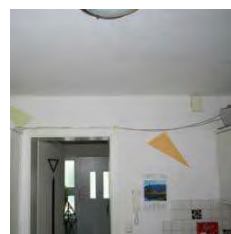
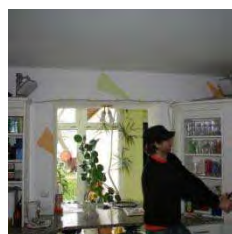
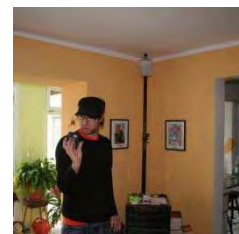
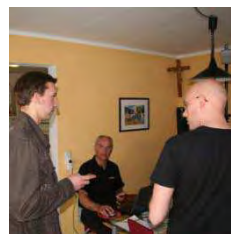
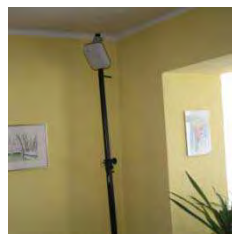
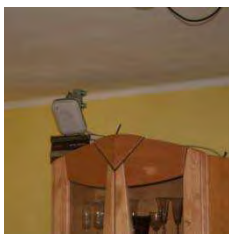
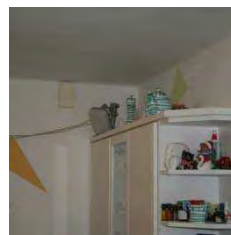
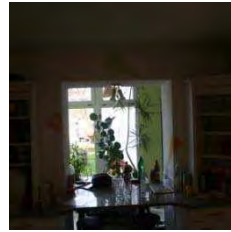
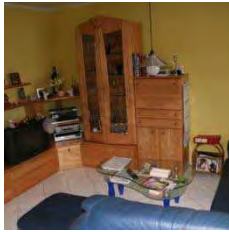
Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	49,73	16,30	33,43	67,2
DVD-Player	27,58	16,42	11,16	40,5
Microwave	5,08	2,11	2,97	58,4
HiFi - Tuner	1,53	0,36	1,17	76,4
Coffee machine	3,90	2,89	1,01	25,9
Steamer	4,50	3,69	0,81	18,1
Hoover	1,95	1,53	0,41	21,3
Hoover	0,60	0,53	0,07	11,9
Bread slicer	0,08	0,01	0,07	89,2
Socket (kitchen)	0,18	0,12	0,07	35,3
Dish washer	106,24	106,18	0,06	0,1
Kettle	1,75	1,71	0,04	2,3
Fridge	27,55	27,55	0,00	0,0
Washing machine	43,03			
Freezer	52,84			
Water bed	21,19			
Electric toothbrush	1,82			
Hairdryer	1,65			
TOTAL: PowerSaver area	230,7	179,4	51,3	22,2
TOTAL: Measured devices	351,2	299,9	51,3	14,6
TOTAL: Household	493,8	447,8	51,3	9,3

Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 22% could have been achieved, which would represent a 9.3% reduction of the whole household consumption. It is particularly interesting to notice that the absolute gain is of 51.3 W, which is equal to almost 450 kWh per year; this, when considering the average price of electricity (0.19€/kWh for small consumers ^[1]), means that the system could have allowed a saving of ca. 85€ per year in that household.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 0-07-1111

1. Description

The study took place from the 14/04/10 to the 26/04/10 in a single-family household in the campaign, having a surface of 220 m² distributed between 20 rooms on 3 floors.

The household was occupied by four inhabitants: the father (40 years old), the mother (39 years old), the daughter (17 years old) and the son (10 years old). The father is an office worker, the mother a part-time worker, and the children are going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen and a living room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 9 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the kitchen is the lowest zone in the picture, the living room the highest, while in between was an entrance/dining room which was not covered by this study. The black dots indicate the approximate position of the 7 deployed Ubisense sensors. As the visibility of a tag by three or more sensors is required for recording location data and as the sensors have a large peripheral view, it can be noticed that the study covered both studied rooms integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to eight, is given in Table 1. It is important to remark that zone #4 and part of zone #8 were not included in the Ubisense detection area.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

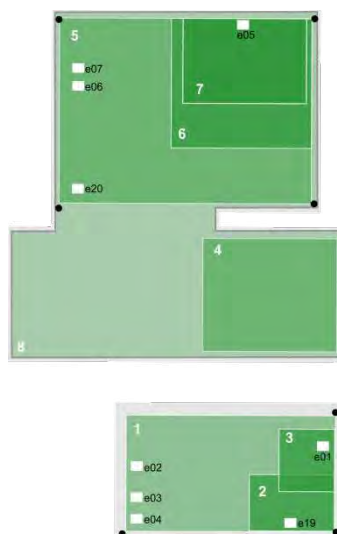


Figure 1: Experiment's setup

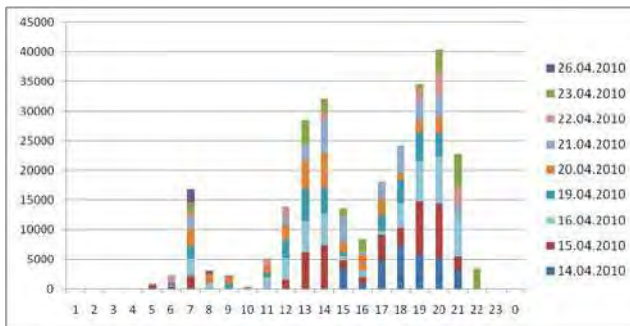
#	Activity zone (room)
1	Cooking (kitchen)
2	Dish-washing (kitchen)
3	Preparing coffee (kitchen)
4	Eating _ not observed (dining room)
5	TV (living room)
6	Relax (living room)
7	Working (living room)
8	Radio (living room)

Table 1: Activity zones

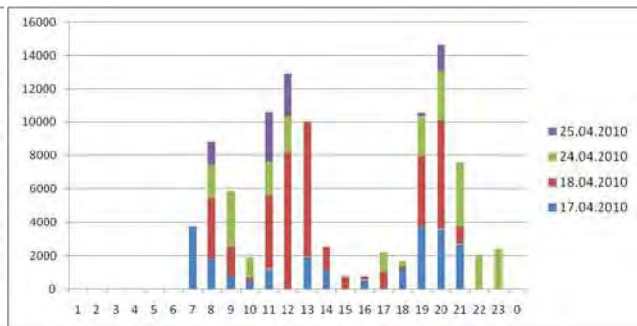
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

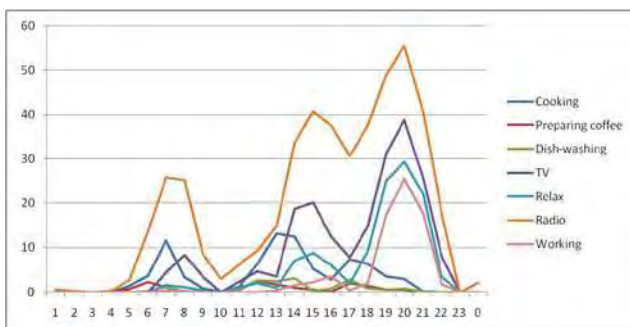
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



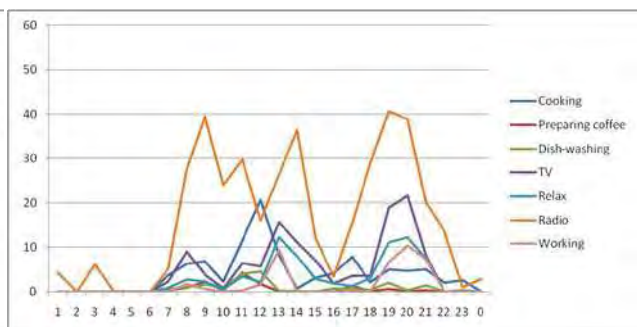
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

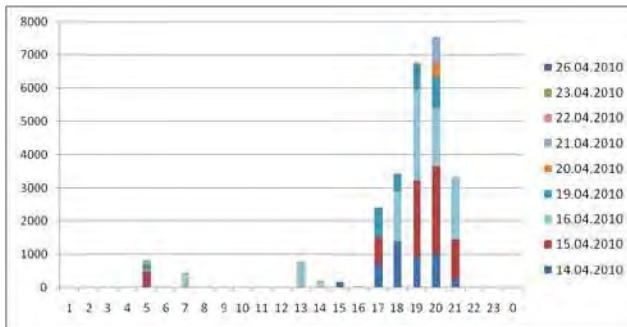


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

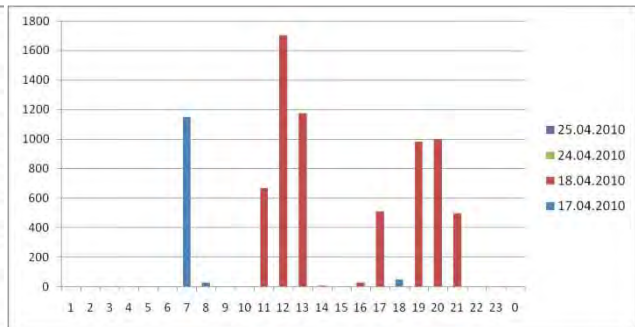
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays, the peak at 07:00 could be representative of breakfast while the following lack of data shows that some of the inhabitants left the household (obviously for work and school). The peaks at the beginning of the afternoon (13:00 and 14:00) might indicate the coming back home, e.g. of the children; finally the peaks at 19:00 and 20:00 seem to designate, in comparison with the percentage of occupancy of the "Radio" (covering the whole living room) and "TV" areas, that the family is in the living room. Also, although the "Eating" area was not measured, we can assume that the family had breakfast at around 07:00, lunch at about 13:00 and dinner around 18:00 by looking at the occupation of the "Cooking" area.

On weekends, it seems that the inhabitants wake up later, at 07:00 or 08:00, have lunch at around 12:00 and then dinner at around 17:00 or 18:00. Again, it seems that in the late evening the family spends time in the living room, probably in front of the television.

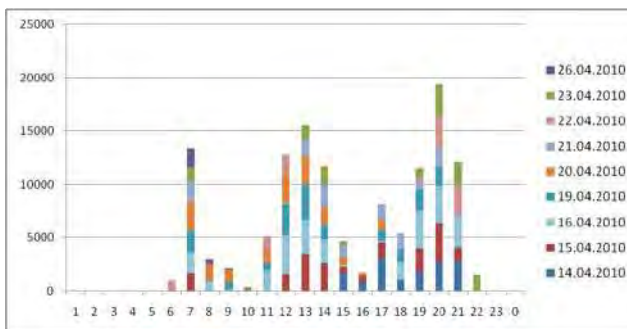
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



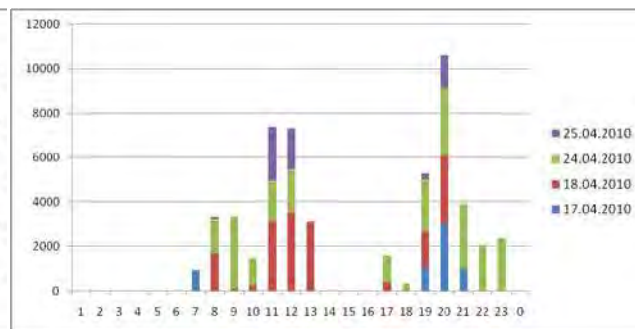
Graph 5: Father, 40, presence on weekdays



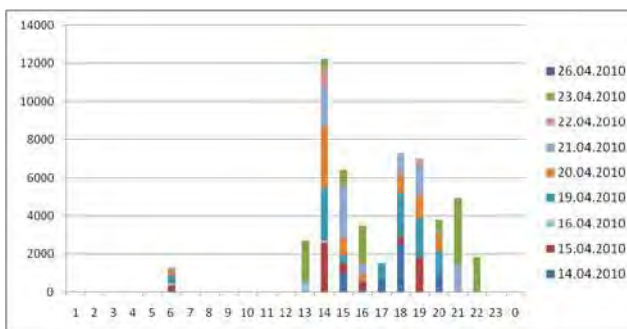
Graph 6: Father, 40, presence on weekends



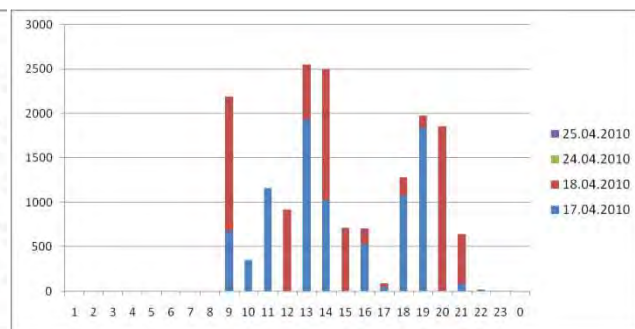
Graph 7: Mother, 39, presence on weekdays



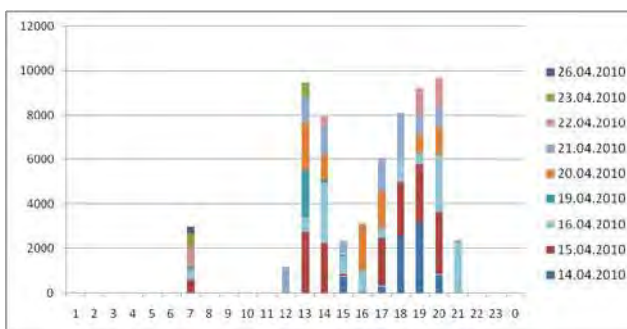
Graph 8: Mother, 39, presence on weekends



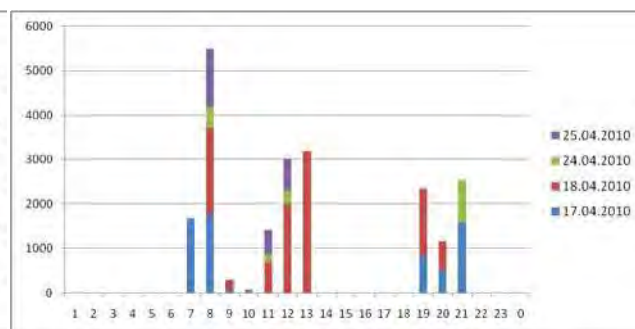
Graph 9: Daughter, 17, presence on weekdays



Graph 10: Daughter, 17, presence on weekends



Graph 9: Son, 11, presence on weekdays



Graph 12: Son, 10, presence on weekends

These graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section. On weekdays the father's behavior is representative of an office worker, with an early awakening (05:00) followed by a lack of data until the late afternoon (17:00); however, as very few data were recorded for the father (several days are missing, such as the 22nd and 23rd), it is difficult to get a good estimate of his behavior. The mother's weekdays

graph, much smoother, could correspond to a part-time worker, maybe leaving the house in the morning and coming back just before the children, as shown by the diminution in recorded data from 08:00 to 12:00. The children have more or less the same behavior on schooldays, excepted that it seems that the daughter awakens one hour earlier than the son (06:00 instead of 07:00); then both of them have a gap during school hours and peaks of presence in the afternoon.

On weekends, it looks like the inhabitants wake up later than on weekdays. For the mother and the son, the gap from approximately 14:00 to 17:00 might indicate that they rest; instead, suggestions for the father's and the daughter's behavior are difficult because only two weekend days were recorded for them (no data are available on the 24th and the 25th).

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
E01	Coffee machine	3,93	Controllable
E02	Bread slicer	0,07	Controllable
E03	Kettle	2,88	(Controllable)
E04	Cooking machine	0,08	Controllable
E05	Charger for laptop	0,05	Controllable
E06	HiFi - Tuner	23,15	Controllable
E07	TV	25,43	Controllable
E19	PS switch	27,09	Constant load
E20	PS measurement system	82,19	Constant load
E08	Charger for laptop	2,66	Controllable
E09	Iron	1,96	(Controllable)
E10	Electric toothbrush	2,35	Controllable
E11	Socket (office)	5,94	Unknown
E12	Charger for laptop	8,49	Controllable
E13	Radio clock	1,60	Constant load
E14	Freezer	9,49	Constant load
E15	Freezer (horizontal)	13,93	Constant load
E16	Hoover	6,90	(Controllable)
E17	Washing machine	26,50	Shiftable
E18	TV	17,79	Controllable

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (E19) and of the PS measurement system (E20) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 9400 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove or a water heater.

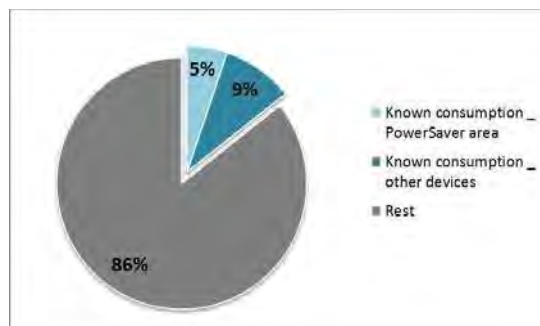


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 55% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 84%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 95% and 100%.

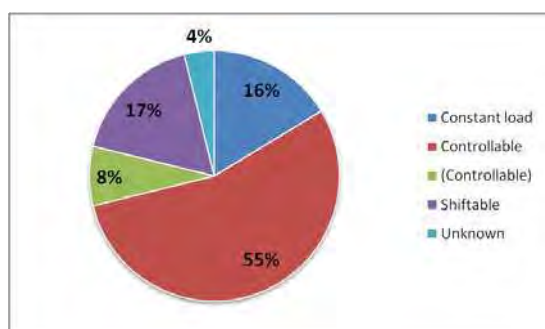


Chart 2: Types of consumers in the whole household

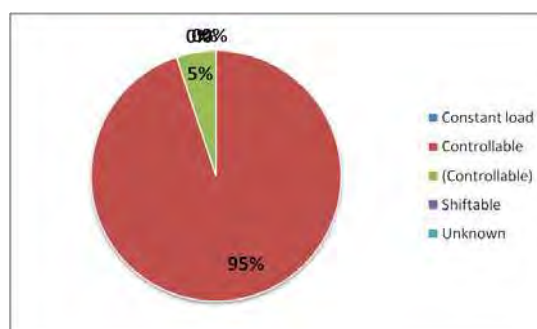


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
HiFi - Tuner	23,15	11,16	11,99	51,8
TV	25,43	19,40	6,03	23,7
Coffee machine	3,93	2,02	1,91	48,6
Charger for laptop	0,05	0,00	0,05	91,9
Cooking machine	0,08	0,03	0,05	59,5
Kettle	2,88	2,83	0,05	1,6
Bread slicer	0,07	0,03	0,04	60,9
Charger for laptop	2,66			
Iron	1,96			
Electric Toothbrush	2,35			
Socket (office)	5,94			
Charger for laptop	8,49			
Radio clock	1,60			
Freezer	9,49			
Freezer (horizontal)	13,93			
Hoover	6,90			
Washing machine	26,50			
TV	17,79			
TOTAL: PowerSaver area	55,6	35,5	20,1	36,2
TOTAL: Measured devices	153,2	133,1	20,1	13,1
TOTAL: Household	1070,2	1050,1	20,1	1,9

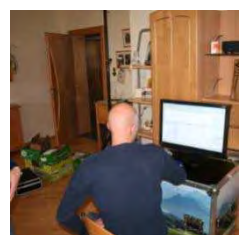
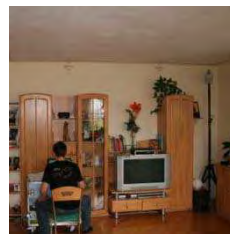
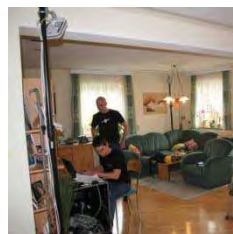
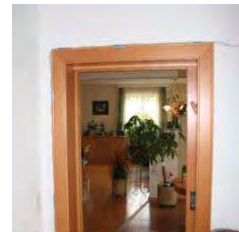
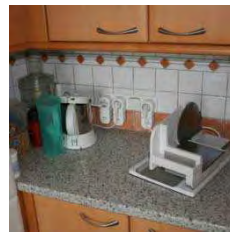
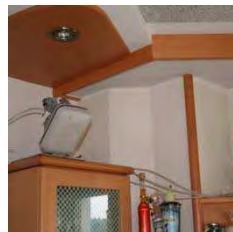
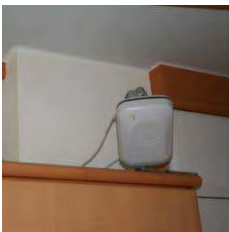
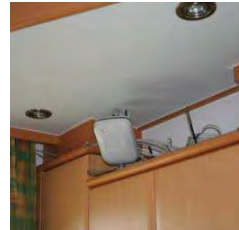
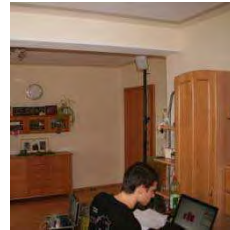
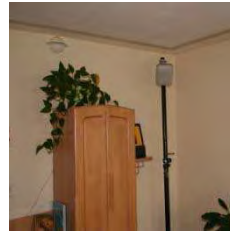
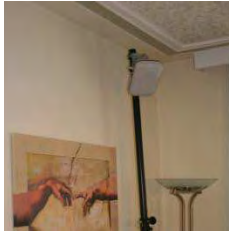
Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 35% could have been achieved, which would represent a 1.9% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 5% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 9400 kWh) and the average price of electricity (0.18€/kWh for large consumers ^[1]), the system could have allowed a saving of ca. 30€ per year even though the study area was small.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 8% or 9% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of more than 140€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 0-08-1102

1. Description

The study took place from the 28/04/10 to the 10/05/10 in a single-family household in the campaign, having a surface of 150 m², divided into 8 rooms on 2 floors.

The household was occupied by four inhabitants: the father (45 years old), the mother (40 years old), and two twin daughters (17 years old). In the household are two full time and one part-time workers.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen and a living room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 12 of them were in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: in the image, the kitchen is the bottom right room while the living room is the upper one; the dining room has also been placed (bottom left), but it was not covered by the study. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 8 sensors were deployed, covering the studied rooms integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to eight, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

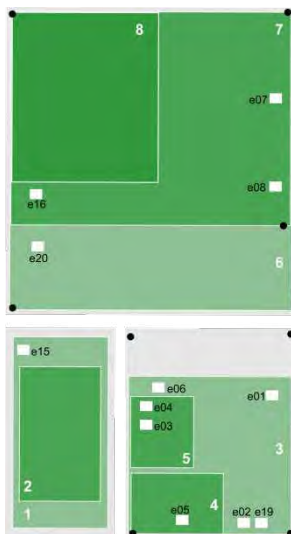


Figure 1: Experiment's setup

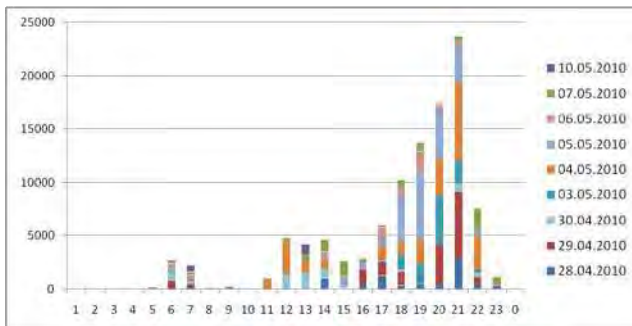
#	Activity zone (room)
1	Eating _ not observed (dining room)
2	Working _ not observed (dining room)
3	Cooking (kitchen)
4	Dish-washing (kitchen)
5	Preparing coffee (kitchen)
6	Radio (living room)
7	TV (living room)
8	Relax (living room)

Table 1: Activity zones

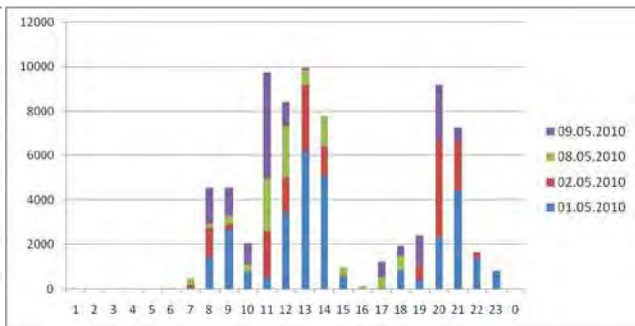
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

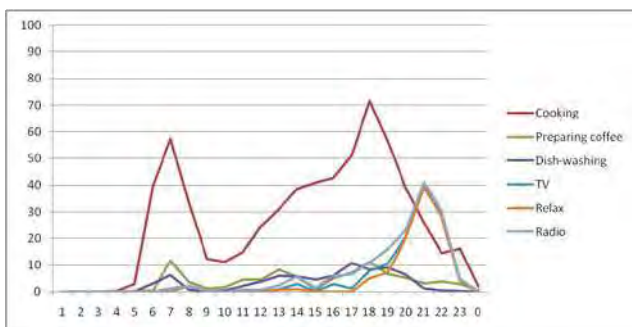
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



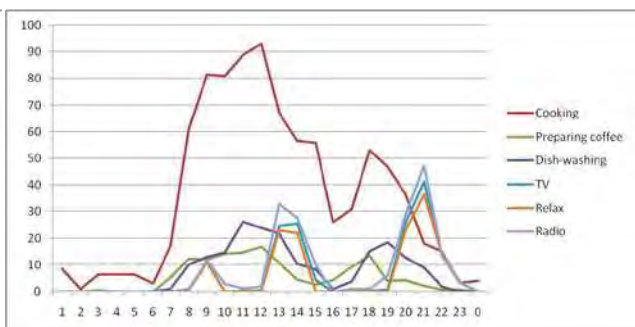
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

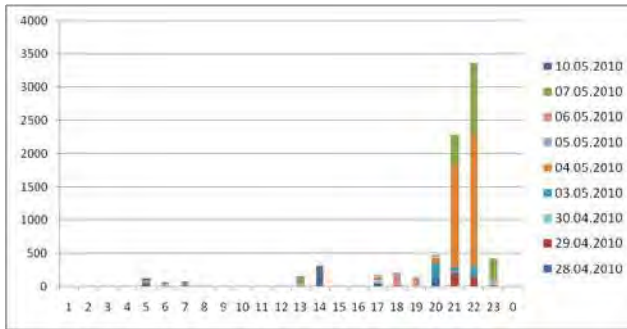


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

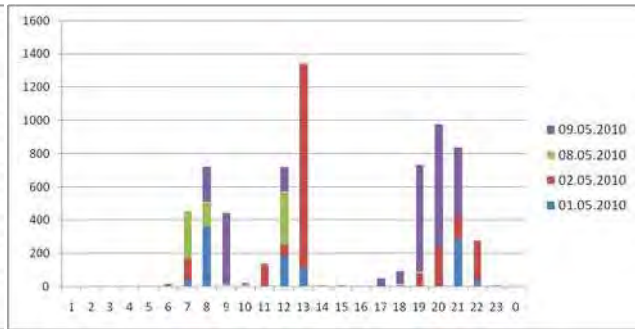
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays, the inhabitants wake up at around 06:00 and then it seems that all of them leave the house, probably for work or school. The presence data starting from 12:00 indicates that some of the inhabitants are back at that time. By looking at Graph 3, it is noticeable that the percentage of occupation of the "Cooking" zone is surprisingly high throughout the day; this would suggest that the inhabitants left their tags in that zone when they were not wearing them during the day (not at night..) and that some disturbance led to the above graph. Concerning the other plots, it appears that the inhabitants generally don't spend much time in the living room (fully covered by the "Radio" zone), excepted in the evening when it seems that they watch television.

On weekends, most of the data is collected starting from 08:00, which suggests that the inhabitants wake up later on those days. It is observable that the living room has a higher rate of occupation compared to weekdays, in particular after lunch. Also, the above remark for the "Cooking" zone can be reiterated.

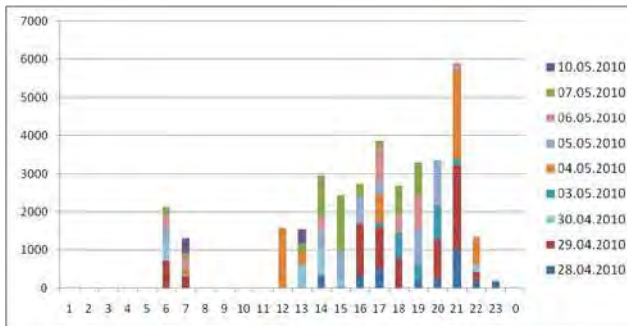
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



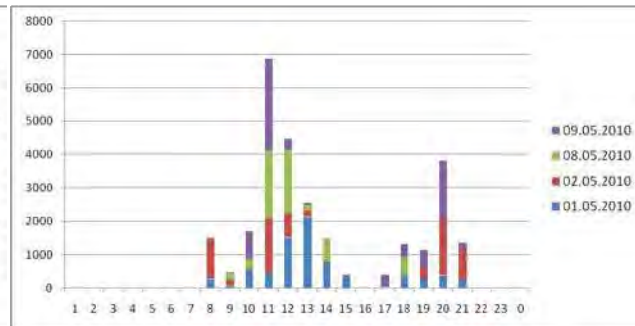
Graph 5: Father, 45, presence on weekdays



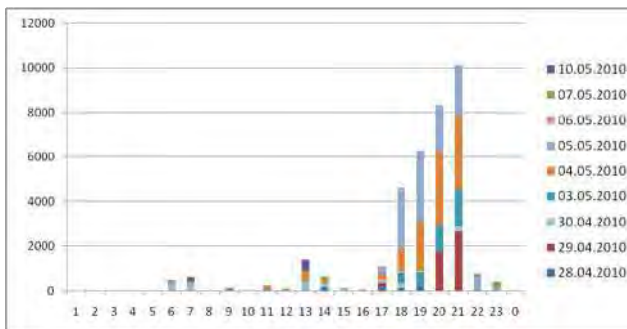
Graph 6: Father, 45, presence on weekends



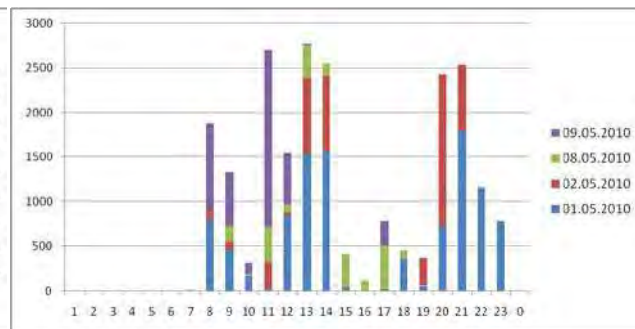
Graph 7: Mother, 40, presence on weekdays



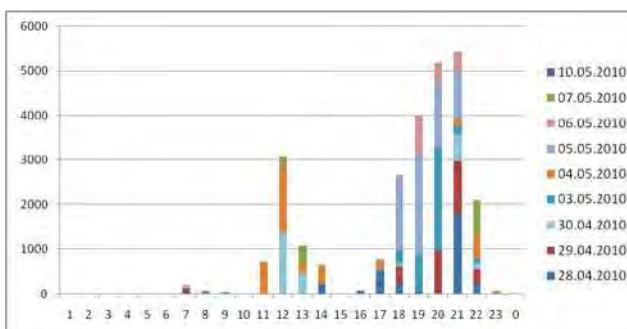
Graph 8: Mother, 40, presence on weekends



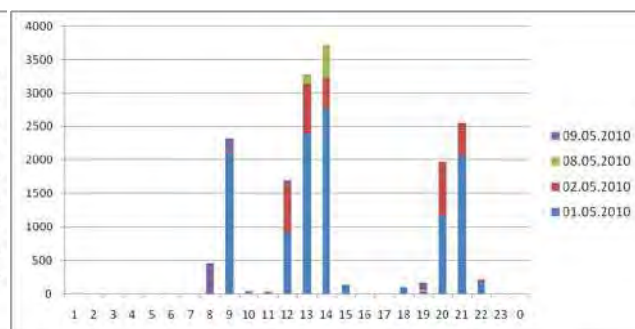
Graph 9: Daughter (1), 17, presence on weekdays



Graph 10: Daughter (1), 17, presence on weekends



Graph 11: Daughter (2), 17, presence on weekdays



Graph 12: Daughter (2), 17, presence on weekends

By looking at the above graphs for weekdays, it would seem that the two full time workers expected from the first section are the father and one of the daughters (1), as for both data is missing throughout the whole day. The graph for the mother could correspond to a part time worker, being away from 08:00 till 12:00. Finally, the other daughter (2) might be at school, as suggested by the lack of data in the morning and the early afternoon, with peaks around 12:00 that might indicate that she has lunch at home.

Concerning the weekend, no pattern seems detectable as the inhabitants have peaks and gaps that are generally not corresponding to each other.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
E01	Microwave	4,76	Controllable
E02	Bread slicer	2,47	Controllable
E03	Coffee machine	3,60	Controllable
E04	Charger for mobile phone	0,23	Controllable
E05	Dishwasher	21,34	Shiftable
E06	Fridge	37,74	Constant load
E07	TV	48,96	Controllable
E08	HiFi - Tuner	1,69	Controllable
E15	Charger for laptop	1,98	Controllable
E16	Lamp	0,45	Controllable
E19	PS switch	35,11	Constant load
E20	PS measurement system	72,19	Constant load
E09	Hairdryer	1,82	(Controllable)
E10	PC	32,36	Controllable
E11	Freezer (horizontal)	44,64	Constant load
E12	Fridge	26,90	Constant load
E13	Hoover	4,99	(Controllable)
E14	Washing machine	13,83	Shiftable
E17	Electric toothbrush	1,13	Controllable
E18	Iron	3,04	(Controllable)

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (E19) and of the PS measurement system (E20) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 9600 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove or 2 desktop computers.

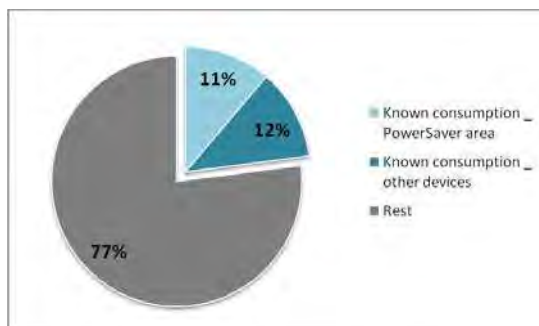


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 39% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 57%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 52% and 69%.

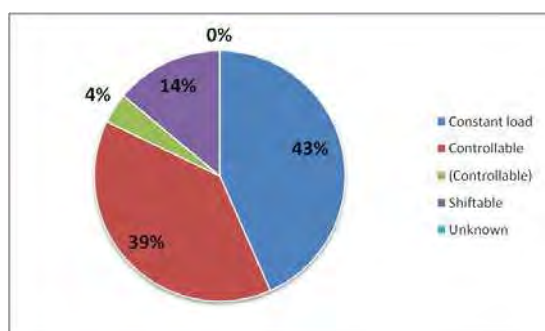


Chart 2: Types of consumers in the whole household

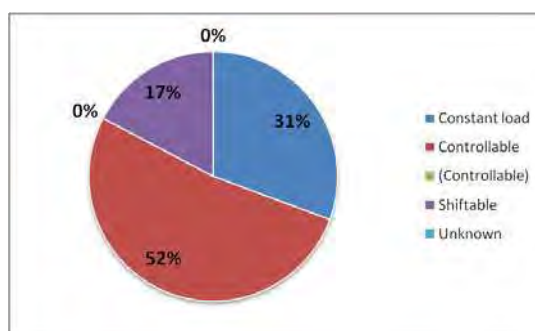


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	48,96	22,27	26,69	54,5
Microwave	4,76	3,08	1,68	35,2
HiFi - Tuner	1,69	0,42	1,27	75,2
Coffee machine	3,60	3,26	0,34	9,5
Charger for laptop	1,98	1,87	0,11	5,7
Lamp	0,45	0,39	0,05	12,1
Dish washer	21,34	21,30	0,04	0,2
Charger for mobile phone	0,23	0,20	0,03	11,8
Bread slicer	2,47	2,45	0,02	0,7
Fridge	37,74	37,74	0,00	0,0
Hairdryer	1,82			
PC	32,36			
Freezer (horizontal)	44,64			
Fridge	26,90			
Hoover	4,99			
Washing machine	13,83			
Electric toothbrush	1,13			
Iron	3,04			
TOTAL: PowerSaver area	123,2	93,0	30,2	24,5
TOTAL: Measured devices	251,9	221,7	30,2	12,0
TOTAL: Household	1097,0	1066,8	30,2	2,8

Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 24% could have been achieved, which would represent a 2.8% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 11% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 9600 kWh) and the average price of electricity (0.18€/kWh for large consumers^[1]), the system could have allowed a saving of almost 50€ per year even though the study area was small.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 8% or 9% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of more than 140€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

Household 0-09-1111

1. Description

The study took place from the 12/05/10 to the 25/05/10 in a two-family household in the campaign, having a surface of 340 m², divided into 15 rooms on 2 floors.

The household was occupied by four inhabitants: the father (40 years old), the mother (39 years old), the daughter (13 years old) and the son (12 years old). The father is an office worker, the mother a housekeeper, and the children are going to school. The adjacent household was occupied by the children's grandmother, who is retired and whose positioning was not recorded during the study.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen and a living/dining room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 10 of them were in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the kitchen is the smallest zone; the other is the living room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 7 sensors were deployed. As the visibility of a tag by three or more sensors is required for recording location data, it can be noticed that the study covered both rooms integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to seven, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

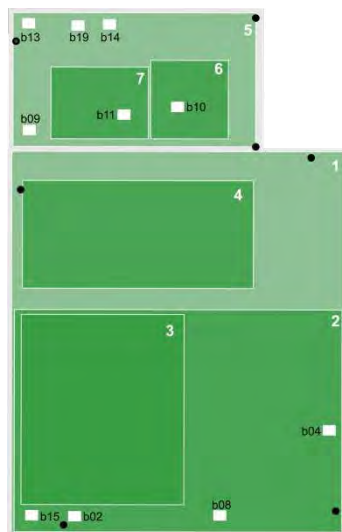


Figure 1: Experiment's setup

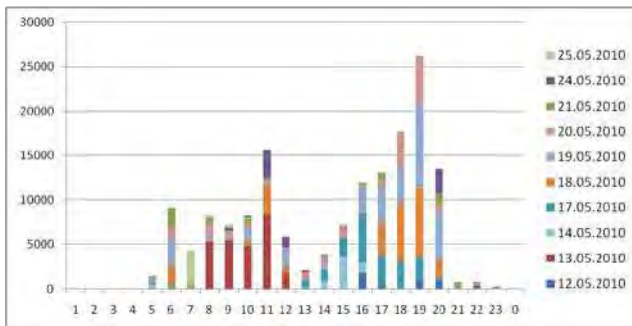
#	Activity zone (room)
1	Radio (living room)
2	TV (living room)
3	Relax (living room)
4	Eating (living room)
5	Cooking (kitchen)
6	Preparing coffee (kitchen)
7	Dish-washing (kitchen)

Table 1: Activity zones

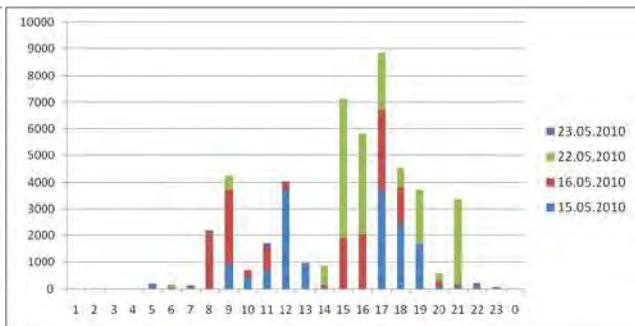
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

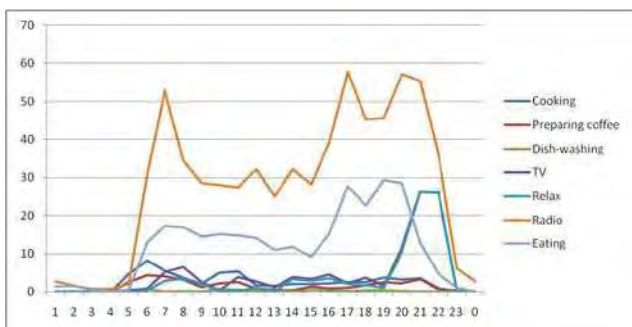
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



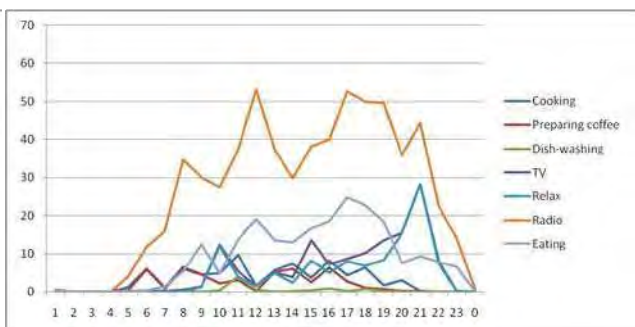
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

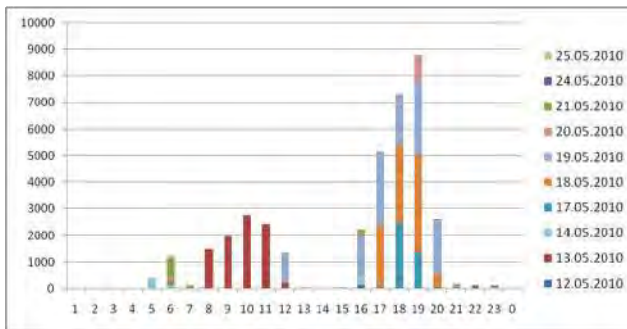


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

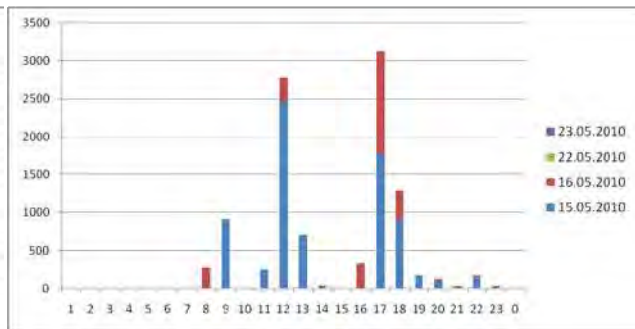
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays, the inhabitants wake up at around 06:00 and then some of them leave the house (excepted on the 13/05, where a high amount of data was collected). The peak at 11:00 shows that some of the inhabitants are back at that time, maybe for lunch; finally, the peak at 19:00 might be representative of dinner, which seems to be confirmed by the occupation of the "Eating" zone at that time. After dinner, it seems that some members of the family stay in the living room, probably watching TV (as shown by the high percentage of occupation of the "TV" area, which is overlapping with the occupation of the "Relax" area).

On weekends, most of the data was collected starting from 08:00, which suggests that the inhabitants wake up later on those days. The peaks of occupation of the "Eating" area seem to indicate that the family has breakfast at around 08:00 or 09:00, lunch at 12:00 and dinner around 17:00 or 18:00. Also, as for weekdays, it seems that the family spends time in front of the TV after dinner.

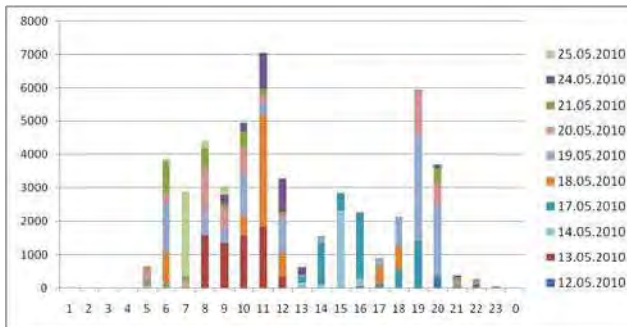
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



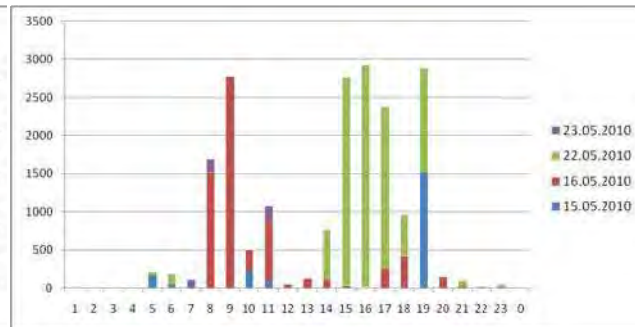
Graph 5: Father, 40, presence on weekdays



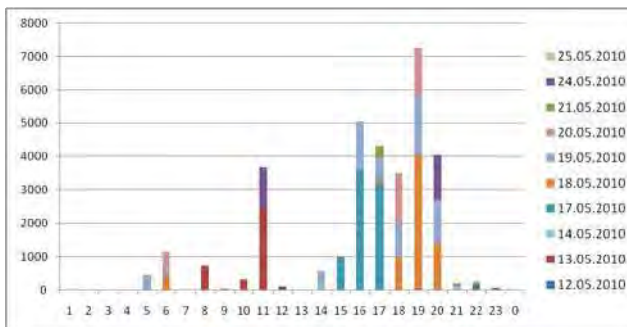
Graph 6: Father, 40, presence on weekends



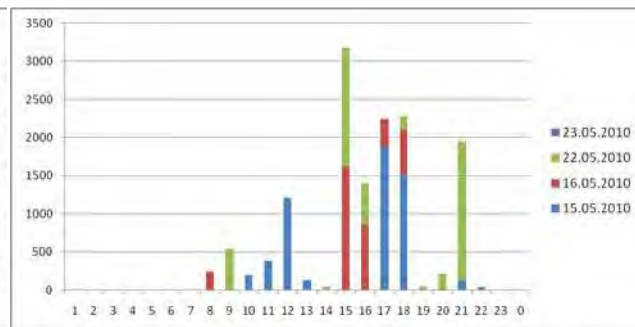
Graph 7: Mother, 39, presence on weekdays



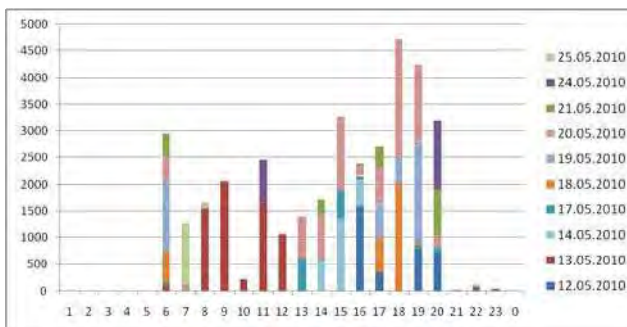
Graph 8: Mother, 39, presence on weekends



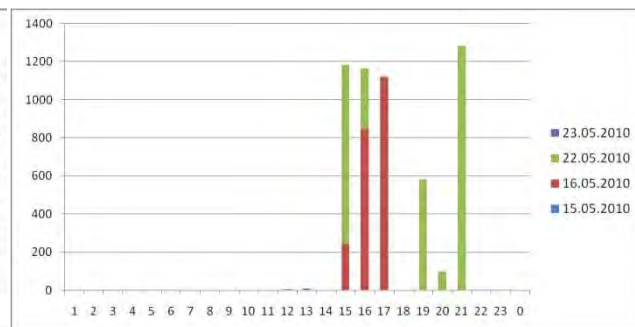
Graph 9: Daughter, 13, presence on weekdays



Graph 10: Daughter, 13, presence on weekends



Graph 11: Son, 12, presence on weekdays



Graph 12: Son, 12, presence on weekends

These graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section. On weekdays, the father's presence seems the one of an office worker, as shown by the lack of data in the middle of the day (excepted on the 13/05). The mother's graph, much smoother with peaks around breakfast, lunch and dinner time, looks correct for a housekeeper. Finally, the children's graphs could correspond to a scholar pattern, with no data during the morning (excepted for the 13/05) and in the early afternoon.

On weekends, it is noticeable that many days of recording are missing; for this reason it is not possible to formulate assumptions on the inhabitants' behavior.

Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
B02	PS measurement system	126,77	Constant load
B04	TV	36,55	Controllable
B08	Iron	3,57	(Controllable)
B09	Microwave	3,69	Controllable
B10	Coffee machine	5,79	Controllable
B11	Dishwasher	18,41	Shiftable
B13	PS switch	25,87	Constant load
B14	Socket (kitchen)	0,13	Unknown
B15	HiFi - Tuner	6,21	Controllable
B19	Socket (kitchen)	1,26	Unknown
B01	PlayStation	2,20	Controllable
B03	Socket (office)	3,86	Unknown
B05	Electric toothbrush	4,99	Controllable
B06	HiFi - Tuner	2,03	Controllable
B07	HiFi - Tuner	0,44	Controllable
B12	Fridge	63,54	Constant load
B16	Washing machine	24,60	Shiftable
B17	Freezer (horizontal)	44,09	Constant load
B18	Hoover	92,44	(Controllable)
B20	Router	0,06	Controllable

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (B13) and of the PS measurement system (B02) will not be considered.

The consumption in a household can be divided in “known consumption”, which are the values coming from the Möller measurement systems, and “rest”, which is the gap between the total measured consumption (obtained with the Fluke multimeter) and the above “known consumption”. Such gap could be partially explained by the presence in the household of other devices (e.g. the electric stove) and the lighting consumption. In this particular household a problem occurred with the Fluke multimeter, thus no reliable data for the whole household consumption were collected. For this reason, the consumption coming from the Möller measurement devices alone will be considered as the whole household consumption. The repartition between the consumption of the devices that were in the PowerSaver area and those that were spread around in the household is presented in Chart 1.

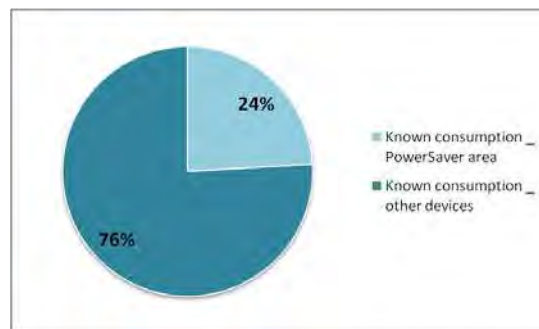


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the above consumption, Chart 2 gives the repartition per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 20% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 66%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 69% and 100%.

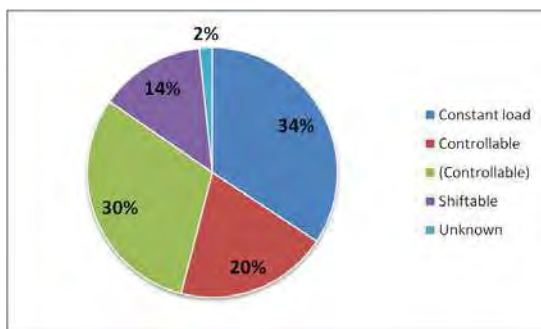


Chart 2: Types of consumers in the whole household

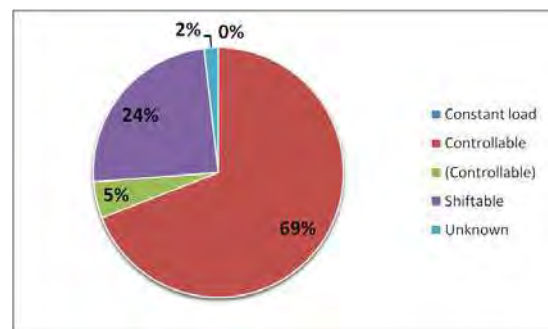


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

4. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	36,55	26,24	10,31	28,2
Microwave	3,69	1,86	1,83	49,7
Coffee machine	5,79	4,19	1,60	27,7
HiFi - Tuner	6,21	5,17	1,04	16,7
Dish washer	18,41	17,55	0,86	4,7
Socket (kitchen)	1,26	1,05	0,21	16,6
Iron	3,57	3,40	0,17	4,8
Socket (kitchen)	0,13	0,04	0,09	68,8
PlayStation	2,20			
Socket (office)	3,86			
Electric toothbrush	4,99			
HiFi - Tuner	2,03			
HiFi - Tuner	0,44			
Fridge	63,54			
Washing machine	24,60			
Freezer (horizontal)	44,09			
Hoover	92,44			
Router	0,06			
TOTAL: PowerSaver area	75,6	59,5	16,1	21,3
TOTAL: Measured devices	313,8	297,7	16,1	5,1
TOTAL: Household	N/A	N/A	(16,1)	N/A

Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 20% could have been achieved, which would represent a 5.1% reduction of the whole measured devices consumption. It is also interesting to notice that, no matter what the total household consumption was, the system in its actual state could have allowed an absolute gain of 16.1 W in the whole average wattage, which means more than 140kWh per year. This, when considering the average price of electricity (between 0.18€/kWh and 0.19€/kWh for a household ^[1]), means that this system could have generated a saving of more than 25€ per year even though the PowerSaver area consumption was probably not too important when compared to the true overall household consumption.

[1] <http://www.energy.eu/>

Household 0-10-1111

1. Description

The study took place from the 27/05/10 to the 07/07/10 in a single-family household in the campaign, having a surface of 150 m².

The household was occupied by four inhabitants: the father (40 years old), the mother (36 years old), the daughter (6 years old) and the son (4 years old). The father is an office worker, the mother a part-time worker, and the children are going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen (which also included the dining room) and a living room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 2 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 8 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the kitchen is the largest zone; the other is the living room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 8 sensors were deployed, covering most of both rooms (a small part in between the room was out of range).

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to six, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

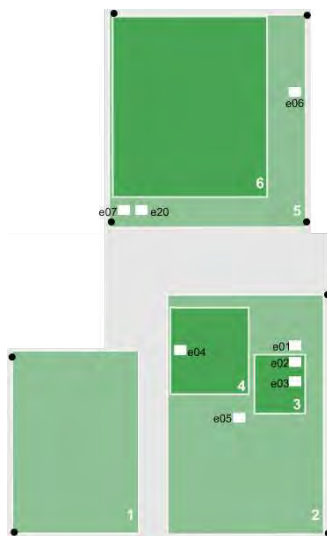


Figure 1: Experiment's setup

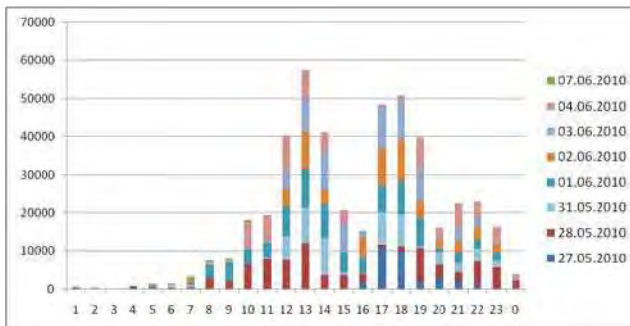
#	Activity zone (room)
1	Eating (kitchen)
2	Cooking (kitchen)
3	Preparing coffee (kitchen)
4	Dish-washing (kitchen)
5	TV (living room)
6	Relax (living room)

Table 1: Activity zones

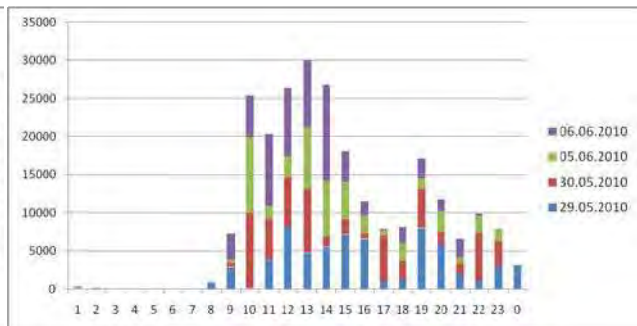
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

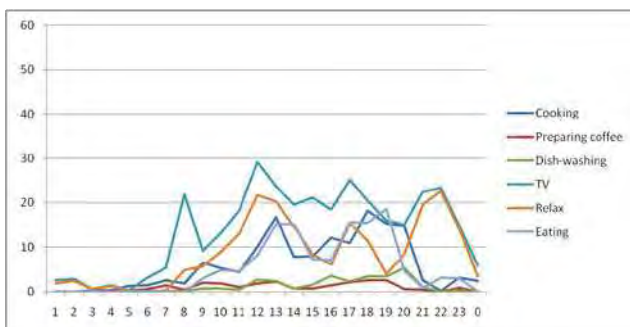
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



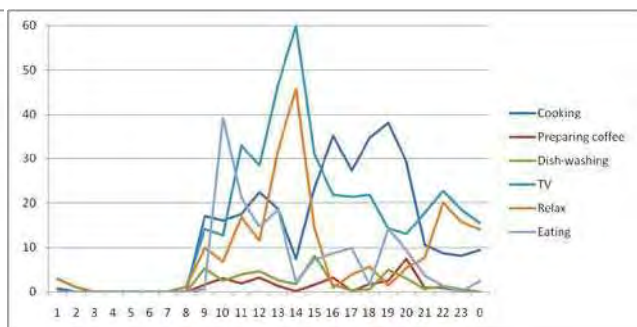
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

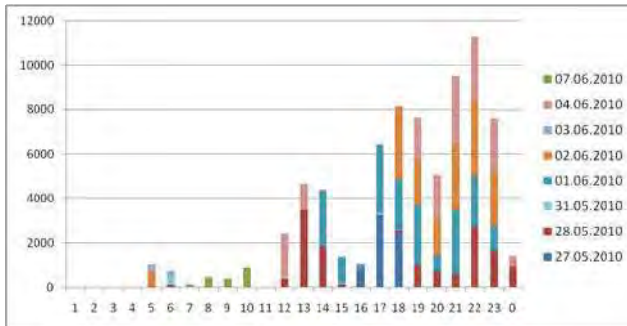


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

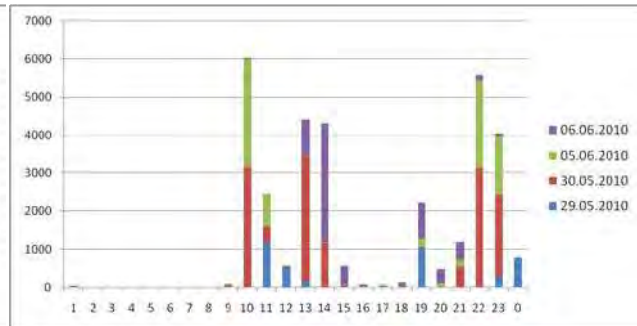
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays, it seems that they wake up in between 07:00 and 08:00. The large amount of data collected from 12:00 to 14:00 could indicate that most of the inhabitants are at home for lunch; the peaks from 17:00 till 19:00 might be representative of dinner time. The previously mentioned times seem to be confirmed by the percentages of occupation of the "Eating" area, with peaks at 13:00 and at 19:00.

On weekends, most of the data is collected starting from 09:00, which suggests that the inhabitants wake up later on those days. The main peaks at 10:00, 13:00 and 19:00 might stand respectively for breakfast, lunch and dinner, as suggested by the percentage of occupation of the "Eating" zone.

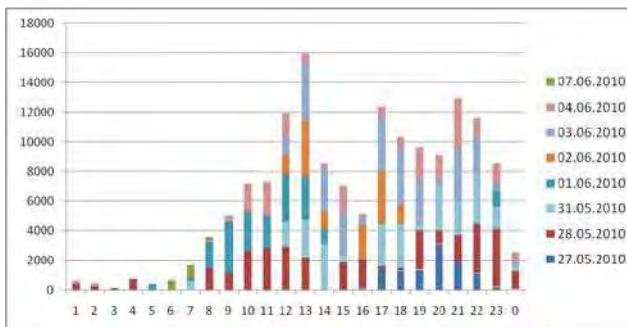
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



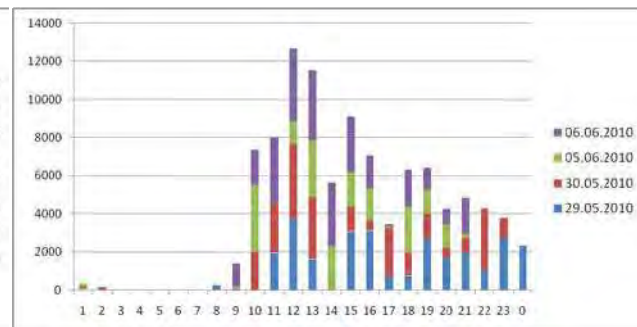
Graph 5: Father, 40, presence on weekdays



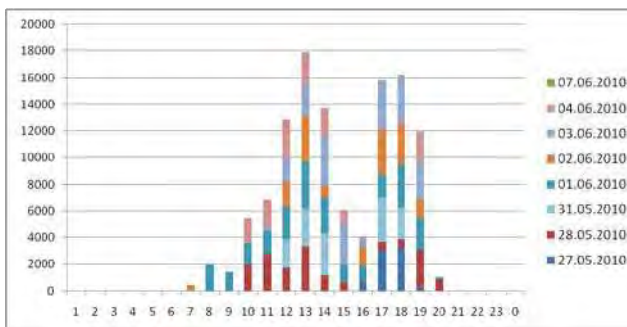
Graph 6: Father, 40, presence on weekends



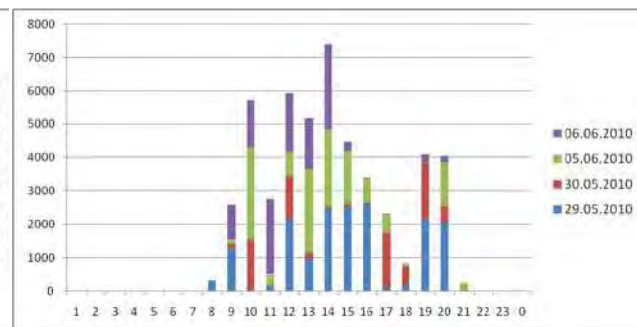
Graph 7: Mother, 36, presence on weekdays



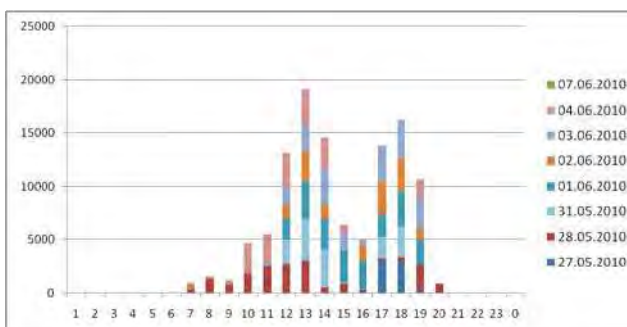
Graph 8: Mother, 36, presence on weekends



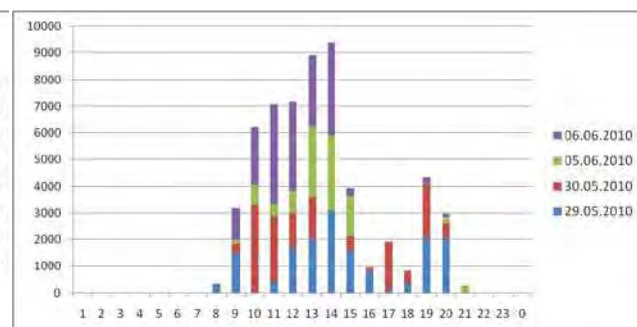
Graph 9: Daughter, 6, presence on weekdays



Graph 10: Daughter, 6, presence on weekends



Graph 11: Son, 4, presence on weekdays



Graph 12: Son, 4, presence on weekends

On weekdays, the father's presence seems to correspond to the pattern of an office worker, as data are generally missing throughout the day. Concerning the mother's graph, it would seem like the one of a housekeeper, as data were collected during the whole day. Concerning the children, their graphs could indicate that they only have school in the morning, as data are missing in between 08:00 and 11:00 (excepted on Fridays).

Concerning weekends, it no pattern seems observable. The father's graph is characterized by its lack of data in the afternoon, while the mother and the children have peaks spread all over the day, even though their "timing" doesn't seem to correspond.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
E01	Fridge	34,72	Constant load
E02	Microwave	11,20	Controllable
E03	Coffee machine	5,70	Controllable
E04	Socket (kitchen)	3,33	Unknown
E05	Socket (kitchen)	6,03	Unknown
E06	TV	57,97	Controllable
E07	Iron	0,06	(Controllable)
E20	PS measurement system	130,75	Constant load
E08	Socket (office)	65,03	Unknown
E09	Freezer	24,83	Constant load
E10	Sump pump	0,15	(Controllable)
E11	Washing machine	32,31	Shiftable
E12	Night light	0,82	Controllable
E13	Radio clock	3,05	Constant load
E14	Humidifier	0,71	Controllable
E15	Electric toothbrush	1,53	Controllable
E16	Hairdryer	2,51	(Controllable)
E17	Night light	0,11	Controllable
E18	Radio clock	1,53	Constant load
E19	Workshop	16,35	(Controllable)

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS measurement system (E20) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 5900 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove, a water heater, another TV, a laptop and a desktop computer.

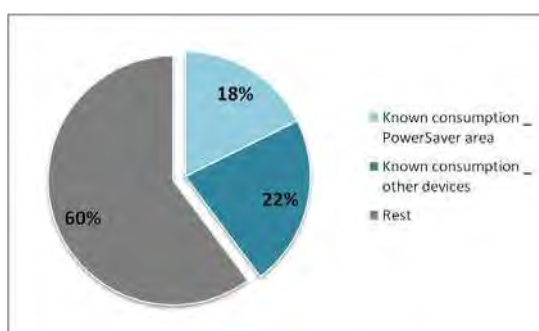


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 29% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 76%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 63% and 71%.

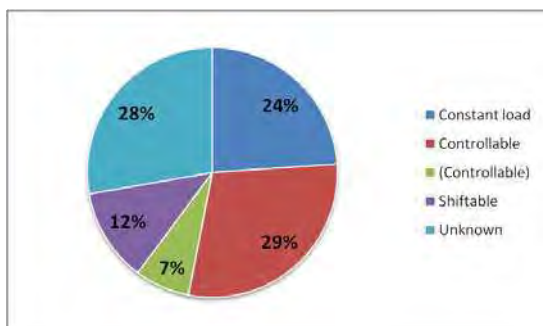


Chart 2: Types of consumers in the whole household

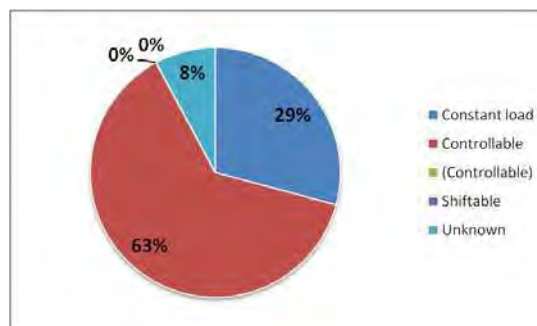


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	57,97	48,67	9,30	16,0
Microwave	11,20	6,73	4,48	40,0
Coffee machine	5,70	4,41	1,29	22,7
Socket (kitchen)	6,03	5,49	0,54	8,9
Socket (kitchen)	3,33	2,80	0,53	15,8
Iron	0,06	0,03	0,03	51,5
Fridge	34,72	34,72	0,00	0,0
Socket (office)	65,03			
Freezer	24,83			
Sump pump	0,15			
Washing machine	32,31			
Night light	0,82			
Radio clock	3,05			
Humidifier	0,71			
Electric toothbrush	1,53			
Hairdryer	2,51			
Night light	0,11			
Radio clock	1,53			
Workshop	16,35			
TOTAL: PowerSaver area	119,0	102,8	16,2	13,6
TOTAL: Measured devices	267,9	251,8	16,2	6,0
TOTAL: Household	673,4	657,3	16,2	2,4

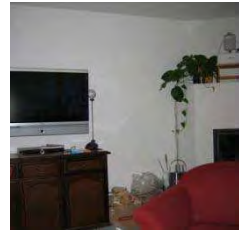
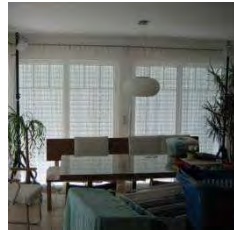
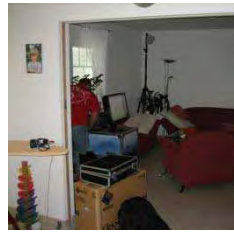
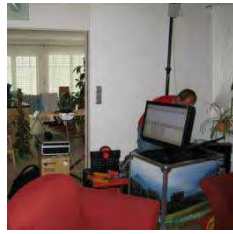
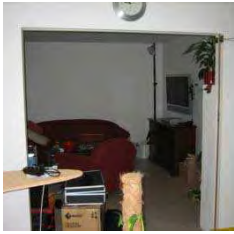
Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 13% could have been achieved, which would represent a 2.4% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 18% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 5900 kWh) and the average price of electricity (0.19€/kWh for small consumers ^[1]), the system could have allowed a saving of ca. 25€ per year even though the study area was small.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 8% or 9% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of more than 90€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 0-11-1110

1. Description

The study took place from the 29/06/10 to the 12/07/10 in a single-family household in the city, having a surface of 90 m², divided in 7 rooms on 2 floors.

The household was occupied by three inhabitants: the father (41 years old), the mother (34 years old) and the son (5 years old). The father is an office worker, the mother a housekeeper, and the child is going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in the living room, in order to record location data of the three inhabitants. All over the household, 16 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 4 of them where in the above-mentioned room. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zone represents the monitored room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 4 sensors were deployed, covering the room integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to four, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

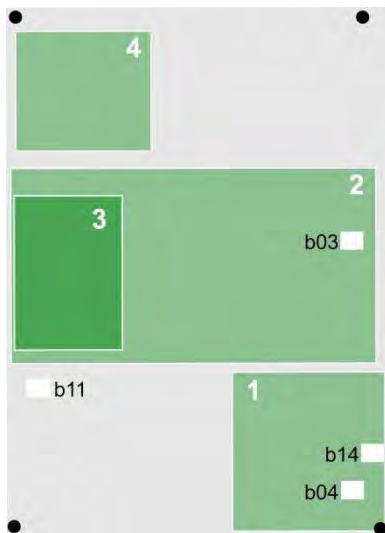


Figure 1: Experiment's setup

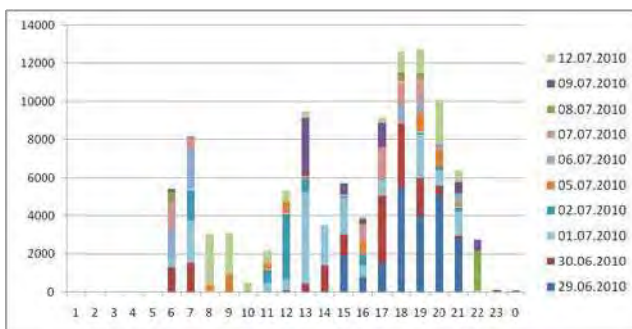
#	Activity zone (room)
1	Working (living room)
2	TV (living room)
3	Relax (living room)
4	Eating (living room)

Table 1: Activity zones

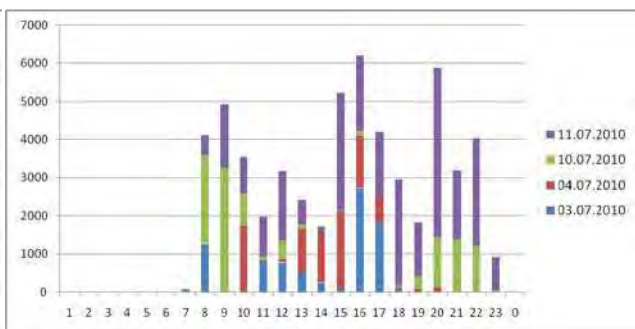
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

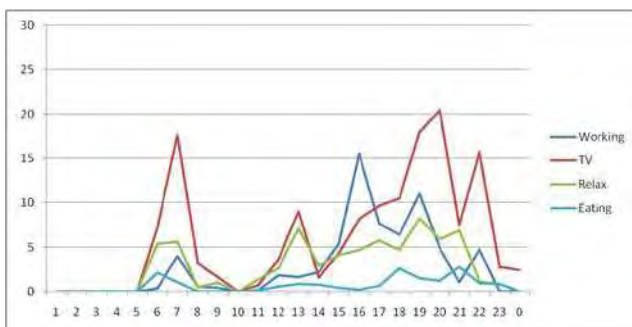
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



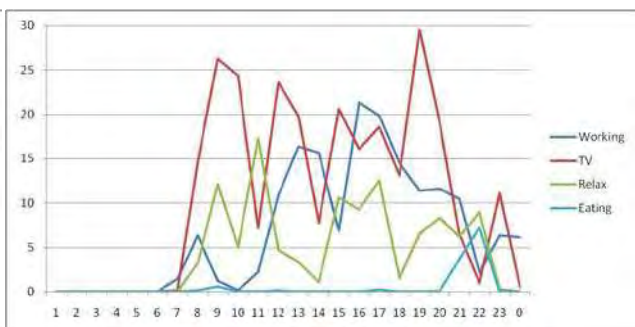
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

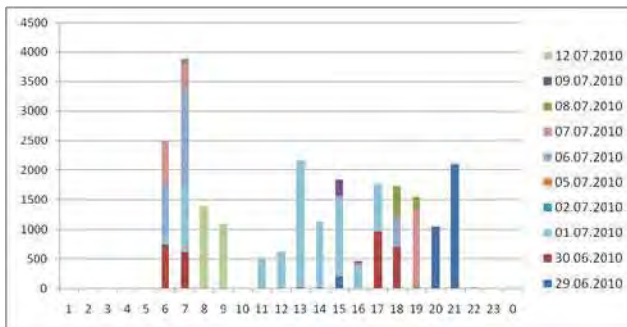


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

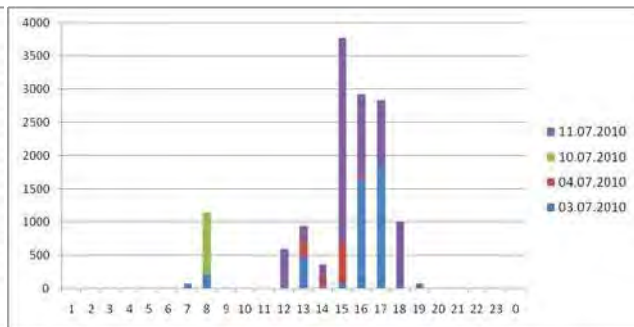
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays, the inhabitants wake up at around 06:00 and then leave the house, probably for work or school. The peak of data at 13:00 could indicate that some of the inhabitants are back at that time; finally, the peaks at 18:00 and 19:00 might be representative of dinner. It is noticeable that the zone with the highest percentage of occupation throughout the day is the "TV" zone; this might be explainable by the presence in the household of a young child and, maybe, by the fact that the study took place while the World Cup of soccer was being played.

On weekends, most of the data is collected starting from 08:00, which suggests that the inhabitants wake up later on those days. Again, it can be observed that the "TV" zone is the one with the highest percentage of occupation, probably for the same reasons stated above.

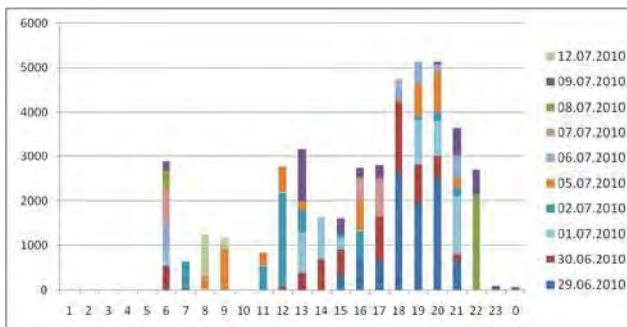
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



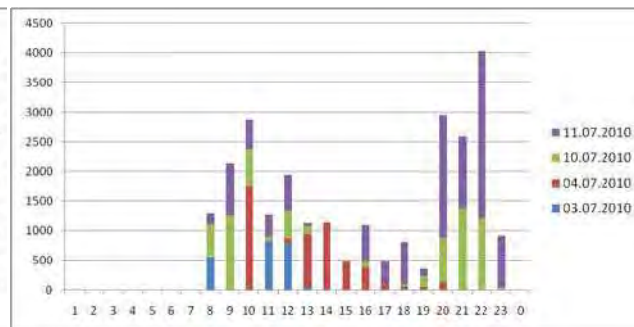
Graph 5: Father, 41, presence on weekdays



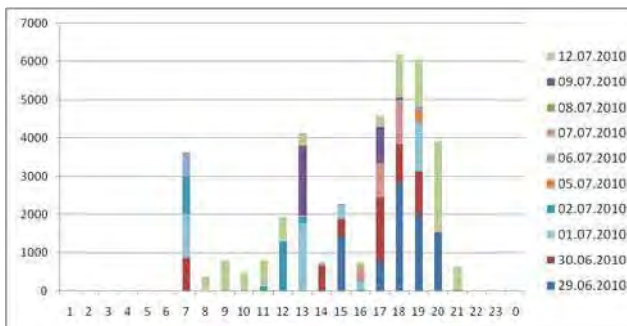
Graph 6: Father, 41, presence on weekends



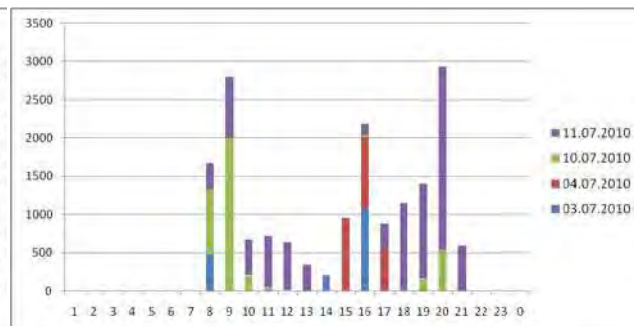
Graph 7: Mother, 36, presence on weekdays



Graph 8: Mother, 36, presence on weekends



Graph 9: Son, 5, presence on weekdays



Graph 10: Son, 5, presence on weekends

These graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section. On weekdays, the father's presence seems the one of an office worker, as shown by the lack of data in the middle of the day (excepted for the 01/07). However the mother's graph, due to the lack of data generally observed in the morning, would correspond more to a part-time worker rather than a housekeeper. Finally, the child's graph corresponds to a young-scholar pattern, with data missing from 08:00 till 12:00; the only exception is on the 12/07, which corresponds to the child's first day of holidays.

Concerning weekends, it seems like no special assumption can be made. The father's graph is characterized by its lack of data in the morning, with some peaks in the afternoon (even though they were not recorded on the 10/07); the mother seems to have peaks spread all over the day, with just some lacks of data in the afternoon; the son has an irregular recording, as data are for example missing on the 03/07 and 04/07 in the morning and in the evening, or on the 10/07 in the afternoon.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
B03	TV	30,97	Controllable
B04	PC	19,48	Controllable
B11	PS measurement system	68,68	Constant load
B14	Hoover	6,38	(Controllable)
B01	Kettle	1,64	(Controllable)
B02	Microwave	1,86	Controllable
B05	Waterbed	29,05	Controllable
B06	Electric toothbrush	0,04	Controllable
B07	Lighting	3,49	Controllable
B08	Freezer	34,27	Constant load
B09	Cooking machine	0,05	Controllable
B10	Toaster	1,08	(Controllable)
B12	Dryer	0,00	Shiftable
B13	Washing machine	14,65	Shiftable
B15	Night light	1,60	Controllable
B16	Ventilator	6,36	Controllable

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS measurement system (B11) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 2500 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove, a water heater or a laptop computer.

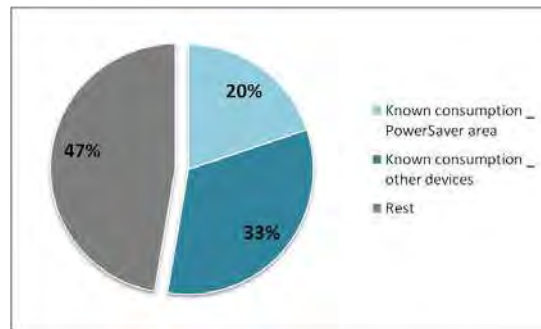


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 61% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 77%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 89% and 100% (as the measured zone was only a living room where very few appliances were measured).

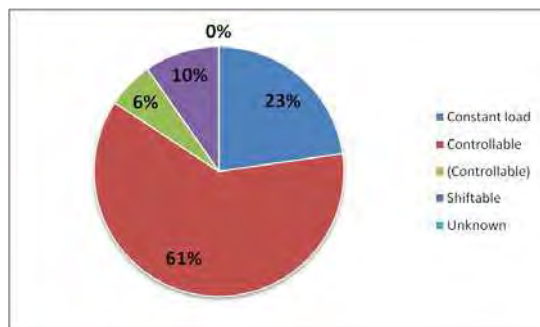


Chart 2: Types of consumers in the whole household

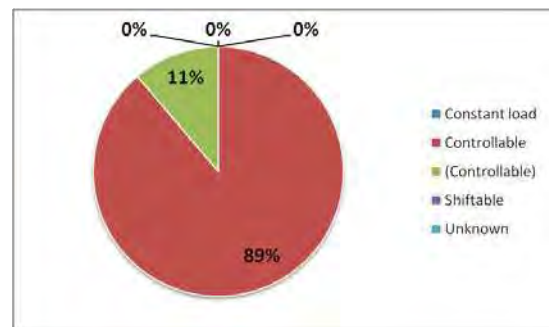


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

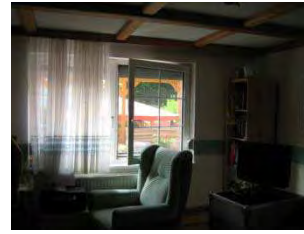
Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	30,97	10,00	20,97	67,7
PC	19,48	8,81	10,67	54,8
Hoover	6,38	3,49	2,89	45,3
Kettle	1,64			
Microwave	1,86			
Water bed	29,05			
Electric toothbrush	0,04			
Lighting	3,49			
Freezer	34,27			
Cooking machine	0,05			
Toaster	1,08			
Dryer	0,00			
Washing machine	14,65			
Night light	1,60			
Ventilator	6,36			
TOTAL: PowerSaver area	56,8	22,3	34,5	60,8
TOTAL: Measured devices	150,9	116,4	34,5	22,9
TOTAL: Household	286,5	252,0	34,5	12,0

Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 60% could have been achieved, which would represent a 12% reduction of the whole household consumption. This is surprisingly high, but it has to be considered that the whole household consumption itself seems very low. Anyway, it is particularly interesting to notice that the absolute gain is of 34.5 W, which is equal to more than 300 kWh per year; this, when considering the average price of electricity (0.19€/kWh for small consumers^[1]), means that the system could have allowed a saving of more than 55€ per year in that household even though the study area was small.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 0-12-1111

1. Description

The study took place from the 15/07/10 to the 26/07/10 in a single-family household in the campaign, having a surface of 160 m².

The household was occupied by four inhabitants: the father (33 years old), the mother (34 years old), the daughter (7 years old) and the son (5 years old). The father is an office worker, the mother a part-time worker, and the children are going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in three rooms, a living room, a dining room and part of a kitchen, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 11 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the smallest zone is the kitchen/dining room (the kitchen being the upper part); the other is the living room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 8 sensors were deployed. As the visibility of a tag by three or more sensors is required for recording location data, it can be noticed that the study covered both the living and dining rooms integrally, but only a small part of the kitchen.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their “area of use” we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to eight, is given in Table 1. It is important to remark that zones #6/#7/#8 are in the kitchen which, as mentioned above, was not fully covered by the study.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

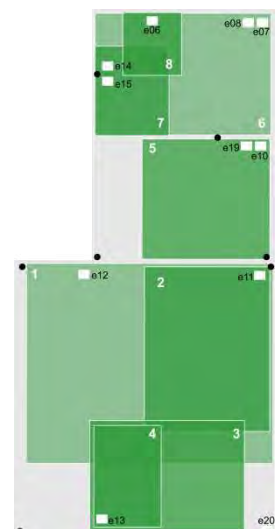


Figure 1: Experiment's setup

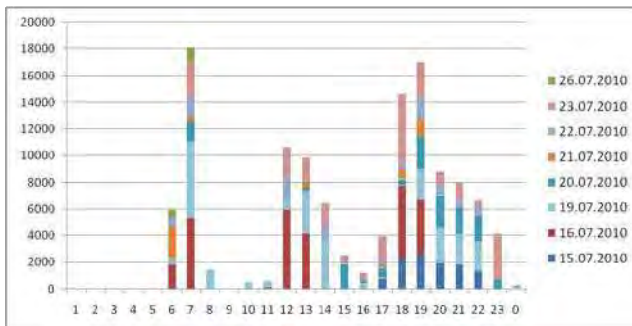
#	Activity zone (room)
1	TV (living room)
2	Relax (living room)
3	Eating1 (living room)
4	Working (living room)
5	Eating2 (kitchen)
6	Cooking_partially obs. (kitchen)
7	Dish-washing_partially obs. (kitchen)
8	Preparing coffee_partially obs. (kitchen)

Table 1: Activity zones

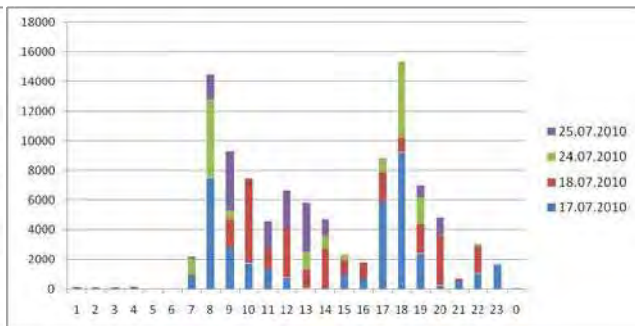
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

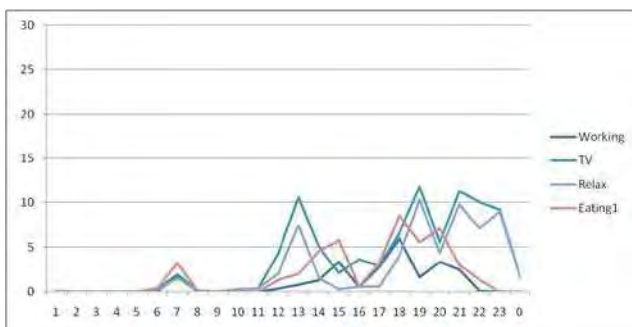
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 to Graph 6 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



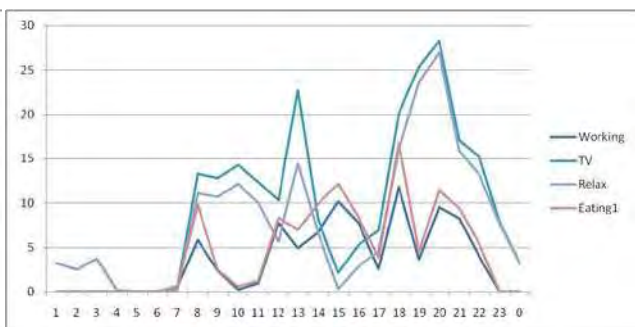
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



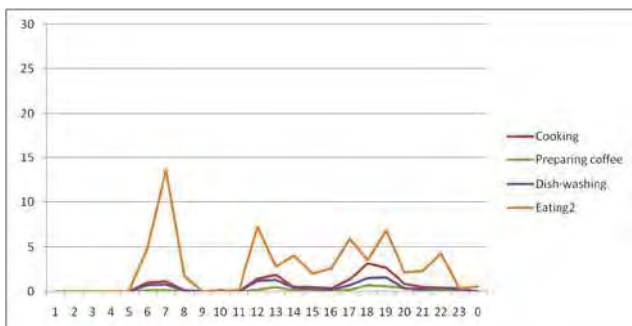
Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



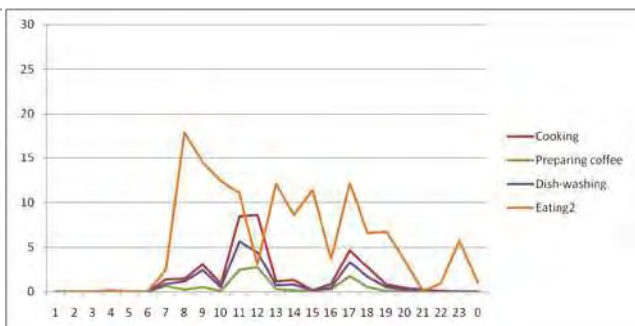
Graph 3: Average occupation in % of the activity zones in the living room (weekdays)



Graph 4: Average occupation in % of the activity zones in the living room (weekends)



Graph 5: Average occupation in % of the activity zones in the kitchen (weekdays)



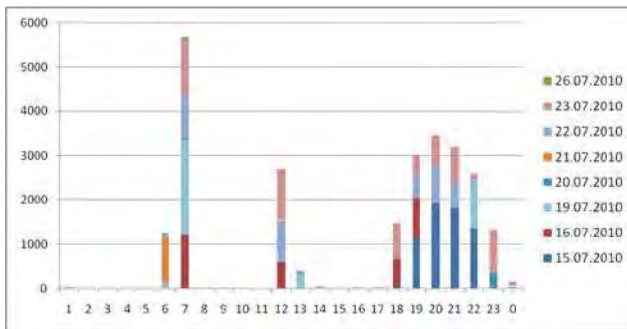
Graph 6: Average occupation in % of the activity zones in the kitchen (weekends)

Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 to Graph 6. During weekdays the inhabitants wake up at around 06:00 and then it seems that most of them leave the house, as shown by the very small amount of data captured between 08:00 and 11:00. The peak at 12:00 could indicate that some of the inhabitants are back for lunch; the peaks

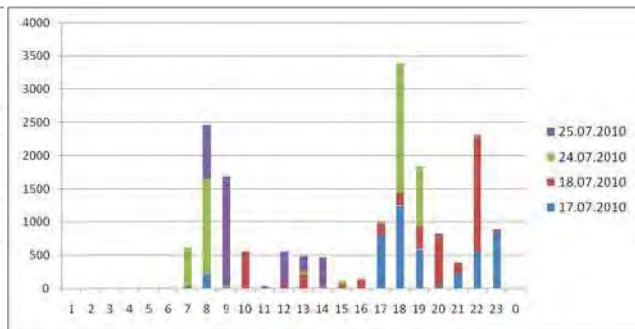
at 18:00 and 19:00 might be representative of dinner time; this seems to be confirmed by the peak in the "Eating1" zone at around that time. In the same way, by looking at the "Eating2" zone, we can assume that the family has breakfast and lunch in the kitchen, respectively at around 07:00 and 12:00.

On weekends, the peak at 08:00 suggests that the inhabitants wake up later on those days. By looking at the occupancy of both "Eating" zones, we might assume that breakfast, lunch and dinner happen respectively at around 08:00, 12:00 (or 13:00) and 18:00.

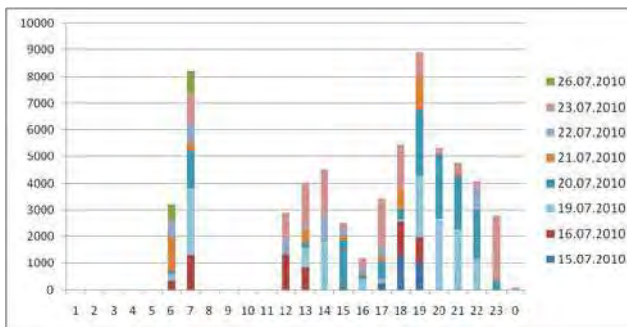
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



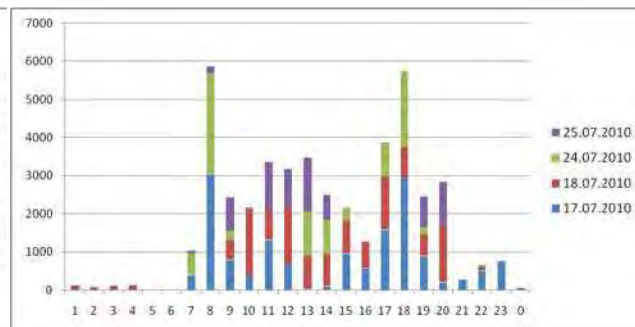
Graph 7: Father, 33, presence on weekdays



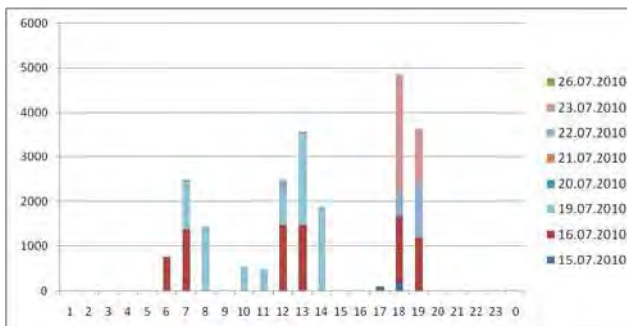
Graph 8: Father, 33, presence on weekends



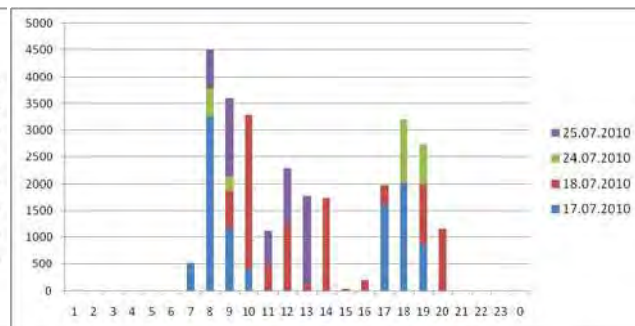
Graph 9: Mother, 34, presence on weekdays



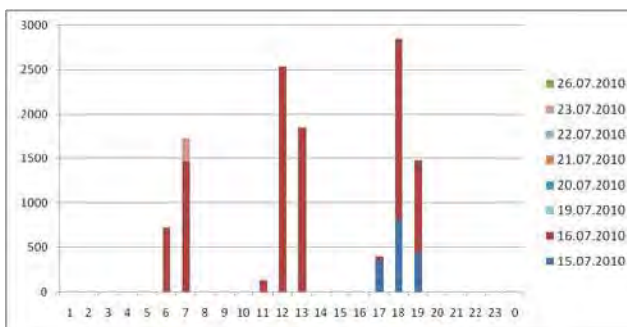
Graph 10: Mother, 34, presence on weekends



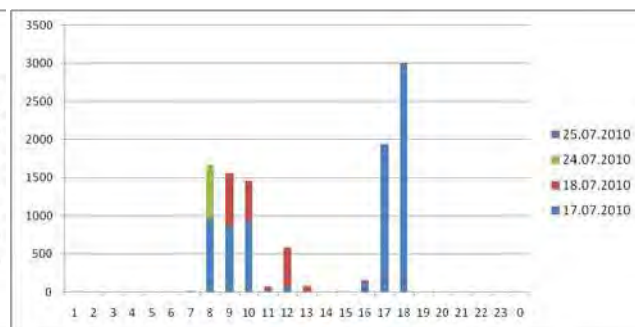
Graph 11: Daughter, 7, presence on weekdays



Graph 12: Daughter, 7, presence on weekends



Graph 13: Son, 5, presence on weekdays



Graph 14: Son, 5, presence on weekends

Concerning the adults, these graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section. The father's weekdays graph is characterized by gaps from 08:00 to 12:00 and then again (generally) from 13:00 till 18:00; this would correspond to an office worker, sometimes having lunch at home. On the mother's graph, a gap between 08:00 and 12:00 is observable, with high amount of data collected in the afternoon; this could correspond to a part-time worker pattern. Concerning the children, no suggestion of behavior can be made due to the large amount of days missing from the

data; anyway, it can be assumed that their pattern wouldn't have been a "scholar" one because the measurement took place during the holidays

Concerning weekends, it seems that the inhabitants wake up slightly later than during the week (around 07:00 or 08:00, and that they have breakfast at 08:00 and dinner at around 18:00. However, the small amount of data collected during the day for the father and the son, or also for the daughter (no data from 10:00 till 17:00 on the 24/07 and 25/07) don't allow making any better assumption.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
E06	Coffee machine	6,94	Controllable
E07	Steamer	5,63	Controllable
E08	Bread slicer	0,05	Controllable
E10	Charger for mobile phone	0,63	Controllable
E11	Lamp	2,53	Controllable
E12	Hoover	0,45	(Controllable)
E13	Charger for laptop	4,40	Controllable
E14	Continuous-flow water heater	26,11	Constant load
E15	Dishwasher	38,06	Shiftable
E19	PS switch	34,95	Constant load
E20	PS measurement system	80,91	Constant load
E01	Fridge	23,04	Constant load
E02	Freezer (horizontal)	30,69	Constant load
E03	Dryer	0,05	Shiftable
E04	Washing machine	13,39	Shiftable
E05	socket (cellar)	5,29	Unknown
E09	Electric shaver	2,26	Controllable
E16	Iron	0,82	(Controllable)
E17	Printer	14,79	Controllable
E18	HiFi - Tuner	0,57	Controllable

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (E19) and of the PS measurement system (E20) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 8800 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove, a microwave, two TVs or a desktop computer.

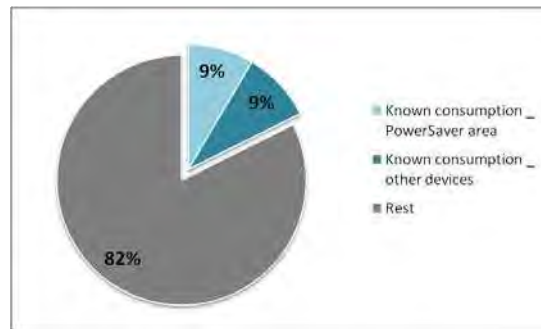


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 22% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 55%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 24% and 69%.

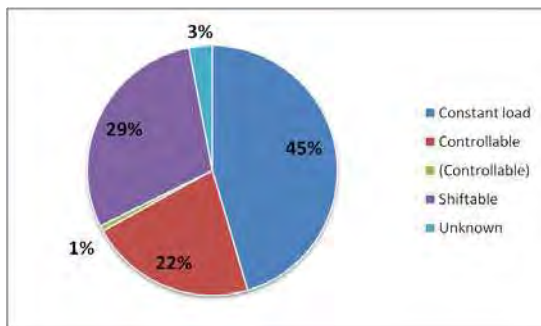


Chart 2: Types of consumers in the whole household

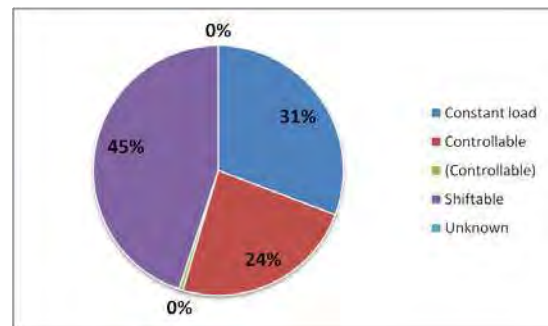


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
Charger for laptop	4,40	1,55	2,85	64,7
Dish washer	38,06	36,30	1,76	4,6
Lamp	2,53	1,47	1,05	41,7
Coffee machine	6,94	6,56	0,38	5,5
Charger for mobile phone	0,63	0,28	0,35	55,2
Hoover	0,45	0,14	0,31	68,7
Steamer	5,63	5,58	0,05	1,0
Bread slicer	0,05	0,00	0,05	95,6
Continuous-flow water heater	26,11	26,11	0,00	0,0
Fridge	23,04			
Freezer (horizontal)	30,69			
Dryer	0,05			
Washing machine	13,39			
Socket (cellar)	5,29			
Electric shaver	2,26			
Iron	0,82			
Printer	14,79			
HiFi - Tuner	0,57			
TOTAL: PowerSaver area	84,8	78,0	6,8	8,0
TOTAL: Measured devices	175,7	168,9	6,8	3,9
TOTAL: Household	997,1	990,3	6,8	0,7

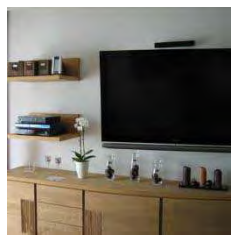
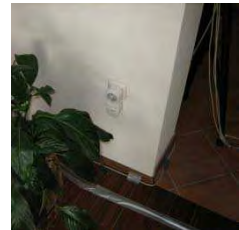
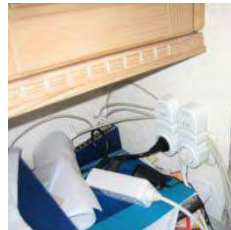
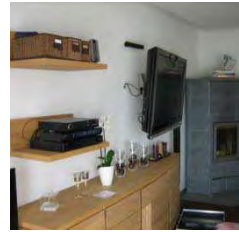
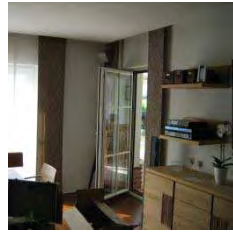
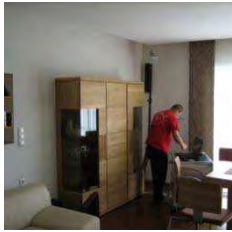
Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of 8% could have been achieved, which would represent a 0.7% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 9% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 8800 kWh) and the average price of electricity (0.18€/kWh for large consumers ^[1]), the system could have allowed a saving of ca. 11€ per year even though the study area was small.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 4% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of more than 60€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 0-13-2200

1. Description

The study took place from the 16/09/10 to the 27/09/10 in a single-family household in the campaign, having a surface of 135 m² divided in 8 rooms.

The household was occupied by four inhabitants: the father (47 years old), the mother (45 years old), the son (20 years old) and the daughter (18 years old). Within the household are two full-time and one part-time worker.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen and a living room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 9 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the kitchen is the largest zone; the other is the living room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 9 sensors were deployed, covering both rooms integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to seven, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

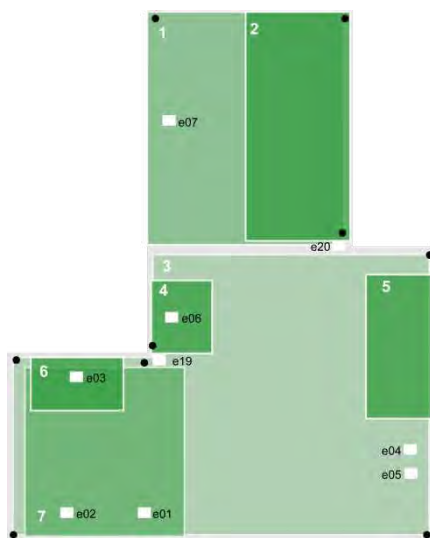


Figure 1: Experiment's setup

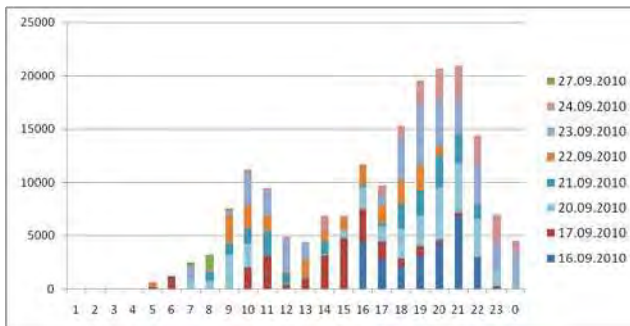
#	Activity zone (room)
1	TV (living room)
2	Relax (living room)
3	Radio (kitchen)
4	Preparing coffee (kitchen)
5	Eating (kitchen)
6	Dish-washing (kitchen)
7	Cooking (kitchen)

Table 1: Activity zones

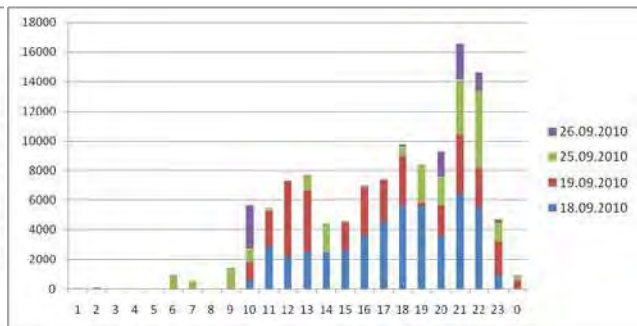
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

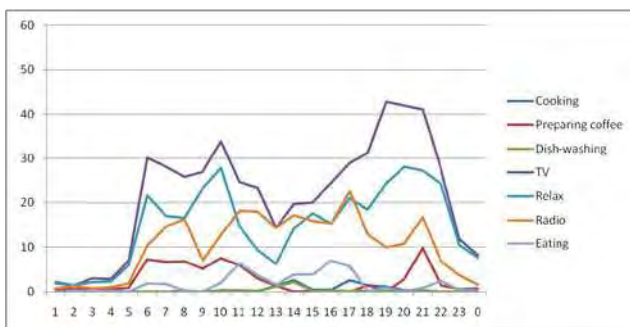
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



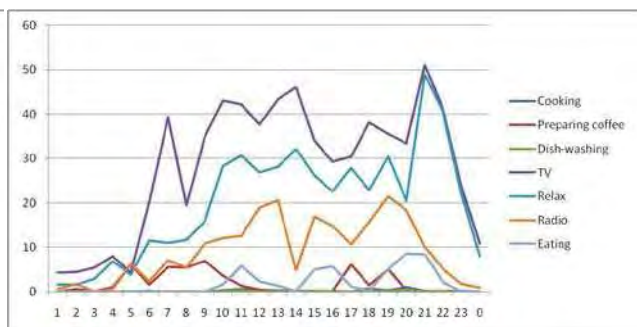
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

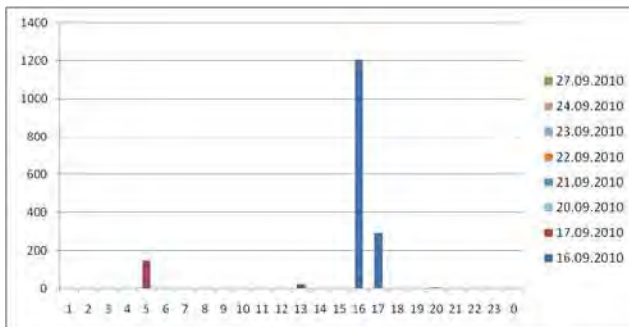


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

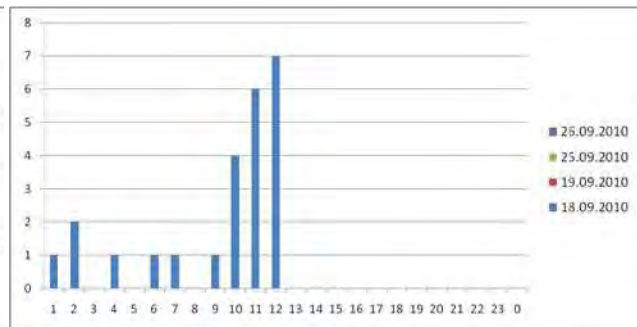
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays, it seems that the inhabitants wake up at around 07:00 (the data collected at around 05:00 is negligible and the data collected at 06:00 occurred only on one day, the 17/09). No major peak seems to indicate lunch time; which might suggest that the inhabitants do not have lunch all together at home (maybe some of them are out for work); this also seems to be confirmed by the percentage of occupation of the "Eating" zone. In the evening/night, several peaks are observable: these seem to correspond to the peaks of occupation of the "Relax" and "TV" zones.

On weekends, most of the data is collected starting from 10:00, which suggests that the inhabitants wake up later on those days. Again, the major peaks occur in the early night (21:00 and 22:00), and the other peaks don't seem to give a clue about meal-times during the day. Concerning the zones, it can be noticed that the "TV" zone has the highest percentage of occupation.

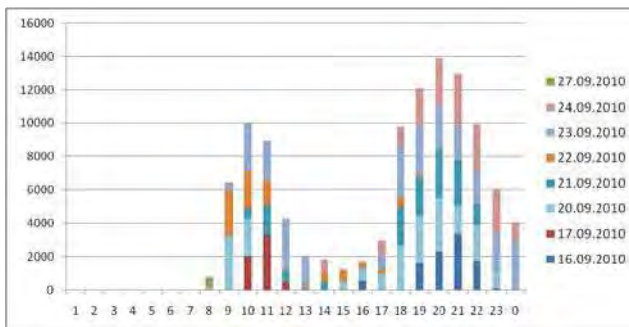
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



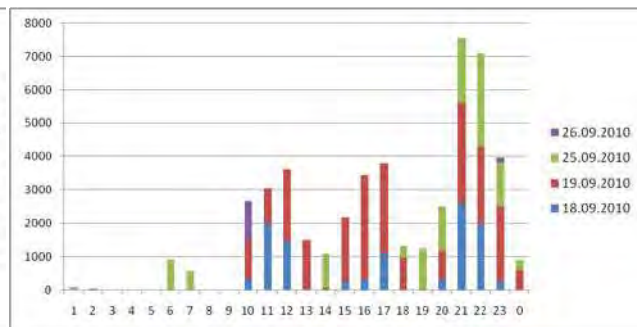
Graph 5: Father, 47, presence on weekdays



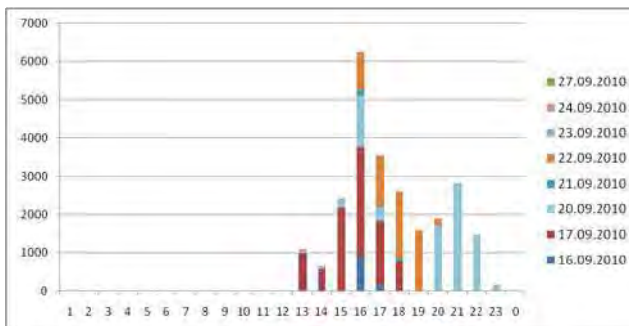
Graph 6: Father, 47, presence on weekends



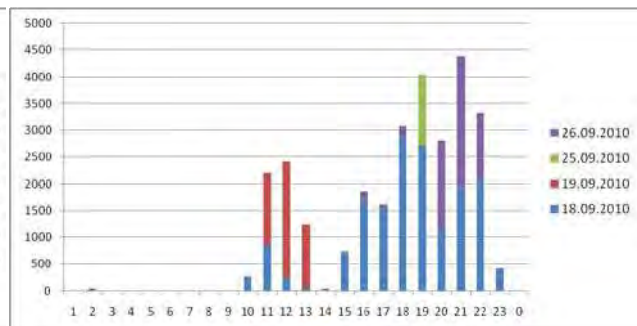
Graph 7: Mother, 45, presence on weekdays



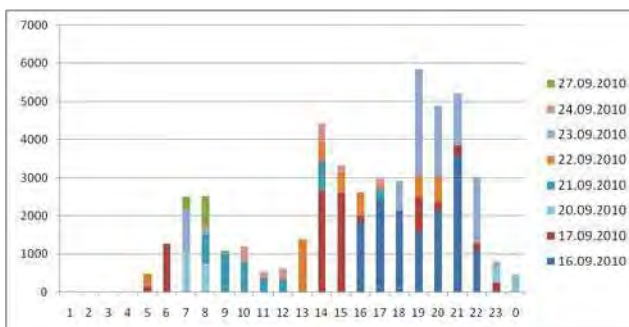
Graph 8: Mother, 45, presence on weekends



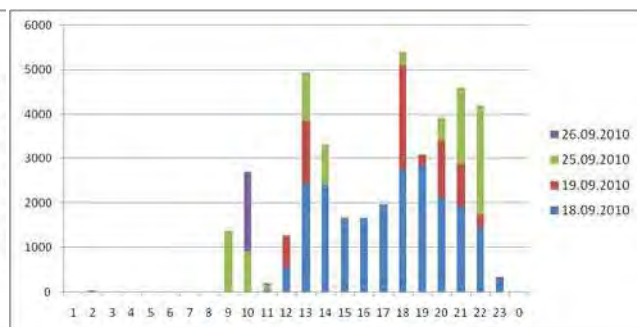
Graph 9: Son, 20, presence on weekdays



Graph 10: Son, 20, presence on weekends



Graph 11: Daughter, 18, presence on weekdays



Graph 12: Daughter, 18, presence on weekends

From these graphs, it seems difficult to confirm who the two full-time and the part-time worker are, as expected from the first section of this paper. In fact, we can immediately see that the father was away for most of the study period (there are recordings only on the 16, 17 and 18 of September); so we could just suppose that the father is one of the full-time workers. The mother's weekdays graph, with its lack of data in the afternoon, could correspond to the pattern of a part-time worker, but the fact that every day a small amount of data was still recorded suggests that she was actually at

home for most of the study period. Concerning the son, its graph is very particular, not only for the total lack of data in the morning, but also because only four days were recorded (data are missing on the 23rd, 24th and 27th and seem negligible on the 21st of September). Finally the daughter's graph is really smooth, excepted for the low amount of data captured in the late morning; given her age we could have assumed that she is going to the University, but then this study would have taken place during her holidays so this assumption is not demonstrable.

No pattern seems detectable from the weekend graphs, as the inhabitants have peaks and gaps that are generally not corresponding to each other.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
E01	Socket (kitchen)	106,06	Unknown
E02	Kitchen fan	0,83	Constant load
E03	Dishwasher	34,37	Shiftable
E04	Microwave	6,96	Controllable
E05	HiFi - Tuner	1,45	Controllable
E06	Coffee machine	2,69	Controllable
E07	TV	80,25	Controllable
E19	PS switch	34,62	Constant load
E20	PS measurement system	74,12	Constant load
E08	HD-Player	6,52	Controllable
E09	Freezer	54,79	Constant load
E10	Washing machine	18,95	Shiftable
E11	PC	2,32	Controllable
E12	Radio clock	3,16	Constant load
E13	Radio clock	1,86	Constant load
E14	Hairdryer	0,54	(Controllable)
E15	PC	12,53	Controllable
E16	Charger for laptop	0,96	Controllable
E17	TV	1,20	Controllable
E18	Hoover	0,55	(Controllable)

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (E19) and of the PS measurement system (E20) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 4000 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove or several chargers for mobile phones.

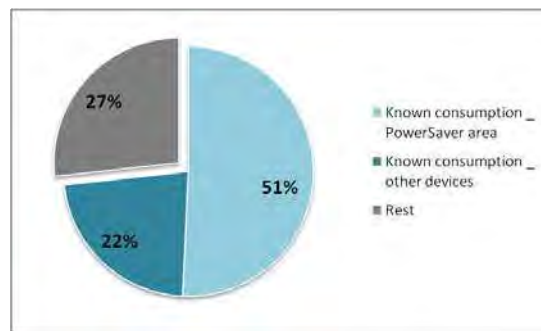


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 34% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 82%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 39% and 100% (the consumption of the kitchen fan being negligible).

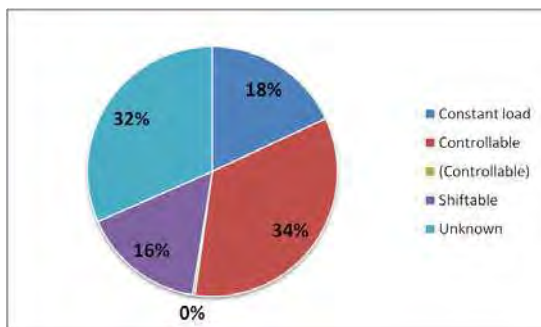


Chart 2: Types of consumers in the whole household

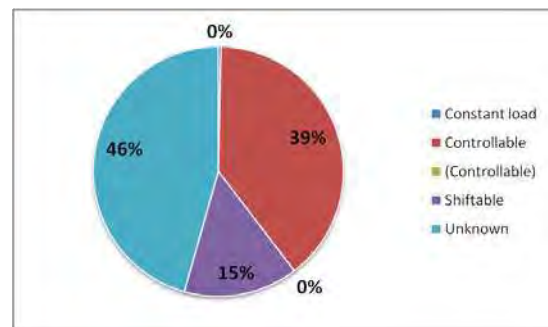


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

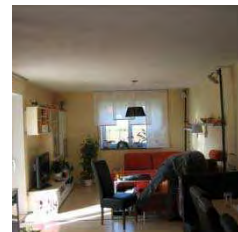
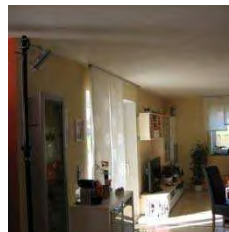
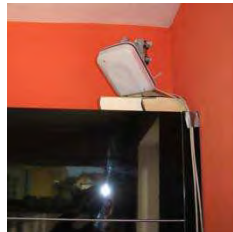
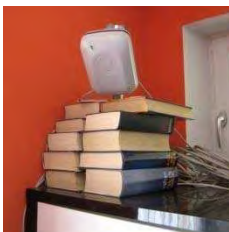
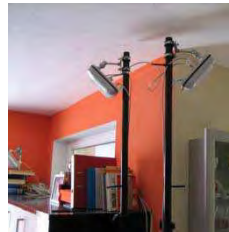
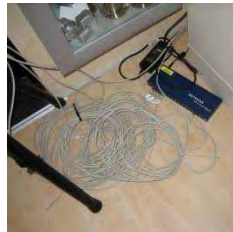
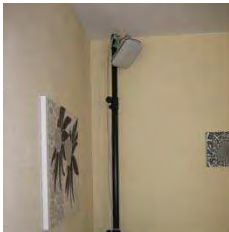
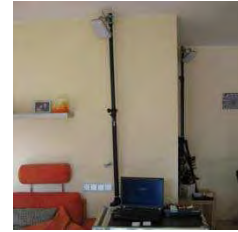
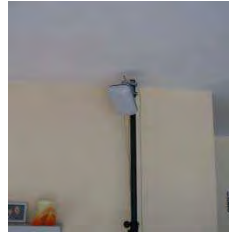
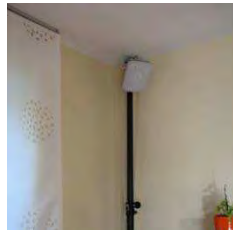
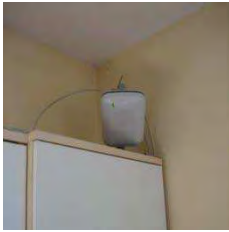
Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
Socket (kitchen)	106,06	101,68	4,38	4,1
Microwave	6,96	4,67	2,29	32,9
TV	80,25	78,97	1,28	1,6
Coffee machine	2,69	2,29	0,40	14,9
HiFi - Tuner	1,45	1,12	0,32	22,5
Dish washer	34,37	34,06	0,31	0,9
Kitchen fan	0,83	0,78	0,05	5,8
HD-Player	6,52			
Freezer	54,79			
Washing machine	18,95			
PC	2,32			
Radio clock	3,16			
Radio clock	1,86			
Hairdryer	0,54			
PC	12,53			
Charger for laptop	0,96			
TV	1,20			
Hoover	0,55			
TOTAL: PowerSaver area	232,6	223,6	9,0	3,9
TOTAL: Measured devices	336,0	326,9	9,0	2,7
TOTAL: Household	458,6	449,5	9,0	2,0

Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of 3.9% could have been achieved, which would represent a 2% reduction of the whole household consumption. It is interesting to notice that the absolute gain was 9 W, which means almost 79 kWh per year; this, when considering that the average price of electricity is 0.19€/kWh for small consumers^[1], means that the system could have allowed a gain of ca. 15€.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 0-14-1102

1. Description

The study took place from the 30/09/10 to the 11/10/10 in a single-family household in the city, having a surface of 200 m².

The household was occupied by four inhabitants: the father (45 years old), the mother (42 years old) and two daughters (16 and 13 years old). The father is an office worker, the mother a part-time worker, and the children are going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the UbiSense system was installed in two rooms, a kitchen and a living/dining room, in order to record location data of the four inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 8 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: in the image, the kitchen is the top left corner room, while the living/dining room covers the whole lower part. The black dots indicate the approximate position of the UbiSense sensors: in this case 8 sensors were deployed, covering both rooms integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their "area of use" we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to five, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

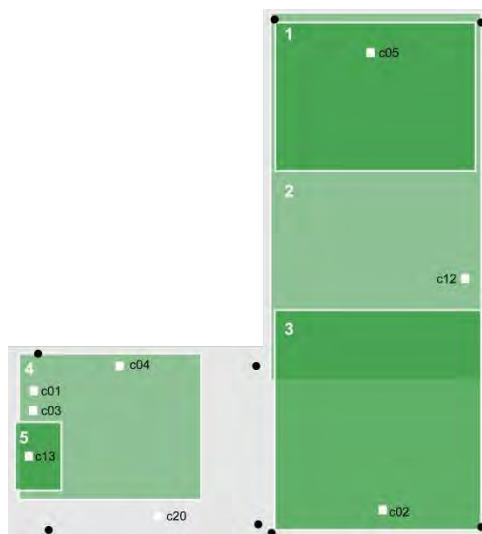


Figure 1: Experiment's setup

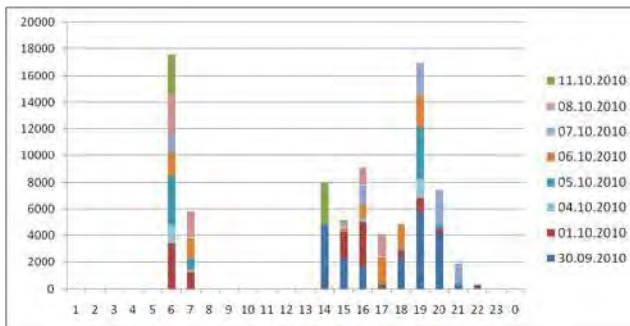
#	Activity zone (room)
1	Relax (living room)
2	Radio (living room)
3	Eating (living room)
4	Cooking (kitchen)
5	Dish-washing (kitchen)

Table 1: Activity zones

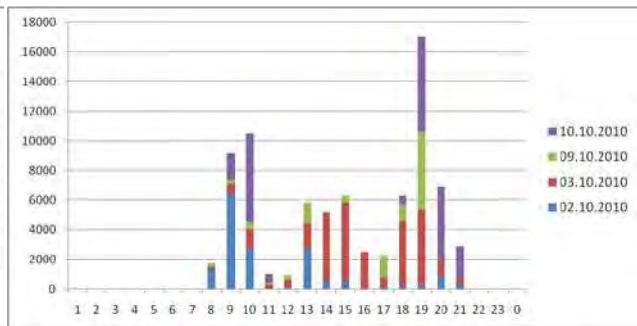
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

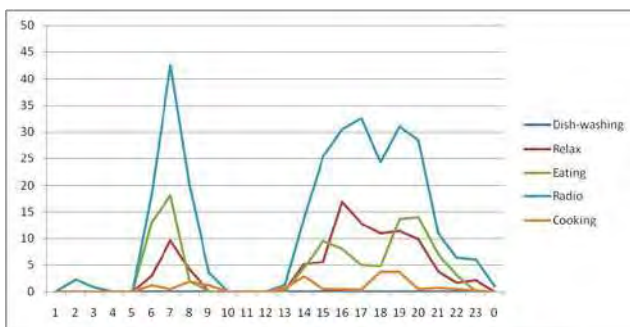
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. Radio and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



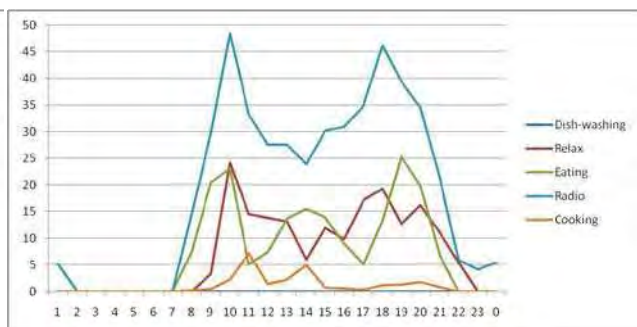
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

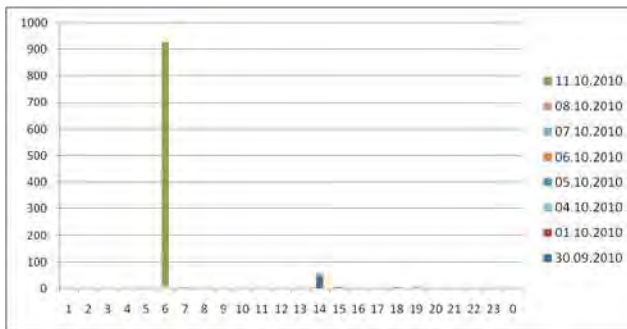


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

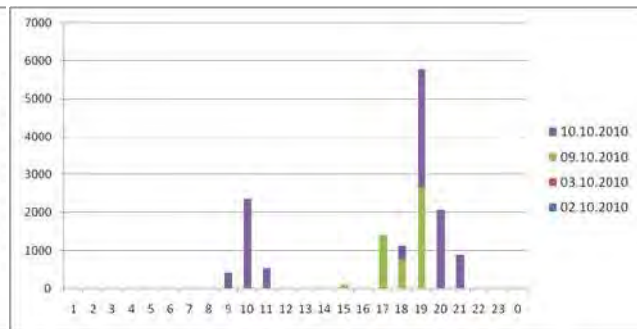
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays, the inhabitants wake up at around 06:00 and then all of them leave the house, obviously for work or school. The presence data starting from 14:00 indicates that some of the inhabitants are back at that time; finally, the peak at 19:00 should be representative of dinner, which might be confirmed by looking at the percentage of occupation of the "Eating" area at that time. In the same way, we can assume that the family has breakfast between 06:00 and 07:00 on weekdays, but that the inhabitants don't have lunch at home (unless the peak observable at around 15:00 represents a late-lunch).

On weekends, most of the data is collected starting from 09:00, which suggests that the inhabitants wake up later on those days. By looking at the percentage of occupation of the "Eating" area, it seems that the inhabitants have breakfast, lunch and dinner respectively around 09:00, 13:00 and 19:00.

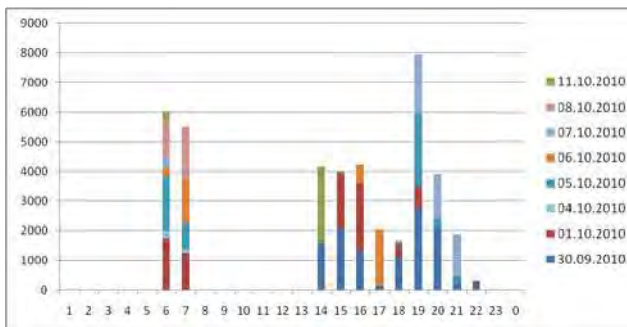
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



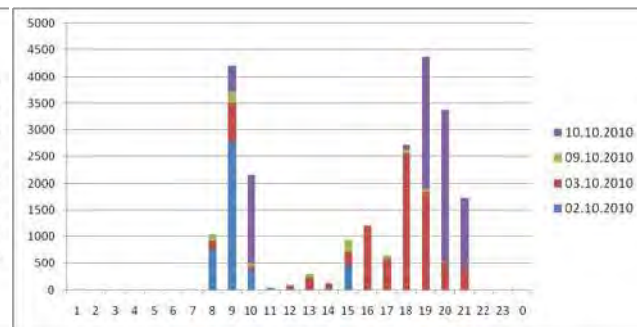
Graph 5: Father, 45, presence on weekdays



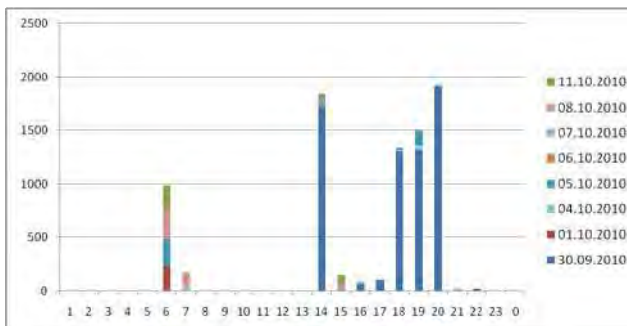
Graph 6: Father, 45, presence on weekends



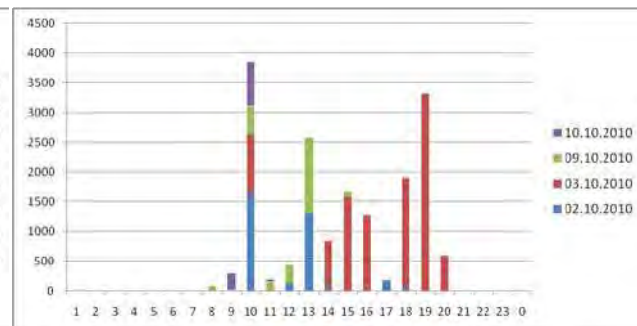
Graph 7: Mother, 42, presence on weekdays



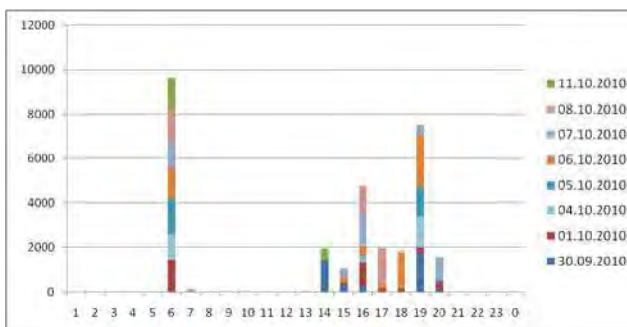
Graph 8: Mother, 42, presence on weekends



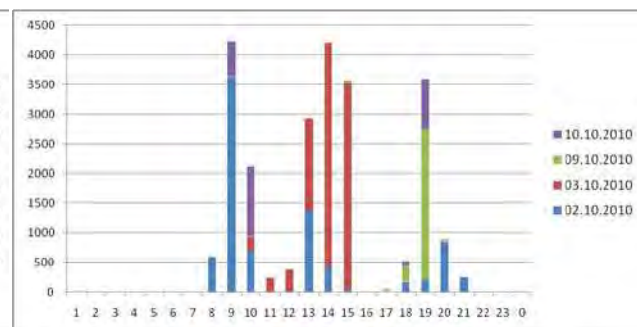
Graph 9: Daughter, 16, presence on weekdays



Graph 10: Daughter, 16, presence on weekends



Graph 11: Son, 13, presence on weekdays



Graph 12: Son, 13, presence on weekends

For the mother and the children, these graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section. For the father, no assumptions can be made as he was away for most of the study, as shown by its graphs. On weekdays, the mother was never tracked from 08:00 till 13:00, so we can assume she was at work. The children also have gaps in the morning, which could correspond to the time they are at school. Anyway, it has to be noted that assumptions on the daughter cannot really be made, as the data amount of data collected for her is very low (practically all the peaks were measured on

the same day, the 30/09, and on the following days the recordings were sporadic or null). Concerning the mother and the son, the peak at 19:00 could indicate that they have dinner at that time (as seen in the previous section).

No pattern seems detectable from the weekend graphs, as the inhabitants have peaks and gaps that are generally not corresponding to each other, excepted at 19:00 when we suppose that the inhabitants have dinner.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
C01	Kettle	2,57	(Controllable)
C02	Toaster	0,79	(Controllable)
C03	Socket (kitchen)	3,16	Unknown
C04	Socket (kitchen)	0,15	Unknown
C05	HiFi - Tuner	3,18	Controllable
C12	PS measurement system	72,50	Constant load
C13	Dishwasher	49,73	Shiftable
C20	PS switch	34,50	Constant load
C06	HiFi - Tuner	2,19	Controllable
C07	Iron	1,87	(Controllable)
C08	TV	20,30	Controllable
C09	Hairdryer	3,74	(Controllable)
C10	Electric toothbrush	1,01	Controllable
C11	PC	20,99	Controllable
C14	Washing machine	18,07	Shiftable
C15	Freezer (horizontal)	77,41	Constant load
C16	Hoover	0,87	(Controllable)
C17	Hoover	0,06	(Controllable)
C18	Radiator	62,23	Constant load
C19	Dehumidifier	89,11	Controllable

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (C20) and of the PS measurement system (C12) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 6200 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove, a microwave or another PC.

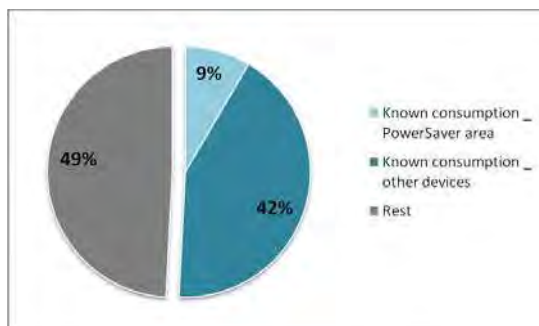


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 38% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 61%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 7% and 100% (with a large part for the shiftable devices, due to the presence of a dish-washer as only “heavy-consuming” appliance).

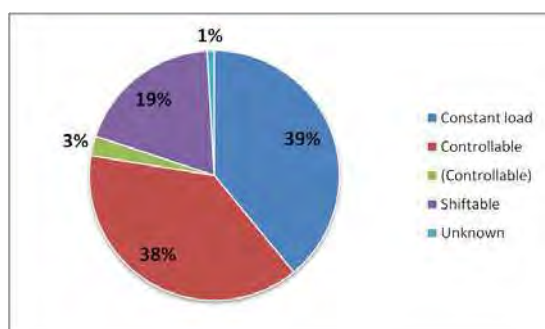


Chart 2: Types of consumers in the whole household

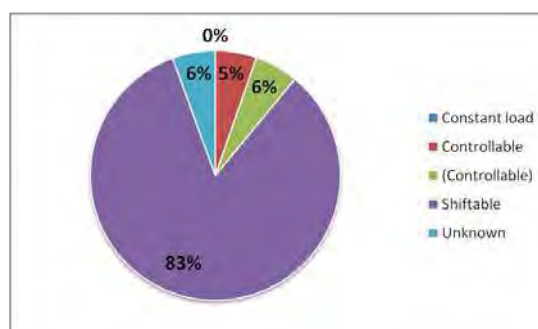


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

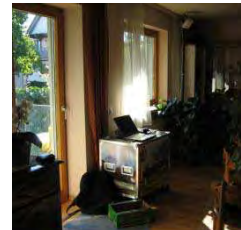
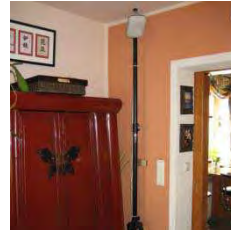
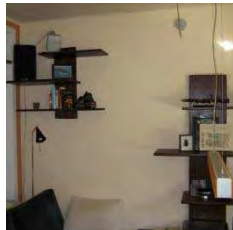
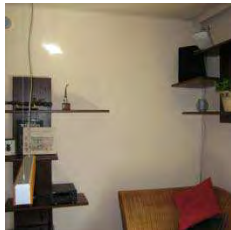
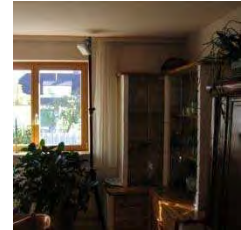
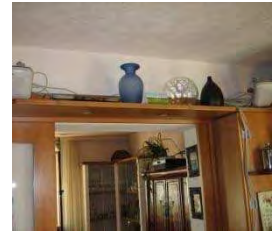
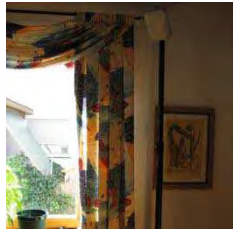
Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
HiFi - Tuner	3,18	0,85	2,34	73,4
Dish washer	49,73	49,44	0,30	0,6
Kettle	2,57	2,50	0,07	2,7
Socket (kitchen)	0,15	0,10	0,05	32,1
Socket (kitchen)	3,16	3,11	0,05	1,5
Toaster	0,79	0,75	0,04	4,7
HiFi - Tuner	2,19			
Iron	1,87			
TV	20,30			
Hairdryer	3,74			
Electric toothbrush	1,01			
PC	20,99			
Washing machine	18,07			
Freezer (horizontal)	77,41			
Hoover	0,87			
Hoover	0,06			
Radiator	62,23			
Dehumidifier	89,11			
TOTAL: PowerSaver area	59,6	56,8	2,8	4,8
TOTAL: Measured devices	357,4	354,6	2,8	0,8
TOTAL: Household	703,5	700,7	2,8	0,4

Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of almost 5% could have been achieved, which would represent a 0.4% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 9% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 6200 kWh) and the average price of electricity (0.18€/kWh for large consumers ^[1]), the system could have allowed a saving of ca. 5€ per year even though the study area was small. This amount is quite low, but it suggests that if the PowerSaver was installed over the whole household, it could have a considerable impact on savings. For example having a “steady” overall gain of 4.8% - which is not so unrealistic when looking at the evaluation results in other households - would lead to an economy of more than 50€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. (Pictures)



Household 0-15-1111

1. Description

The study took place from the 13/10/10 to the 27/10/10 in a single-family household in the city, having a surface of 155 m².

The household was occupied by five inhabitants: the father (39 years old), the mother (35 years old), the daughter (9 years old) and the son (6 years old); there was also a baby whose position data were not recorded and who'll therefore not be taken into account for the rest of this paper. Concerning the activity of the inhabitants, the father is a full-time worker, the mother a housekeeper, and the “tracked” children are going to school.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in two rooms, a kitchen and a living room, in order to record location data of the four tracked inhabitants. All over the household, 20 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices: 10 of them where in the above-mentioned rooms. Furthermore, a Fluke multimeter was installed to measure the total consumption of the whole household.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light gray zones represent the monitored rooms: the kitchen is the smallest zone; the other is the living room. The black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 8 sensors were deployed, covering both rooms integrally.

Depending on the placement of devices (e.g. TV) and/or furniture (e.g. table) and of their “area of use” we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to six, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).

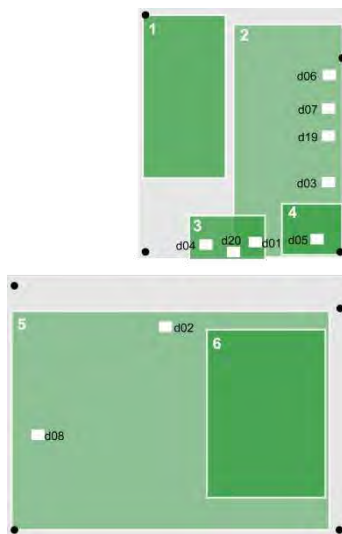


Figure 1: Experiment's setup

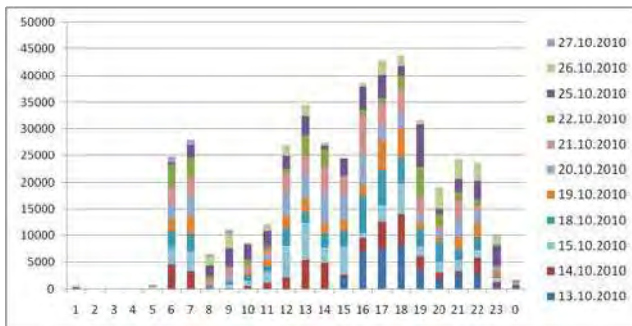
#	Activity zone (room)
1	Eating (kitchen)
2	Cooking (kitchen)
3	Preparing coffee (kitchen)
4	Dish-washing (kitchen)
5	TV (living room)
6	Relax (living room)

Table 1: Activity zones

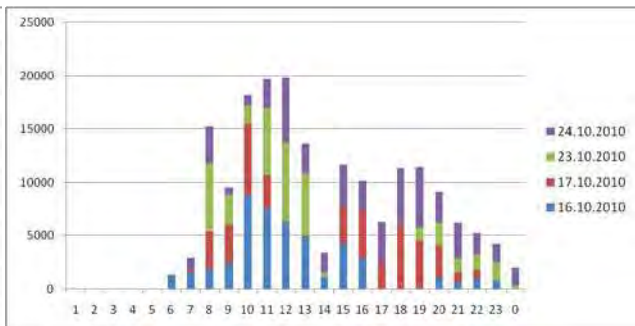
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data itself, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

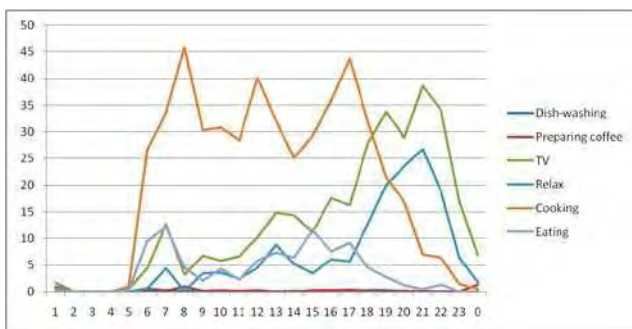
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the household inhabitants, with a distinction between weekdays and weekends. In the same way, Graph 3 and Graph 4 represent the averaged presence (in percentage) of the inhabitants in each and every activity zone at a certain time; it is important to notice that, as some zones are overlapping (e.g. TV and Relax), the sum of percentages might be higher than 100%.



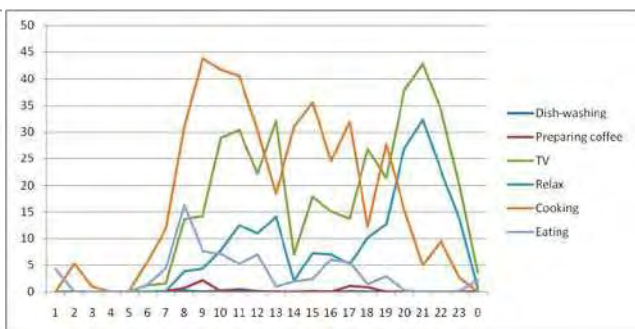
Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) on weekdays



Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) on weekends



Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (weekdays)

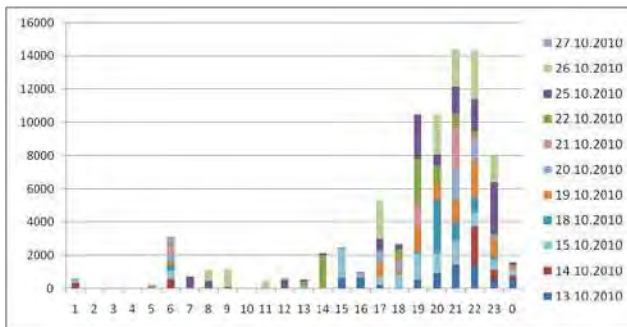


Graph 4: Average occupation in % of the activity zones (weekends)

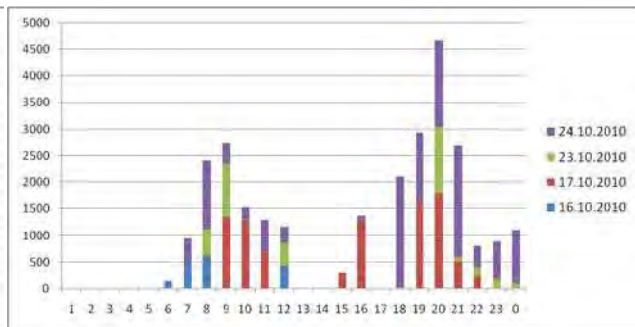
Graph 1 and Graph 2 give general information about the inhabitants' behavior, which can be reinforced by looking at Graph 3 and Graph 4. During weekdays, the inhabitants wake up at around 06:00 and then it looks like some of them leave the house (for work or school). The peak of presence data at 12:00 indicates that some of the inhabitants are back at that time. By looking at Graph 3, it is noticeable that the percentage of occupation of the "Cooking" zone is surprisingly high throughout the day; this would suggest that the inhabitants left their tags in that zone when they were not wearing them during the day (not at night..) and that some disturbance led to the above graph. Concerning the other plots, which seem correct again after 18:00, it appears that the living room (and especially the "TV" zone) is mostly occupied after dinner.

On weekends, most of the data is collected starting from 08:00, which suggests that the inhabitants wake up later on those days. It is observable that the living room has a higher rate of occupation compared to weekdays, in particular around lunch time. Also, the above remark for the "Cooking" zone can be reiterated.

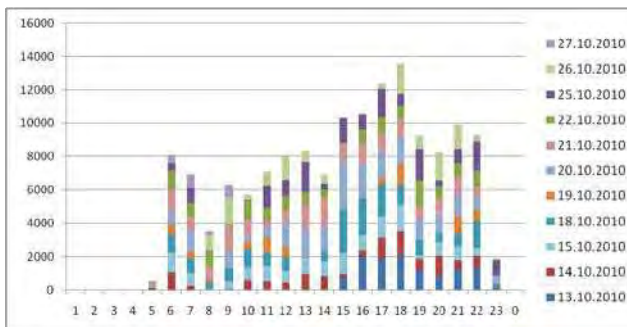
By looking at each inhabitant's specific graphs, more information about their patterns of behavior can be gathered.



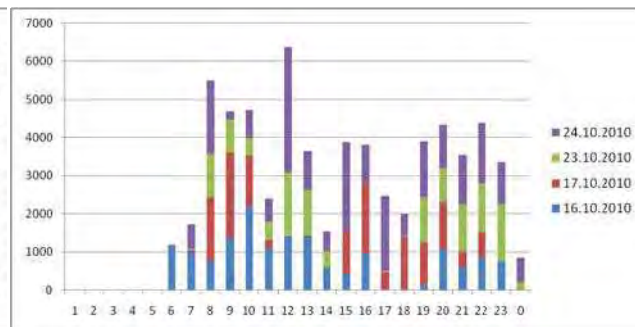
Graph 5: Father, 39, presence on weekdays



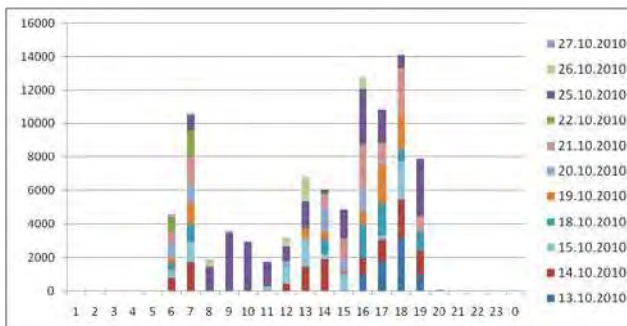
Graph 6: Father, 39, presence on weekends



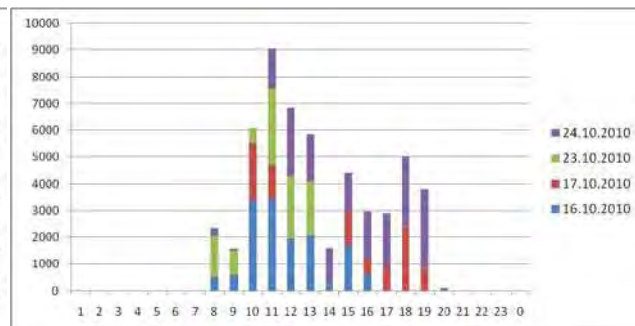
Graph 7: Mother, 35, presence on weekdays



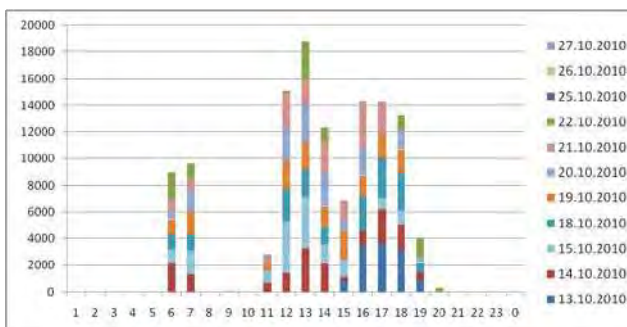
Graph 8: Mother, 35, presence on weekends



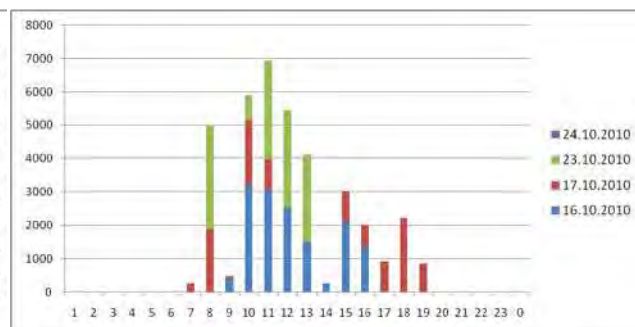
Graph 9: Daughter, 9, presence on weekdays



Graph 10: Daughter, 9, presence on weekends



Graph 11: Son, 5, presence on weekdays



Graph 12: Son, 5, presence on weekends

These graphs seem to correspond to the patterns expected from the first section. On weekdays, the father's presence seems the one of an office worker, as shown by the lack of data in the middle of the day (even though some occasional recordings were gathered). The graph of the mother, with high amounts of data collected throughout the whole day, looks correct for a housekeeper. Finally, the children's graphs are similar and seem to correspond to a school day pattern of young children, with a lack of data in the morning after breakfast followed by smoother peaks when the children are back home.

and an early lack of data due to bedtime (around 20:00). Concerning the children, a few more information are noticeable: data for the son are missing on the 25th, 26th and 27th (and also on the 23rd evening and the whole 24th, by looking on his weekend graph); for the daughter data are missing on the 26th and it is observable that on the 25th (Monday) her pattern doesn't follow the expected "school behavior"; these observations can probably be explained with the fact that the 26th of October is a National holiday in Austria.

On weekends the father's graph is characterized by a general lack of data in the afternoon, while the mother's graph is again much smoother with peaks of data all over the day. The children's graphs are similar: it seems that both wake up later than on weekdays (around 08:00), that they have lunch at 11:00 or 12:00 (the mother's peak is at 12:00 in fact), dinner around 18:00 or 19:00 and then bedtime at about 20:00.

4. Appliances

Within the household, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. The devices in bold are those included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
D01	Coffee machine	3,06	Controllable
D02	PS measurement system	71,54	Constant load
D03	Socket (kitchen)	5,69	Unknown
D04	Microwave	13,00	Controllable
D05	Dishwasher	36,34	Shiftable
D06	Fridge	33,88	Constant load
D07	Kitchen fan	2,27	Constant load
D08	TV	40,67	Controllable
D19	Electric stove	8,36	(Controllable)
D20	PS switch	34,61	Constant load
D09	Hoover	18,65	(Controllable)
D10	Radiator	156,37	Constant load
D11	PC	172,69	Controllable
D12	Freezer	19,27	Constant load
D13	Domestic water supply	25,67	Constant load
D14	Radiator	3,97	Constant load
D15	Fridge	6,04	Constant load
D16	Electric toothbrush	3,21	Controllable
D17	Washing machine	36,95	Shiftable
D18	Dryer	101,90	Shiftable

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS switch (D20) and of the PS measurement system (D02) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole household, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 8700 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. This gap can be partially explained by the consumption due to the household lighting and the presence in the household of other devices, such as an electric stove, another TV, a humidifier or another desktop computer.

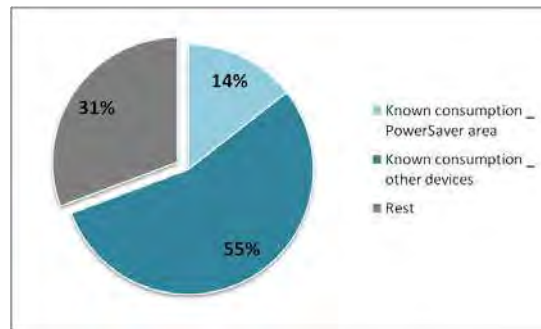


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 34% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 64%. When restricting the zone of interest to the “PowerSaver area” (Chart 3), the previously stated percentages are respectively 40% and 75%.

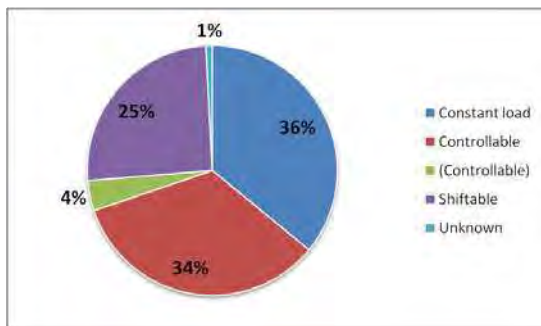


Chart 2: Types of consumers in the whole household

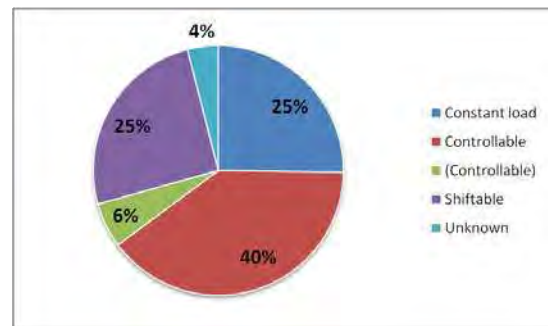


Chart 3: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
TV	40,67	24,38	16,29	40,0
Microwave	13,00	10,54	2,46	18,9
Dish washer	36,34	36,17	0,16	0,5
Coffee machine	3,06	2,98	0,08	2,5
Electric stove	8,36	8,32	0,04	0,5
Socket (kitchen)	5,69	5,66	0,03	0,5
Kitchen fan	2,27	2,25	0,02	1,1
Fridge	33,88	33,88	0,00	0,0
Hoover	18,65			
Radiator	156,37			
PC	172,69			
Freezer	19,27			
Domestic water supply	25,67			
Radiator	3,97			
Fridge	6,04			
Electric toothbrush	3,21			
Washing machine	36,95			
Dryer	101,90			
TOTAL: PowerSaver area	143,3	124,2	19,1	13,3
TOTAL: Measured devices	688,0	668,9	19,1	2,8
TOTAL: Household	992,9	973,8	19,1	1,9

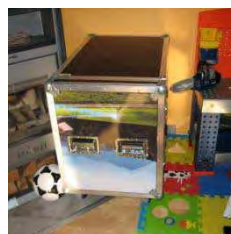
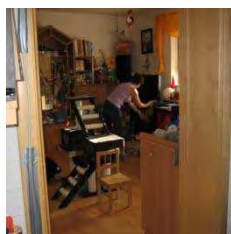
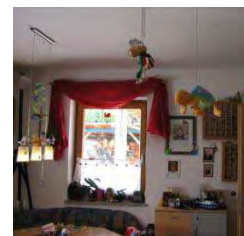
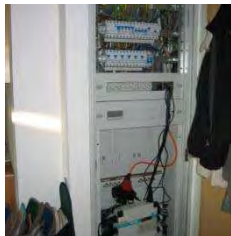
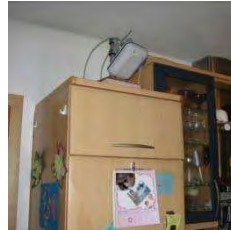
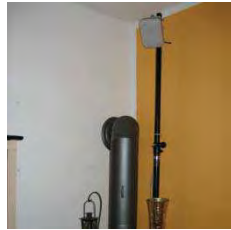
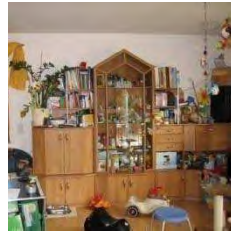
Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 13% could have been achieved, which would represent a 1.9% reduction of the whole household consumption. This is particularly interesting when we observe (cf. Chart 1) that the study area was only responsible for 14% of the household consumption. In fact this means that, considering the whole household consumption (ca. 8700 kWh) and the average price of electricity (0.18€/kWh for large consumers^[1]), the system could have allowed a saving of ca. 30€ per year even though the study area was small.

This suggests that installing the PowerSaver system over the whole household could have a high impact on savings. For example if an overall gain of around 8% or 9% is considered, which seems acceptable, it would lead to an economy of more than 130€ per year.

[1] <http://www.energy.eu/>

6. Pictures



Household 1-16-5000

1. Description

The study took place from the 22/11/10 to the 20/12/10 in an office of 60 m², which was a part of a larger building. It was occupied by five employees, all males.

2. Setup of the study

During the study period, the Ubisense system was installed in a single common room in order to record location data of the five employees. All over the area, 18 Möller measurement devices were placed to gather energy consumption information of devices. Furthermore, a Fluke multimeter was installed in the building to measure the total consumption of the office.

The Figure 1 below shows the experiment's setup. The light-gray zone represents the monitored room and the black dots indicate the approximate position of the Ubisense sensors: in this case 6 sensors were deployed, covering the room entirely.

Depending on the placement of furniture (e.g. desks) and of their “area of use” we defined several activity zones, where we consider that an activity has a higher probability of being executed. A complete listing of those zones, which are represented in green on the floorplan and numbered from one to six, is given in Table 1.

Finally, the white squares represent the monitored devices, accompanied by the identifier of corresponding Möller measurement devices; a descriptive list of all the devices is given in a further section (Table 2).



Figure 1: Experiment's setup

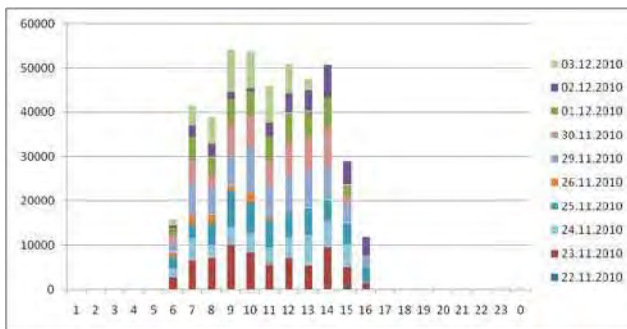
#	Activity zone
1	Drawers2
2	Desks3
3	Drawers3
4	Desks2
5	Desks1
6	Drawers1

Table 1: Activity zones

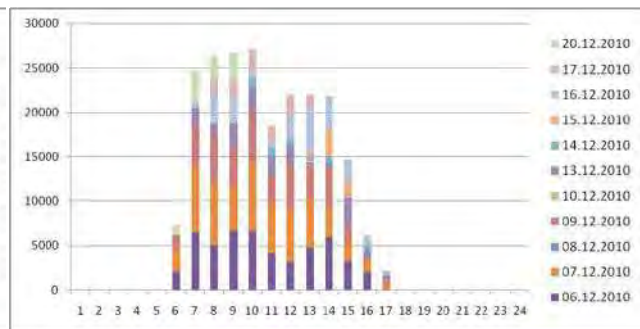
3. Location analysis

The location data from the Ubisense can be used to extract two kind of information. The first is the amount of data gathered, overall and per person: the more a person is present in the observable zone, the more data are recorded per hour; the other is the location data themselves, which can be related to the activity zones we defined in the household (cf. section 2 for the placement of these zones).

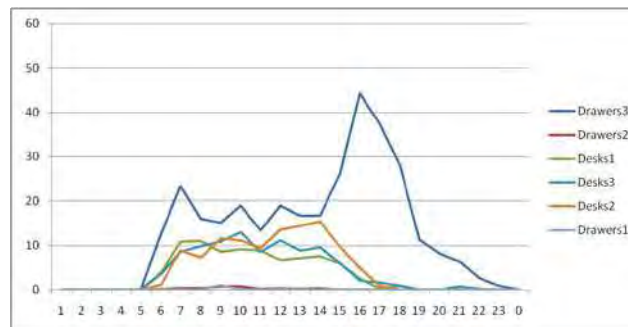
Graph 1 and Graph 2 represent the overall presence of all the employees. To make the graphs more readable, the weekend days (i.e. 27th and 28th of November as well as 4th, 5th, 11th, 12th, 18th and 19th of December) have been excluded, as the data collected were nil. Also, as the study lasted for four weeks, data was divided in two groups: from the 22/11 (Monday) till the 03/12 (Friday) and from the 06/12 (Monday) till the 20/12 (Monday). Finally it can be noticed that on the 08/12, which is a holiday, employees were not in the office; these absences happened on the 10/12 too (it seems they all took a day off). Graph 4 represents the averaged presence (in percentage) of the workers in each and every activity zone at a certain time.



Graph 1: Overall presence (tag updates per hour) from 22/11 to 03/12



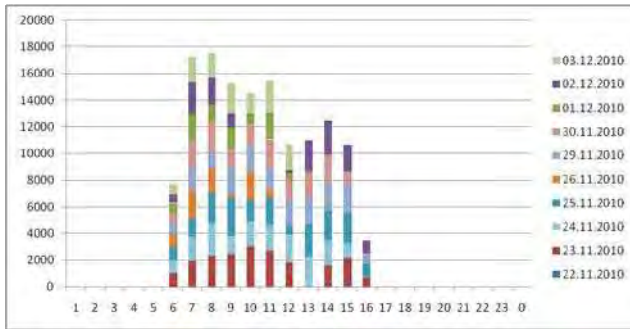
Graph 2: Overall presence (tag updates per hour) from 06/12 to 20/12



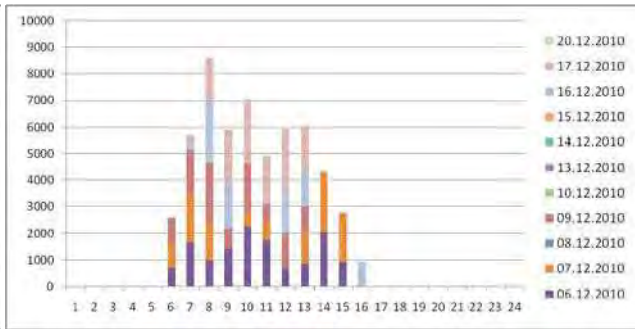
Graph 3: Average occupation in % of the activity zones (only on weekdays)

Graph 1 and Graph 2 give general information about the employees' behavior, which can be reinforced with Graph 3. The employees, or at least some of them, start the day in between 06:00 and 07:00. Throughout the day, the peaks of presence are more or less equilibrated until 15:00, which means that some of the employees leave the office at that time, while others stay until 16:00 or 17:00. In Graph 3 we can see which zones were mostly occupied. The zone with the highest percentage of occupation is "Drawers3", probably because the tags were left there by the employees when they were not wearing them and that some kind of disturbance happened; still, the peak occurring after the employees left the office is surprising.

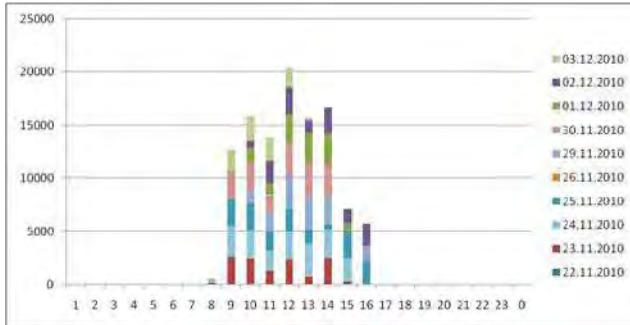
The employees' specific graphs (Graphs 4 to 13; the employees have been designed by "Employee A" to "Employee E" to keep them anonymous) provide more information about their behavior.



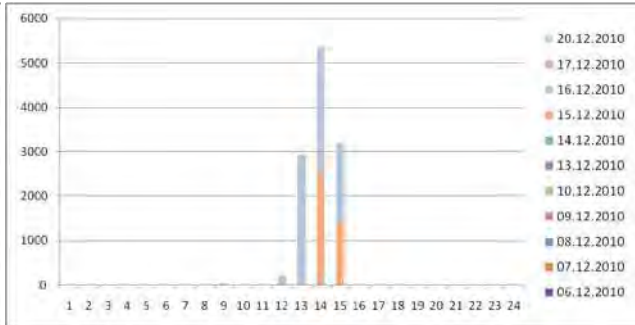
Graph 4: Employee A presence 22/11 to 03/12



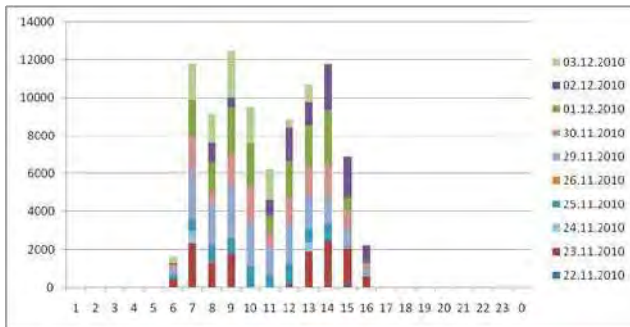
Graph 5: Employee A presence 06/12 to 20/12



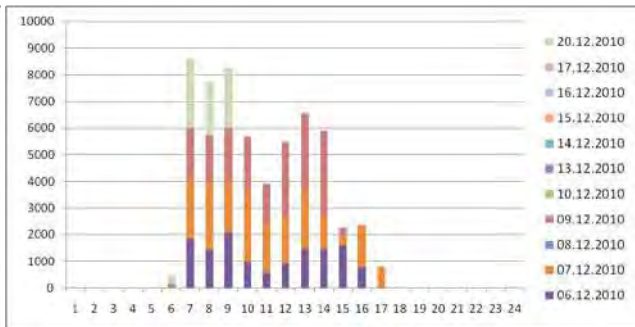
Graph 6: Employee B presence 22/11 to 03/12



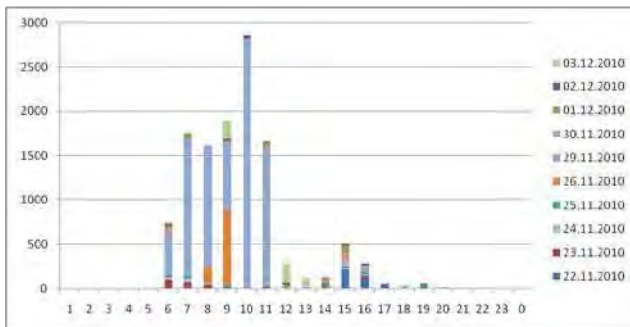
Graph 7: Employee B presence 06/12 to 20/12



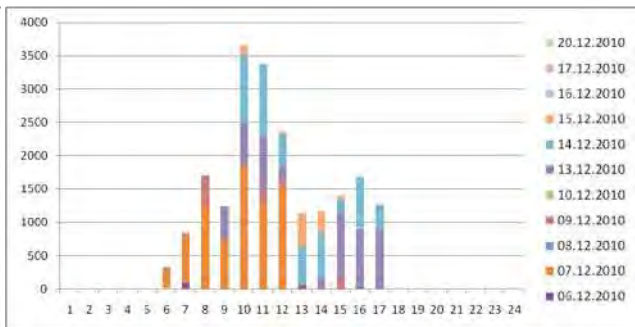
Graph 8: Employee C presence 22/11 to 03/12



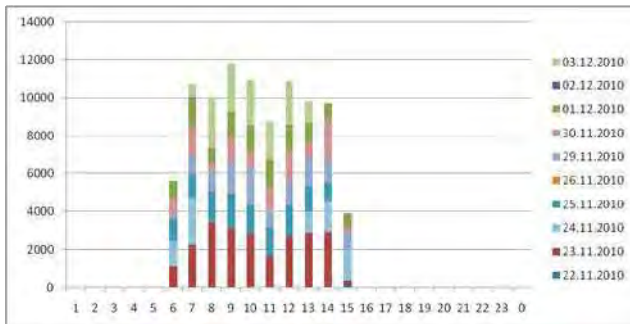
Graph 9: Employee C presence 06/12 to 20/12



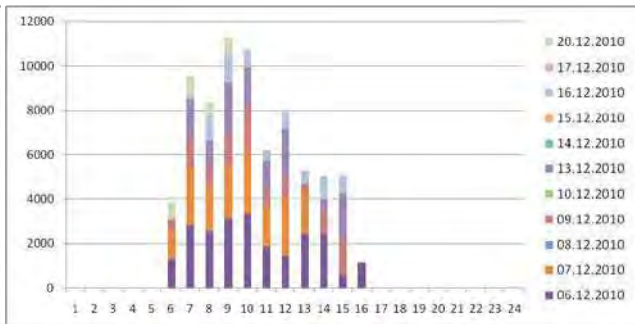
Graph 10: Employee D presence 22/11 to 03/12



Graph 11: Employee D presence 06/12 to 20/12



Graph 12: Employee E presence 22/11 to 03/12



Graph 13: Employee E presence 06/12 to 20/12

Some further considerations can be made for each employee by considering both their graphs, such as the times at which they start working or leave or the days they were not in the office (the 08/12 and 10/12, previously mentioned, will not be considered).

It seems that Employee A starts working at around 06:30, as the peak at 06:00 is almost half as high as the one at 07:00 even though the same number of days appears in both peaks. With the same consideration we can say that he generally stops working at around 16:15. The smaller peak at 12:00 could indicate when he has lunch. Also, we can notice on Graph 5 that the employee was not in the office from the 13th to the 15th and on the 20th of December.

Employee B was not in the office for most of the study (on Graph 6, no data were collected on the 26/11; on Graph 7 it seems that only partial data is present on the 15/12 and 16/12). With the data in our possession, we could assume that he starts working at around 09:00 and leaves some when at 16:00.

Speaking of Employee C, with the same considerations as Employee A, it looks like he starts working just before 07:00 and usually stops between 16:00 and 16:30. The smaller peak at 11:00 might indicate its lunch time. Finally, from Graph 9 it is noticeable that this employee wasn't in the office for the week going from the 13/12 to the 17/12.

For Employee D no real assumption can be made, as his location was tracked only on very few days, and in a sporadic way (e.g. on the 26/11 data was collected only from 08:00 till 09:00).

Finally, it seems that Employee E starts working around 06:30 (again with the same consideration as for Employee A) and generally stops between 15:00 and 16:00. Its smaller peak at 11:00 could represent its lunch time. Again, no data were recorded on several days: the 26th of November as well as the 2nd, 14th, 15th and 17th of December.

4. Appliances

Within the office, the consumption of various devices was recorded with a Möller measurement device. A complete list of these devices is given in Table 2, including the Id of the Möller device in which it was plugged. All the devices were included in the zone covered by the location tracking sensors.

Additional information is also given, i.e. the average measured wattage (in Watts) of the device and its type. The purpose of these types is to differentiate the devices that could be managed with the PowerSaver from those that are PowerSaver-independent. The first type of devices can be separated in: “controllable” when we assume that the device consumption could be reduced using the PowerSaver; “(controllable)” when we do the same assumption, but considering that those devices are generally not plugged in when not needed (e.g. safety reasons), or that they generally don’t have a standby mode; “shiftable” when the appliance could be programmed to run at a specified time (e.g. at nighttime when electricity costs less). The unmanageable devices will be marked as “constant load”. Finally, the devices that are a priori not known (i.e. empty sockets for various appliances) will be categorized as “unknown”. In fact, most of the times, the power analysis of the latter type clearly highlighted a standby power, which allowed the computation of a gain (cf. next section); for this reason the “unknown” type will also be considered as PowerSaver-dependent.

<i>Möller Id</i>	<i>Device</i>	<i>Average Wattage [W]</i>	<i>Device type</i>
A01	Charger for laptop	7,78	Controllable
A02	Monitor	6,60	Controllable
A03	Socket (office)	2,94	Unknown
A04	Charger for laptop	5,84	Controllable
A05	Monitor	3,52	Controllable
A06	Socket (office)	3,70	Unknown
A07	Charger for laptop	6,25	Controllable
A08	Monitor	6,34	Controllable
A09	Socket (office)	2,81	Unknown
A10	PC	46,31	Controllable
A11	Monitor	11,62	Controllable
A12	Charger for laptop	4,41	Controllable
A13	Monitor	2,63	Controllable
A14	Socket (office)	0,12	Unknown
A15	Charger for laptop	10,00	Controllable
A16	Charger for mobile phone	0,38	Controllable
A17	Socket (office)	7,85	Unknown
A18	PS measurement system	92,63	Constant load

Table 2: measured appliances and average measured wattage

The consumption of a device being directly proportional to its average wattage (i.e. the yearly consumption is equal to the average wattage per 24 hours per 365 days), for the rest of this paper we will rather talk about consumptions instead of wattages. Also, the consumption of the PS measurement system (A18) will not be considered.

Chart 1 represents the consumption of the whole office, as estimated with the Fluke meter measurements (ca. 1200 kWh per year). This consumption was divided in “known consumption” and “rest”. The first represents the sum of the consumptions measured with the Möller devices, which are also subdivided in “PowerSaver area” (devices in bold in Table 2) and “Other devices”. The second is what covers the gap between the total consumption and the “known consumption”. In this case this gap is very small and it is probably mostly due to the office lighting.

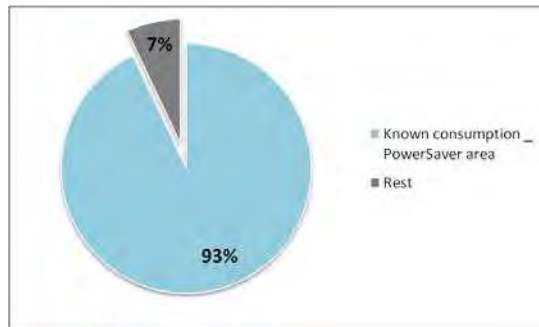


Chart 1: Overall repartition of consumption for the household

For the whole “known consumption”, thus for the whole PowerSaver area, Chart 2 gives the repartition of consumption per types of devices. It is important to notice that the controllable appliances represent 87% of the consumption, and that all the devices that are potentially-dependent from the PowerSaver account for 100%.

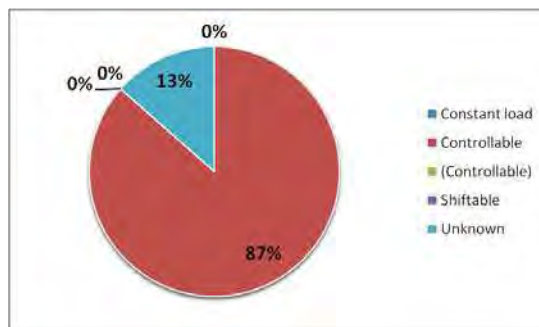


Chart 2: Types of consumers in the PowerSaver area

5. “Rule-set” gain

The processing of the potential gain of the PowerSaver system is based on a defined set of rules. A rule, which consists of an event, a condition and an action, is assigned to every device in the PowerSaver area. For a given event the condition is evaluated and, depending on the result (true or false), the action is performed or not. The hierarchical organization of rules, through different priorities, enables the computation of gain in different scenarios. For example, a “maximum gain rule-set” (very restrictive) or a “comfortable rule-set” (highest gain without limiting the users’ comfort) could be defined.

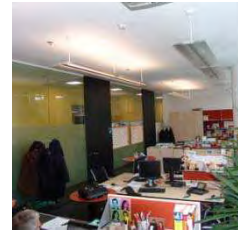
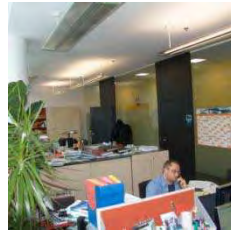
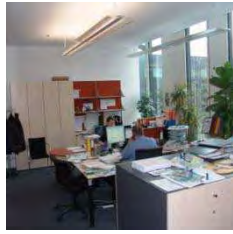
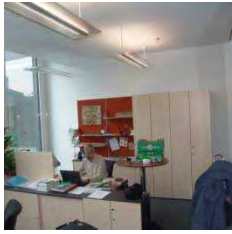
In this paper only the latter rule-set will be presented, as it is the most representative of a real-life situation. This rule-set is defined in a semi-automatic way: each device belongs to a class, for which different kind of rules are applicable. For example, a TV and a radio will be managed in a similar way, which is neither the same of a dish washer nor of a lamp. The calculation results are shown in Table 3.

Device	Average Wattage without PowerSaver [W]	Average Wattage with PowerSaver [W]	Absolute gain [W]	Gain [%]
Monitor	11,62	1,51	10,11	87,0
Socket (office)	7,85	1,07	6,77	86,3
Socket (office)	3,70	0,78	2,92	78,9
Socket (office)	2,94	0,40	2,54	86,4
Monitor	6,35	3,94	2,41	37,9
Socket (office)	2,81	0,64	2,17	77,1
Monitor	6,60	4,61	1,98	30,0
Charger for laptop	10,00	8,15	1,85	18,5
Monitor	3,52	1,80	1,72	48,9
Charger for laptop	6,25	4,94	1,31	21,0
PC	46,31	45,46	0,86	1,9
Charger for laptop	4,41	3,77	0,63	14,3
Charger for laptop	7,78	7,29	0,49	6,3
Monitor	2,63	2,17	0,46	17,4
Charger for laptop	5,84	5,70	0,14	2,3
Charger for mobile phone	0,38	0,27	0,11	28,9
Socket (office)	0,12	0,07	0,05	41,9
TOTAL: PowerSaver area	129,1	92,6	36,5	28,3
TOTAL: Measured devices	129,1	92,6	36,5	28,3
TOTAL: Office	138,8	102,3	36,5	26,3

Table 3: PowerSaver gain with a “comfortable rule-set”

The above table shows that, in the PowerSaver area, a gain of more than 28% could have been achieved, which represents more than 26% out of the estimated 1200 kWh consumed by the office. When looking to Graphs 4 to 13, we might assume that some of the employees forgot to wear their tags, or maybe that in this period they left some devices on while away, which wouldn’t have happened if they had worked at “regular times” (again, the study period took place close to the Christmas holidays). Therefore, such a gain might not be expected in “normal” working conditions.

6. Pictures





Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 6 – www.powersaver.at

2011-01-31



Werden Sie Power Saver - die Energiesparer der Zukunft

Der Energie AG Vertrieb und das Institut für Pervasive Computing der Johannes Kepler Universität Linz suchen experimentierfreudige Haushalte.

Werden Sie Teilnehmer an diesem innovativen Forschungsprojekt und profitieren Sie gleich doppelt. Zum einen erhalten alle teilnehmenden Haushalte eine Aufwandsentschädigung von 250-450 € (je nach Haushaltsgröße). Zum anderen bekommen Sie nach Ablauf der Testphase eine detaillierte Darstellung des Energieverbrauchs der gemessenen Geräte in Berichtsform.

So läuft's

Jeder Person im Haushalt wird an Hausschuhen und Armbanduhr ein leichter, tragbarer Power-Sensor angebracht, der die Bewegungen in den eigenen vier Wänden exakt aufzeichnet. Dabei werden Daten für eine mögliche, zukünftige Steuerung von Energieverbrauchern gesammelt. Zusätzlich wird mit Sensoren an den Steckdosen der exakte Energieverbrauch der Einzelgeräte gemessen.

Die Aufgaben umfassen: - Vorgespräch bei den Testhaushalten (Raum-aufteilung, vorhandene Geräte)
- Der Auf- und Abbau wird von Technikern der Energie AG im Haushalt vorgenommen. - Automatische Messung des Energieverbrauchs und der Personenbewegungen für ca. 10 Tage.

Wir haben Ihr Interesse geweckt?

Kommen Sie zu unserer Informationsveranstaltung und informieren Sie sich über eine Teilnahme am Projekt. Sie erhalten eine hochwertige Energiesparlampe und für das leibliche Wohl ist ebenfalls gesorgt.

Aktuelles

Programmtipp 3Sat | 10.12.2009

[Aufbruch in ein neues Zeitalter \[flv\]](#)

Informationsveranstaltung | 12.11.2009

[Video, 12.11.2009 \[flv\]](#) [Informationsbroschüre](#)

Hotline

Fragen per [E-Mail](#)



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 8 – Exploitation Strategies

2011-01-31



Table of Contents

1	Introduction.....	3
2	Press Publication and Events.....	3
3	Showroom.....	4
4	Short Video	4
5	Important Dates	5



1 Introduction

Exploitation of project results will be achieved in various ways which are explained in the upcoming sections. The most important aspect regarding exploitation strategies is how to make the project results available and actively promoting them to the public. Therefore several possibilities have been identified that will present results in various ways on different occasions.

2 Press Publication and Events

One of the first tasks regarding to public relations will be to organize a press event to communicate the most prominent issues of the project to the public. To make this event interesting enough it has to be ensured that this event is presented by persons that communicate the aspects of power savings in general and related to project results specifically.

To lead the focus of the press event to the research topic this event has to be held by people from which the desired response from the public can be expected.

The press article has to be formulated in a way so that the project results can be communicated in a short time instance where the most important issues are highlighted and that can be understood very easily. One desired effect is to steer people's attention to the power efficiency and saving issues in general and specifically to the project work and results.

The estimated time when this event will happen will be between end of march and start of april.

Pointierter und geschliffener Presstext nötig, Abstimmung IfPC <> EAG

- Message muss in 2 Minuten kommunizierbar sein
- Pressekonferenz wünschenswert: „Aufhänger“ nötig – Rektor Hagelauer und EAG Generaldirektion einladen
- Einladung für Pressekonferenz sollte vom IfPC ausgehen, damit die Forschung im Vordergrund steht, wenn das EAG macht, hat das einen Beigeschmack von Werbung
- Thema der Pressekonferenz: Energieeffizienz im Allgemeinen mit konkretem Beispiel PowerSaver
- Zieldatum: Ende März / Anfang April -> derzeit läuft Kampagne für Standby Killer; PowerSaver könnte dabei untergehen, wenn gleichzeitig etwas gemacht werden soll
- Ergänzung mit Interviews: Interviews mit Zeinhofer/Kaltenleithner sicher hilfreich, Interview von Haushalten wirken aber authentischer (sonst Eindruck von Werbung). Fragensausarbeitung IfPC, Durchführung Interviews EAG.



3 Showroom

Additionally it is planned to organize and setup a (mobile) showroom that is used for the presentation of components that were created in the PowerSaver project. The showroom equipment has to be assembled in a way so that it can be mounted and unmounted easily within a short timeframe. It is necessary to develop a concept regarding to following issues:

- Ease of installation and practical presentation:
- Security with regard to functionality and safety:

To test the setup a constant exhibition of the project partner (“Erlebniswelt Energie”, Timelkam) will be used where the showroom will be presented to the public and the reactions of the people can be surveyed to measure the success of the concept and introduce possible optimizations.

- Technik dazu wird von IfPC gestellt und durch Drittmittel finanziert und damit fallen keine Kosten für PowerSaver Projekt an
- Messekonzept muss gefunden werden, damit PowerSaver ShowRoom auch wahrgenommen wird und das Gesamtkonzept stimmig ist für den Besucher
- Könnte in geplanter Form bei Kleinzeller Energie- und Umweltgesprächen oder bei Smart Grid Week einem Fachpublikum gezeigt werden
- Konzept könnte in Timelkam „Erlebniswelt Energie“ getestet werden

4 Short Video

The short video that is explained in detail in appendix 7 is another aspect of public relations and will be used to give people an impressive overview of the results that were developed during the project. It comes in an advertisement style to emphasize the importance and also the results of the project work. Additionally it serves as a discussion base to show how far research in the area has grown and which features and technologies are to be expected for the future regarding to power saving technologies. The release date will be at the press conference or shortly after to fit in the overall exploitation strategy of the project partner and the institute to be correctly placed alongside the other results, products and projects that will be presented. The “Energiesparmesse Wels”, a yearly exhibition concerning power efficiency (reaching from energy efficient house building to reasonable application of solar panels) comes on a too short scale in this year but will be of major interest in the next year. The show room may also be of relevance for this event.



5 Important Dates

Not applicable.

- Kleinzeller Energiegespräche am 5. Mai 2011, 18:00 – Vortrag von AF
- Smart Grid Week ab 23. Mai 2011 – „PowerSaver ShowRoom“ zeigen
- Reichersberger Energiesommer am 21. und 22. Juli 2011 – Podiumsdiskussion / Diskussionsrunde mit AF
- Erlebniswelt Energie in Timelkam: möglicherweise Videowall + PowerSaver Uhr ausstellen



Energie AG Oberösterreich Vertrieb GmbH & CoKG
Dr. Hans ZEINHOFER (Energie AG Vertrieb)

Johannes Kepler University Linz
Univ.-Prof. Dr. Alois FERSCHA

Coulinstrasse 24
A-4020 Linz

Altenberger Straße 69
A-4040 Linz

Tel.: +43 (732) 9005 0
Fax.: +43 (732) 9005 3637
office@enamo.at
<http://www.enamo.at>

Tel.: +43 (732) 2468 8555
Fax: +43 (732) 2468 8426
ferscha@pervasive.jku.at
<http://www.pervasive.jku.at>

PowerSaver – Activity Based Implicit Energy Management

FFG Project 818898

Appendix 10 – Publications

2011-01-31

Variability in foot-worn sensor placement for activity recognition

Jakob Doppler, Gerald Holl, Alois Ferscha
Johannes Kepler University Linz
Institute for Pervasive Computing
Altenberger Str. 69, A-4040 Linz, Austria
{doppler, holl, ferscha}@pervasive.jku.at

Marquart Franz, Cornel Klein
Marcos dos Santos Rocha, Andreas Zeidler
Siemens AG Corporate Research and Technologies
Otto-Hahn-Ring 6, 81730 Munich, Germany
{marquart.franz, cornel.klein
marcos.rocha, a.zeidler}@siemens.com

Abstract

On-shoe acceleration and orientation sensors have revealed as a potentially powerful means for capturing aspects of human gait. The placement of sensors however has been done intuitively and mostly without quantitative evaluation of sensor positioning. Based on recorded signals of the five placement options sole, heel, toe-cap, instep and ankle we built SVM classifiers using orientation-based features and evaluate their performance on three activity classes level walking, going upstairs and going downstairs. Finally we present an approach to a placement-invariant classification model and discuss the benefit for a bipedal sensing setup.

Keywords. Sensor Placement, Gait Recognition, Activity Recognition

1. Introduction

Using wireless on-shoe sensor systems for human gait monitoring is an often practiced approach in wearable computing systems. The applications range from low-cost, commercial pedometers to infrastructure-less positioning and location tracking [1] [2].

Especially in the medical domain a lot of research has focused on capturing characteristics of gait-dysfunctional patients for clinical locomotion analysis. With the GaitShoe project Bamberg et al. [3] developed a system that strives to be able to fully capture a foot's motion using accelerometers, gyroscopes as well as FSR (force sensitive resistors) and bend sensors. The approach suits well for medial gait diagnosis measuring gait kinematics and kinetics. However for recognizing simple modes of locomotion the mounting of the GaitShoe parts consisting of insoles and adapters is time intense and the shape restricts the use within a variety of shoes. A less costly solution for medical locomotion analysis based on the foot-to-ground angle was proposed in [4]. A 2-axis accelerometer and one gyroscope mounted at the fifth metatarsal were used to capture acceleration and rotation updates in the bodies sagittal plane. Based on these features the ground inclination and foot angle were determined in stance and stride phase of a walk cycle. But

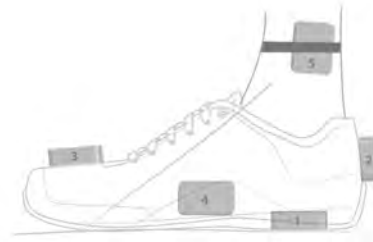


Figure 1. Sketch of sensor mounting options: sole(1), heel(2), toe-cap(3), instep(4) and ankle(5).

due to the sensor's axis constraints the mounting position is limited to a single XY-plane and therefore the algorithmic robustness with respect to placement variability was not evaluated further.

In contrary sourceless inertial measurement units (IMU) use accelerometers, gyroscopes and additional magnetometer information to determine absolute orientation in the world coordinate frame. Using global orientation-based features from sensors attached to rigid objects ensures insensitivity to motion related displacement and permits capturing signal characteristics independent of the initial mounting position and orientation. Especially in foot-worn activity recognition systems this helps developing stick-on solutions allowing the user to reattach sensors while switching shoes. Due to a limited choice of mounting on various shoe types the position and orientation may vary strongly requiring a generalizable approach for robust classification.

2. Methodology

2.1. Modeling placement invariance

For studying the variability of foot-mounted sensors we defined a 10 min round trip beginning with a ground level walk over several floors connected by numerous return stair segments. The test subject was a 26-year old male wearing a pair of Crocs shoes. On each shoe five Intersense Wireless Inertia Cube 3 sensors were used for data recording (see

Table 1. 10-fold cross validation accuracies of each sensor’s dataset (diagonal) and the performance of the trained models when tested against each other.

Training set	Test set				
	Sole	Heel	Toe-cap	Instep	Ankle
Sole(1)	99.9	90.5	76.0	86.3	61.7
Heel(2)	97.3	99.6	94.0	89.2	61.7
Toe Tip(3)	91.6	90.2	99.6	89.1	61.7
Instep(4)	94.6	94.2	92.6	99.6	61.7
Ankle(5)	61.7	61.7	61.7	61.7	88.1

Figure 1). The first sensor was embedded in the shoe sole. The heel, instep and toe-cap sensors were attached to the shoe surface with respect to an unaffected gait. The fifth sensor was placed on the lower leg above the ankle. All sensors are powered by 9 volt batteries that were attached to the shoe’s upper. The complete dataset of three runs consists of 36000 samples of five Euler orientation triplets recorded simultaneously at 20Hz with two wireless USB receivers connected to a laptop.

With a sensor’s orientation initially axis-aligned to the world coordinate frame the characteristics of a gait signal incorporating a stance and stride phase is best captured by the Euler pitch component that gives the angle of inclination in the foot’s sagittal plane. Using matrix notation the sensor orientation offset in initial resting phase R_o and during the trail $R_{(t)}$ can be determined. From that we can compute the relative rotation leading to a sensor orientation. For computing the unknown transformation matrix R_i we use the following equation:

$$R_{(t)} = R_i * R_o \longrightarrow R_i = R_{(t)}/R_o = R_{(t)} * R_o^{-1}$$

2.2. Results

For classification, the synchronous data of all sensor were labeled manually according to the three activity classes level walking, going upstairs and going downstairs. The ground truth was established by visual inspection of the sole signal. Step-wise feature extraction over the quantized signal in time domain is done using a 25-sample sliding window at the data recorded at 20Hz. All single-foot model accuracies on the the classes level walking, going upstairs and downstairs are significantly over 90% (see Table 1).

The heel model has a 99.6% accuracy in 10-fold cross validation and shows a average of 95.0% tested against orientation signals 1-4. As expected, the ankle sensor has limited potential for classifying locomotion characteristics. The models cross validation results with an accuracy of 88.1% fall off compared to the other signals and only reflects the 62.7% base line of identifying all samples as level walking.

These exceptional robust results of all sensor options except the ankle entitles us to further investigate on sen-

sor placement invariance for developing a bipedal activity recognition unit. In such a setup we can use the correlation of two sensor signals to identify gait characteristics. Instead of computing only three gait classes we can extend the basic activity set for example to left and right turnings and lateral movements.

Even higher-level activities can be deduced from foot characteristics. For example in postures like lying, sitting and standing we find varying orientation and relation depending on the user and his activity context. Relaxing in a chair with legs outstretched results in a different feet position than sitting on a desk writing a note with the body usually leaned forward. Recognition can be achieved by analyzing variations in the two-foot sensor signals. During a long, repetitive walk cycle these signals are phase-shifted but similar in frequency and envelope characteristics. The signals of non-walking activities on the contrary may yield other relational patterns.

3. Conclusion

Although the insole option is considered to be most comfortable, the heel and toe-tip seem to be the most compelling ones for developing a foot-based activity recognition unit considering requirements like easy mounting and unobtrusiveness. With the 3-class activity set of level walking, going upstairs and going downstairs the trained SVM models deliver high accuracies of over 99.0% for sole, heel, toe-cap and instep sensor placement options. Our algorithm for placement invariance guarantees robustness for the classification of arbitrarily mounted IMUs.

Acknowledgment

This work is supported under the European FP7 ICT Future Enabling Technologies programme No 225938 (OP-PORTUNITY) and the Austrian Neue Energien 2020 programme No 818898 (POWER SAVER).

References

- [1] O. Woodman and R. Harle, “Pedestrian localisation for indoor environments,” in *Proceedings of the 10th Int’l Conference on Ubiquitous Computing*, vol. 344. ACM, 2008, pp. 114–123.
- [2] E. Foxlin, “Pedestrian tracking with shoe-mounted inertial sensors,” *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 25, no. 6, pp. 38–46, 2005.
- [3] Stacy Bamberg et al., “Gait analysis using a shoe-integrated wireless sensor system,” in *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine*, 2006.
- [4] W. Svensson and U. Holmberg, “Foot and ground measurement using portable sensors,” in *Proceesings of the 9th Int’l Conference on Rehabilitation Robotics*, 2005.

IMPRESSUM

Verfasser

Johannes Kepler Universität Linz
Institut für Pervasive Computing

Alois Ferscha
Altenberger Straße 69, 4040 Linz
Tel : +43-732-2468-4760
Fax : +43-732-2468-4765
E-Mail: office@pervasive.jku.at
Web: www.pervasive.jku.at

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH