

Überwachung des Energie-Verbrauchs auf Geräteebene: Zentralisierte Lösungen

Marc Gschwend

Departement für Informatik, ETH Zürich

gsmarc@student.ethz.ch

Zusammenfassung

Das Wissen, das Konsumenten über ihren tatsächlichen Stromverbrauch haben, ist heute typischerweise äusserst gering. Rückmeldungen zum Stromverbrauch bekommt der Verbraucher meistens nur über die Rechnung. Und diese wird üblicherweise erst lange Zeit nach dem eigentlichen Energiebezug ausgestellt (z.B. jährlich oder halbjährlich).

Genauere, zeitnahe Informationen erhöhen die Transparenz und helfen dem Verbraucher den Stromverbrauch zu reduzieren. Wenn diese Informationen auch noch ansprechend aufbereitet werden, führt dies zu einer längeren bzw. häufigeren Auseinandersetzung und Reflektion und so zu weiteren Einsparungen. Deshalb untersucht die Forschung Möglichkeiten, dem Konsumenten auf einfache und verständliche Art ein genaues Feedback zu seinem Stromverbrauch zu liefern. Da detaillierteres Feedback grössere Einsparungen ermöglicht, ist vor allem eine hohe zeitliche Auflösung und die Unterteilung des Gesamtverbrauchs auf einzelne Geräte wichtig. Technische Lösungen, die ein solches Feedback auf Geräteebene umsetzen, verfolgen unterschiedliche Ansätze, in Bezug auf die Art und den Ort zu Messung der Verbrauchsdaten. Ein vielversprechender Ansatz stellen zentrale Verbrauchsmessungssysteme dar. Diese messen den Stromverbrauch an einer zentralen Stelle im Haus (z.B. im Sicherungskasten, am Stromzähler) und leiten aus den gespeicherten Informationen Einzelheiten über den Verbrauch einzelner im Haus verwendeter Geräte ab.

1 Einführung

Die globale Energiethematik ist aktueller denn je: Die Vorräte an fossilen Energieträgern werden kleiner und die Klimaerwärmung ist in den Medien ein omnipräsentes Thema. Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum führen zu einer stetigen Zunahme des Energieverbrauchs und verschärfen dadurch die Situation zusätzlich [7].

Es ist offensichtlich, dass der Pro-Kopf-CO₂-Ausstoss und der Pro-Kopf-Energieverbrauch längerfristig reduziert werden müssen. Um dies zu erreichen gibt es im Wesentlichen zwei Möglichkeiten: Energie mit CO₂-neutralen Mitteln zu gewinnen (z.B. Windkraft, Wasserkraft, Biomasse) oder weniger Energie zu verbrauchen.

Ein grosser Teil der Energie wird heute in Form von Strom verbraucht (in der Schweiz waren es 2008 28.5%), was Einsparungen im Strombereich zu einem wichtigen Teil des Ganzen werden lässt [4].

Etwa ein Drittel des Stroms wiederum wird in Haushalten verbraucht, weshalb es Sinn macht, auf dieser Ebene zu versuchen, den Verbrauch zu reduzieren [2]. Die Stromzähler, die in den meisten Haushalten verwendet werden, geben dem Konsumenten nur wenig Möglichkeiten den eigenen Stromverbrauch nachzuvollziehen. Insbesondere das Erkennen von Geräten mit hohem Verbrauch oder energiespartechnisch schlechten Verhaltensmustern verlangt in der momentanen Situation sehr viel Interesse und Engagement von Seiten des Konsumenten.

Die einzige Rückmeldung zum Stromverbrauch – im Folgenden als Feedback bezeichnet – erfolgt üblicherweise durch die Stromrechnung, die aber meist erst mehrere Monate später ausgestellt wird und zudem nur den Stromverbrauch des gesamten Haushalts über die ganze Abrechnungsperiode anzeigt. Dies entspricht der Analogie des Einkaufens im Supermarkt, ohne das Wissen über die Preise der einzelnen Produkte und einer Abrechnung aller Einkäufe am Monatsende [6, Seite 2].

Diese zwei Faktoren, einerseits die geringe zeitliche Auflösung und andererseits die mangelnde Genauigkeit der Information wozu der Strom verbraucht wurde, führen dazu, dass in Haushalten viele Möglichkeiten zu Stromverbrauchsreduktion nur unzureichend genutzt werden.

Aktuelle Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der Lösung dieses Problems. Dabei werden verschiedene Möglichkeiten und zentrale, hybride sowie verteilte Ansätze untersucht.

Wie der Titel bereits aussagt, wird in dieser Arbeit das Augenmerk auf das Feedback auf Geräteebene gelegt und zwar in der Umsetzung mit Hilfe eines zentralisierten Lösungsansatzes. Was das genau ist und wie es im Vergleich zu anderen möglichen Systemen einzuordnen ist, wird im Folgenden aufgezeigt. Vorher ist es aber nötig, Arten des Feedbacks zu analysieren und daraus resultierende Ansprüche zu formulieren.

2 Reduktion des Stromverbrauches durch Feedback

In unserem täglichen Leben verbrauchen wir ständig Energie – sei das mit dem Auto in Form von Benzin, bei der Beheizung des Hauses in Form von Gas oder durch die Verwendung eines Computers in Form von Strom. Bei vielen dieser Tätigkeiten sind wir uns des Energieverbrauchs gar nicht bewusst. Sei es, weil wir es uns einfach gewohnt sind, oder sei es, weil die Zusammenhänge nicht immer offensichtlich sind.

So ist es momentan für den Endverbraucher schwierig, den direkten Zusammenhang zwischen seinem alltäglichen Verhalten und dessen Einfluss auf den Energieverbrauch zu erkennen. Insbesondere im Bezug auf persönliche Einsparmöglichkeiten, sind die Mittel, die es ermöglichen, das eigene Verbrauchsverhalten zu analysieren, sehr beschränkt.

Forschungsarbeiten zeigen, dass ein umfassendes Feedback zum Stromverbrauch durchschnittlich zu Einsparungen im Bereich von 5 bis 15% führen kann [5] [11]. Das zeigt, dass Feedback ein wirkungsvolles Mittel darstellt, um den Konsumenten im Sinne eines geringeren Stromverbrauchs zu beeinflussen. Durch Feedback werden die Zusammenhänge zwischen Verhalten und Verbrauch aufgezeigt und damit auch, wo am effizientesten Strom gespart werden kann.

Die Studien, mit denen dieses Einsparpotenzial erfasst wurde, benutzen unterschiedlichste Arten von Feedback. Deshalb ist es wichtig, diese unterschiedliche Möglichkeiten nach Aufwand und Nutzen zu klassifizieren.

Dafür unterscheiden wir hier vier wichtige Faktoren:

1. Zeitlicher Aspekt des Feedbacks:
In welchen Intervallen soll Feedback gegeben werden?
2. Detailgrad des Feedbacks:
Wird nur der Stromverbrauch des ganzen Haushalts, einzelner Zimmer oder gar einzelner Geräte angezeigt?
3. Darstellungsform des Feedbacks:
Wie lassen sich Verbrauchsdaten möglichst verständlich darstellen?
4. Art des Zugangs zum Feedback:
Wie lässt sich der Zugang zu den Feedback-Informationen möglichst einfach gestalten?

Auf diese und ähnliche Fragen soll im Folgenden genauer eingegangen und zum Schluss die Anforderungen an ein technisches System, das ein solches Feedback implementiert, formuliert werden.

2.1 Zeitliche Aspekte des Feedbacks

Damit durch Feedback die Zusammenhänge zwischen Verhalten und Stromverbrauch effektiv aufgezeigt werden kann, muss dies in einer sinnvollen zeitlichen Auflösung geschehen. Mit der Stromrechnung besteht bereits heute eine Rückmeldung. Diese ist aber zeitlich derart verzögert, dass es für die meisten Konsumenten schwierig ist, daraus nützliche Erkenntnisse abzuleiten.

Der Idealfall wäre ein Echtzeit-Feedback (zumindest im Sekunden-Bereich), aus dem der Konsument sofort erkennt, wieviel er verbraucht. So wird es ihm möglich, sein Verhalten in unmittelbarem Zusammenhang zum Stromverbrauch zu setzen und entsprechend darauf zu reagieren. Studien zeigen, dass mit einem wöchentlichen Feedback zwar gute Ergebnisse erzielt werden können, aber ein Echtzeit-Feedback effektiver ist [11]¹.

Durch die weitflächige Einführung von Smart Metern² wird das Auslesen des Stromverbrauchs in Echtzeit einfach werden. In dem Sinne, als dass diese Funktion vom Smart Meter übernommen werden könnte.

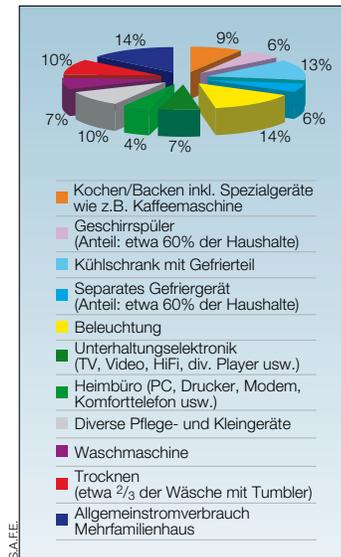


Abbildung 1: Stromverbrauch eines Haushalts in einem Mehrfamilienhaus, verteilt auf die verschiedenen Bereiche [9].

2.2 Detailgrad des Feedbacks

Als weiterer Faktor ist der Detailgrad des Feedbacks hinsichtlich der einzelnen Stromverbraucher von zentraler Bedeutung. So nützt es dem Konsumenten nur begrenzt, wenn er Feedback zwar in Echtzeit, aber nur auf Ebene, zum Beispiel einer Siedlung bekommt. Je detaillierter das Feedback, desto einfacher wird es, Stromfresser und verschwenderische Verhaltensweisen zu identifizieren. Eine Aufspaltung des Verbrauchs wie in Abbildung 1, wäre zum Beispiel für den Konsumenten bereits sehr aufschlussreich.

Ein höherer Detailgrad des Feedbacks bringt aber auch größeren Aufwand mit sich. Insbesondere das Messen des Stromverbrauchs auf Geräteebene ist mit einigem Mehraufwand verbunden und stellt gewisse technische Anforderungen an ein Feedback-System. Zudem besteht die Gefahr, dass die Fülle an Informationen für den Konsumenten nicht mehr übersichtlich ist.

2.3 Unterschiedliche Darstellungsmethoden für Feedback-Daten

Der Zugang zu Verbrauchsinformationen alleine garantiert noch keine Änderungen im Verhalten [6, Seite 4]. Es ist deshalb wichtig, diese Daten auch für den Konsumenten verständlich darzustellen, also zum Beispiel mit ansprechenden Visualisierungen (siehe Abbildung 2). Dazu gibt es unterschiedliche Ansätze. Zum Beispiel ist die Wahl der Einheit beziehungsweise eines Äquivalents sehr wichtig. Für viele Leute ist die Einheit Kilowattstunden nicht sehr aussagekräftig. Nur den monetären Gegenwert anzugeben kann aber das Bild verzerren (uneinheitliche Preise).

Weitere Möglichkeiten sind der Vergleich mit einem Durchschnittshaushalt oder auch früheren Daten. Bei all diesen Fragen gilt es immer zu berücksichtigen, ob die jeweilige Art der Darstellung den Konsumenten mehr motiviert oder allenfalls sogar demotiviert. Psychologische Aspekte spielen im allgemeinen eine wichtige Rolle bei der Wahl der entsprechenden Repräsentation der Daten. Dies gilt speziell dann, wenn es

¹Einsparungen von 31% gegenüber 55% bei Echtzeit-Feedback in diesem Beispiel. Diese Zahlen sind aber mit Vorbehalt zu verwenden, da sie nicht repräsentativ sind.

²Mehr zum Thema Smart Meter, siehe [8]

darum geht, das Interesse des Konsumenten längerfristig aufrecht zu erhalten.



Abbildung 2: Verschiedene Beispiele von Visualisierungen. Links: Lastkurve. Mitte: Strom ausgedrückt als monetärer Wert, umgemünzt auf CO2 Emissionen oder umgerechnet in Autokilometer. Rechts: Zustand des Baumes drückt Verbrauch aus [6, Seite 7].

2.4 Art des Zugangs zum Feedback

Zuletzt ist auch die Art des Zugangs zum Feedback von enormer Bedeutung: Sind zum Beispiel die Informationen zum Verbrauch nur beim Stromzähler, also zum Beispiel im Keller verfügbar, ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Konsument sich die Werte regelmässig ansieht, sehr gering.

Ziel ist es das Feedback über ein Medium zu vermitteln, das dem Konsumenten vertraut ist und möglichst bereits in seinen Alltag integriert ist, oder sich zumindest einfach integrieren lässt.

Ein mögliches Beispiel dafür wäre ein Bildschirm, der an gut sichtbaren Ort im Haushalt plaziert wird. Oder, der Zugang via Mobiltelefon, einem sogenannten "Smart Phone" wie zum Beispiel in [12] beschrieben.

2.5 Anforderungen an ein System, das ein solches Feedback umsetzen soll

Wichtige Anforderungen die ein Feedback-System zu erfüllen hat sind also:

1. Hohe zeitliche Auflösung:
Das Feedback sollte möglichst in Echtzeit erfolgen.
2. Möglichst hoher Detailgrad:
Das Feedback sollte Informationen auf Geräteebene liefern.
3. Ansprechende und verständliche Darstellung:
Die Daten müssen dem Verbraucher verständlich gemacht werden.
4. Einfacher Zugang:
Die Hürde, das System zu benutzen, sollte klein sein.

2.6 Smart Buildings, Smart People

In diesem Zusammenhang ist noch das Thema der sogenannten "smart buildings"³ zu erwähnen. Darunter versteht man Technologien, die Entscheidungen innerhalb des Haushalts vom Konsumenten hin zu einem optimierten, automatisierten Gebäudesystem verschieben und es dadurch erlauben, die Energie effizienter zu nutzen.

Dieser Ansatz steht im Gegensatz zur Idee des Feedbacks, das als Analogie das Konzept "smart people"⁴ verfolgt und explizit den Nutzer für die Verbrauchsthematik sensibilisieren will, anstatt die dafür wichtigen Abläufe vor ihm zu verbergen. Nichtsdestotrotz lassen sich diese beiden Ansätze hervorragend miteinander kombinieren, sie komplementieren sich sogar.

3 Ansätze für Feedback auf Geräteebene

Im Folgenden gehen wir insbesondere auf das Feedback auf Geräteebene ein und stellen verschiedene Feedbacksysteme vor, die Informationen zum Stromverbrauch bis hin zu den einzelnen Endgeräten liefern.

Diese Systeme versprechen aufgrund ihres hohen Detailgrades an gelieferten Informationen grössere Einsparmöglichkeiten als andere Systeme, bringen aber auch neue, technische Probleme mit sich.

Systeme die Feedback auf Geräteebene bereitstellen, lassen sich grundsätzlich in drei Kategorien unterteilen und zwar nach der Art der verwendeten Sensoren. Diese Kategorien werden im Folgenden beschrieben.

3.1 Zentralisierte Systeme

Zentralisierte Lösungen zeichnen sich dadurch aus, dass die benötigten Informationen zum Stromverbrauch lediglich an einer zentralen Stelle gesammelt werden. Dies passiert sinnvollerweise beim Stromzähler.

Die Vorteile dieser Systeme liegen ganz klar in der vergleichsweise einfachen Installation und der Tatsache, dass sich mit der steigenden Verbreitung von Smart Metern das Auslesen der Messdaten relativ einfach gestaltet. Nachteile sind die technischen Probleme bei der Umsetzung des detaillierten Feedbacks in solchen Systemen: Wie lässt sich zum Beispiel aus dem Gesamtstromverbrauch auf den Verbrauch der einzelnen Geräte schliessen?

3.2 Verteilte Systeme

Verteilte Systeme messen den Stromverbrauch nicht zentral an einer Stelle, sondern bei jedem Verbrauchsgerät individuell. Dies hat den Vorteil, dass die Verbrauchsdaten der einzelnen Geräte dadurch einfach zu bestimmen sind. Allerdings sind verteilte Systeme aufwändig in der Installation und der Wartung, da mit vielen Messgeräten gearbeitet wird, die entsprechend eingerichtet und gewartet werden müssen.

³Englisch für: "Kluge Gebäude"

⁴Englisch für: "Kluge Leute"

3.3 Hybride Systeme

Hybride Systeme schliesslich sind eine Mischung aus zentralisiertem und verteiltem System. Wie bei zentralisierten Systemen wird der Stromverbrauch an einer zentralen Stelle gemessen. Allerdings werden zusätzliche Sensoren und Geräte installiert, die es vereinfachen, auf den Verbrauch der einzelnen Geräte zu schliessen.

Im Folgenden wird in dieser Arbeit der zentralisierte Lösungsansatz und dessen mögliche Umsetzung behandelt.

4 Zentralisierte Feedback-Systeme mit Informationen auf Geräteebe

Wesentliche Ansprüche an ein solches System sind durch die Anforderungen an das gelieferte Feedback gegeben (siehe Kapitel 2.5). Und die wichtigste Problemstellung der zentralisierten Systeme ist sicherlich das Herauslesen der einzelnen Verbrauchsanteile verschiedener Geräte.

4.1 Erhebung der Verbrauchsdaten auf Geräteebe

4.1.1 Mit Benutzerinteraktion

Der technisch einfachste (und deswegen auch bereits konkret implementierte) Ansatz, den Verbrauch einzelner Geräte festzustellen, ist mit Hilfe von Benutzerinteraktion. Einzelne Systeme implementieren das so, dass der Benutzer per Knopfdruck auf dem Feedback-Gerät signalisiert, dass er ein Gerät ein- oder ausschalten wird. Sobald er dies dann macht, erkennt das System die Veränderung in der Verbrauchskurve und berechnet dadurch den Verbrauch dieses einzelnen Geräts.

Der Vorteil ist dabei ganz klar die Einfachheit der Umsetzung. Zudem ist durch das interaktive Vorgehen ein gewisser Reiz für den Konsumenten da, seinen Haushalt zu "erkunden". Der grosse Nachteil dieses Ansatzes liegt aber in der nicht vorhandenen Erkennung von Geräten und Verbrauchern die nicht einfach ein- und ausgeschaltet werden können (z.B. Kühlschrank, Alarmanlage, Heizung etc).

4.1.2 Mit automatischer Erkennung von Verbrauchsgeräten

Die einzige Möglichkeit, automatisiert auf den Verbrauch von Einzelgeräten zu schliessen (inkl. den von Kühlschrank, Alarmanlage, Heizung etc), ist durch das Erkennen von gewissen Mustern in der Lastkurve. Mit Hilfe von komplizierten Algorithmen und sinnvollen Annahmen können Ereignisse wie das Einschalten eines Föhns erkannt und richtig zugeordnet werden [10].

Dabei wird unter anderem mit sogenannten "Last-Signaturen" gearbeitet. Jedes Gerät hat eine individuelle Last-Signatur, d.h. jedes Gerät verursacht eigene, charakteristische Schwankungen in den Werten der Lastkurve. Patel et al erreichen bei Versuchen mit ihrer Methode eine Zuverlässigkeit von 85 bis 90% in der Erkennung von Geräten [10].

Im Folgenden wird genauer auf automatische Erkennung von Geräten mit Hilfe der Lastkurve eingegangen. Anschliessend (Kapitel 4.3) werden zwei Beispiele zentralisierter Feedback-Systeme vorgestellt. Beide arbeiten mit Benutzerinteraktion. Der "eMeter", hat Funktionen, die das Messen einzelner Geräte explizit

unterstützen. "Watson" hingegen bietet kein explizites Feedback auf Geräteebe-
ne. Aber durch Ein- und Ausschalten von Geräten und einfacher Mathematik kann auch bei diesem System der Verbrauch einzelner Geräte festgestellt werden. Watson ist hier insbesondere aufgeführt, weil es ein fertiges Produkt ist, das bereits auf dem Markt erhältlich ist.

4.2 Automatische Erkennung von Geräten über die Lastkurve

Michael Baranski und Jürgen Voss beschreiben in [3] einen Algorithmus zur Erkennung von einzelnen Geräten aus der Gesamt-Lastkurve eines Haushalts und nennen dies den speziellen NIALM-Ansatz⁵. Abbildung 4.2 zeigt die vier Schritte des Algorithmus.

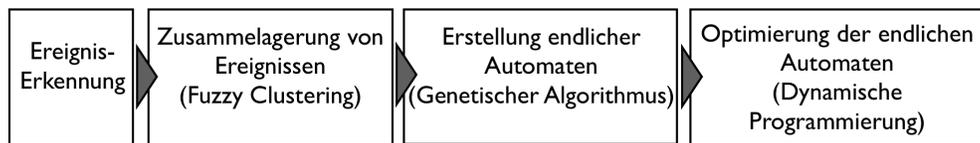


Abbildung 3: Die vier Schritte des Algorithmus [3].

Ähnlich wie bei [10] werden auch hier die Geräte über Ereignisse auf der Lastkurve erkannt. Diese Ereignisse werden im ersten Schritt des Algorithmus detektiert. Danach werden die Ereignisse in Gruppen zusammengelagert, und zwar nach einem Ansatz welcher "Fuzzy Clustering" genannt wird. Dabei werden Ereignisse mit ähnlichen Strukturen in die selben Gruppe eingeteilt. (Das entspricht in etwa dem Vorgehen mit den Last-Signaturen, wie es in [10] beschrieben wird.)

Aus diesen Gruppen werden nun mehrere, mögliche endliche Automaten generiert, welche ein Modell eines Verbrauchsgeräts mit seinen verschiedenen Zuständen darstellen. Dabei muss die Anzahl der Zustände sinnvoll beschränkt werden, da der Berechnungsaufwand sonst zu gross wird. Ausserdem eignet sich dieses Vorgehen nur für Geräte, die regelmässig in Betrieb sind, da sie sonst gar nicht sinnvoll als endlicher Automat modelliert werden können. Zum Schluss wird dann aus diesen endlichen Automaten eine Auswahl getroffen, was ein Optimierungsproblem ist, das mit dynamischer Programmierung gelöst wird.

Das eben beschriebene Vorgehen erkennt, nach einer Lernphase von 5 bis 10 Tagen, die Hauptverbraucher wie Kühlschrank, Herd oder ähnliche zuverlässig. Andere Geräte lassen sich noch nicht alle so gut ermitteln, da sie sehr unterschiedliche Charakteristiken aufweisen können. Das System besticht aber vor allem dadurch, dass es (im Vergleich zu anderen Lösungen) mit Daten, wie sie heutige Stromzähler liefern auskommt und keine speziellen (und teuren) Messgeräte braucht.

In Kombination mit Benutzerinteraktion liessen sich mit einem solchen Ansatz sicherlich gute Lösungen umsetzen.

⁵NIALM steht für Non-intrusive appliance load monitoring: Nicht-intrusive Überwachung des Stromverbrauchs auf Geräteebe-
ne.

4.3 Zwei zentralisierte Lösungen kurz vorgestellt

4.3.1 eMeter

Das System wurde an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) entwickelt und basiert auf einem Smart Meter der Firma Landis + Gyr, der die nötigen Daten zum Gesamtverbrauch liefert. Die Daten werden dabei im Sekundentakt erfasst. Zur Visualisierung der erfassten Informationen wird ein Smart Phone verwendet. Ausschlaggebend für die Wahl eines Smart Phones als Benutzerschnittstelle war die starke Integration in den Alltag des Konsumenten und somit die niedrige Barriere, das Feedback auch aktiv zu nutzen. Um die Daten an das Smart Phone zu übermitteln wird ein sogenanntes Gateway verwendet (siehe Abbildung 4). Dieses Software-Modul, geschrieben in Java, besteht im wesentlichen aus einem Parser, einer Datenbank und einem Webserver. Er liest die Daten aus dem Smart Meter aus, speichert sie in der Datenbank und stellt eine Web-Schnittstelle zu deren weiteren Verwendung zur Verfügung. Dadurch ist es einfach, diverse Applikationen darauf aufzubauen.

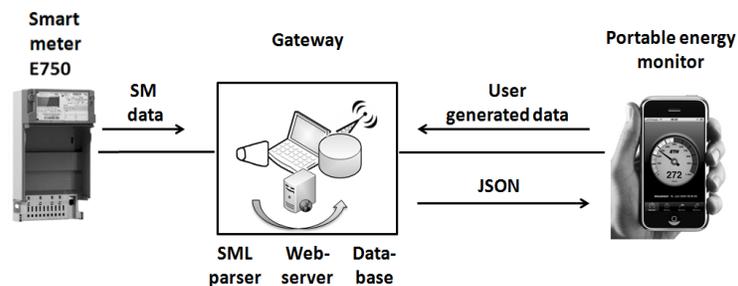


Abbildung 4: Kommunikation zwischen Smart Meter und Mobiltelefon via Gateway. [12, Seite 2]

So ist zum Beispiel auch die Benutzerschnittstelle auf dem Smart Phone über diesen Webservice implementiert (siehe Abbildung 5). Vorteile dieses Systems sind die einfache Installation (geht man davon aus, dass das Gateway in Zukunft in einen Smart Meter eingebaut ist, entfällt diese praktisch ganz), die hohe zeitliche Auflösung, die einfache Erweiterbarkeit und die nahtlose Integration in den Alltag des Konsumenten.

Die Grenzen hingegen liegen bei der Erkennung von Geräten, die nicht einfach kurz ein-, oder ausgeschaltet werden können. Ausserdem basiert die Einfachheit der Installation auf der Annahme, dass im jeweiligen Haushalt auch bereits ein Smart Meter vorhanden ist, was momentan noch nicht dem Regelfall entspricht [8, Seite 11].

Interessant sind vor allem auch die Aspekte der Benutzerführung: So passt sich zum Beispiel die Farbskala der Verbrauchsanzeige (Abbildung 5, link) während der Zeit dem Stromverbrauch des Haushalts an. Zudem ist es möglich, ein Inventar der verschiedenen Geräte im Haushalt zu erstellen.



Abbildung 5: Benutzer-Schnittstelle des Systems. Links die aktuelle Verbrauchsanzeige, mit Farbskalierung. Blau ist der Grundverbrauch, grün bedeutet geringer Verbrauch, rot hoher Verbrauch. Rechts die Verbrauchsdaten der letzten Stunden bzw. Tage [12, Seite 3].

4.3.2 Wattson

Das zweite System das hier vorgestellt wird, heisst Wattson (Siehe auch: [1]). Der Stromverbrauch wird mit einer Sensor-Klemme direkt am Hauptstromkabel gemessen. Die Installation ist im Prinzip einfach, Wattson ist in den meisten Haushalten bereits einsatzfähig. Einzige Voraussetzung ist der Zugang zum Kabel und dass die Klemme auch angebracht werden kann, was leider aber nicht immer der Fall ist.

Bei Wattson übernimmt der Transmitter (siehe Abbildung 6) die Funktionalität des Smart Meters und des Gateways, wobei die Übertragung zur Benutzerschnittstelle ebenfalls kabellos erfolgt.

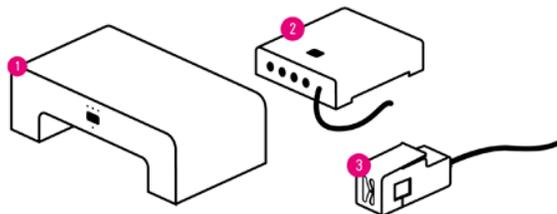


Abbildung 6: Die drei Komponenten von Wattson: Die Benutzerschnittstelle (1), der sogenannte Transmitter (2) und die Sensor-Klemme (3) [1].

Bemerkenswert ist die Gestaltung der Benutzerschnittstelle (Abbildung 6, (1): Wattson setzt auf ein eigens dafür konzipiertes Gerät. Es zeigt den Verbrauch in Zahlen⁶ an und leuchtet in dazu entsprechenden Farben. Damit lässt sich der Energieverbrauch mit einem Blick feststellen. Zudem erfüllt das Gerät auch noch dekorative Zwecke, lässt sich also gut in den Haushalt integrieren.

Auch bei Wattson muss der Benutzer Geräte ein- und ausschalten, um deren Verbrauch feststellen zu können. Im Gegensatz zum Projekt der ETH wird dies aber nicht mit expliziten Funktionen wie einem Inventar oder ähnlichem unterstützt. Wattson liefert also nur indirekt Daten auf Geräteebene.

Alles in allem ist Wattson eine sehr interessante Lösung, die zudem auch erschwinglich⁷ ist.

⁶Entweder in Watt oder dazu die entsprechenden Kosten

⁷Der Preis beläuft sich auf umgerechnet etwa 160 Schweizer Franken [1].

5 Schlussfolgerungen

Um in Haushalten die Energieeffizienz zu steigern, müssen dem Verbraucher entsprechende Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden. Feedback ist ein wichtiges solches Hilfsmittel. Es ermöglicht dem Konsumenten die aktive und bewusste Reflexion über seinen Verbrauch und hilft ihm so, effektiv Strom zu sparen.

Dabei ist es wichtig, dass dieses Feedback möglichst genau und in Echtzeit passiert. Dazu sind vor allem zentralisierte Systeme zur Verbrauchsmessung auf Geräteebene enorm vielversprechend: Einfach in der Installation und intuitiv in der Bedienung. Dadurch ist die Hürde für deren Einsatz relativ niedrig.

Die in den vorherigen Abschnitten formulierten Anforderungen an solche Systeme, werden von bereits existierenden, zentralisierten Systemen praktisch alle vollständig erfüllt. Es gibt auch bereits kommerziell verfügbare Systeme, jedoch sind diese, was die Geräteerkennung betrifft, noch lange nicht so weit, wie es wünschenswert wäre. Weitere technologische Fortschritte, insbesondere in der automatischen Erkennung von Geräten lassen aber hoffen, dass solche Feedback-Technologien noch besser werden. Und in sinnvoller Kombination mit Benutzerinteraktion scheint eine einfache und vollständige Erkennung des Verbrauchs auf Geräteebene in naher Zukunft möglich zu sein. Bleibt nur zu hoffen, dass solche Systeme sich auch durchsetzen und bald in diversen Haushalten zum Einsatz kommen.

Literatur

- [1] Wattson. <http://www.diykyoto.com/uk/wattson/about>.
- [2] European commission dg info impacts of information and communication technologies on energy efficiency. 2008.
- [3] M. Baranski and J. Voss. Genetic Algorithm for Pattern Detection in NIALM Systems. In *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2004.
- [4] BFE. Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2008. 2009.
- [5] R. Dettli, D. Philippen, H. Schaeffler, C. Heinemann, and K. Reinhardt. Smart Metering für die Schweiz - Potenziale, Erfolgsfaktoren und Massnahmen für die Steigerung der Energieeffizienz-Schlussbericht. Nov. 2009.
- [6] Froehlich. Promoting energy efficient behaviors in the home through feedback: The role of human-computer interaction. In *Proc. HCIC Workshop*, Apr. 2009.
- [7] R. Gisi. The new energy landscape: challenges and opportunities. 2010.
- [8] M. Hartmeier. Smart metering: background and state of the art. 2010.
- [9] J. Nipkow, S. Gasser, and E. Bush. Der typische Haushalt-Stromverbrauch. In *Bulletin SEV/AES 19*, 2007.
- [10] S. N. Patel, T. Robertson, J. A. Kientz, M. S. Reynolds, and G. D. Abowd. At the flick of a switch: Detecting and classifying unique electrical events on the residential power line. In *Proc. UbiComp*, Nov. 2007.
- [11] J. E. Petersen, V. Shunturov, K. Janda, G. Platt, and K. Weinberger. Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives. In *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2007.
- [12] M. Weiss, T. Graml, T. Staake, F. Mattern, and E. Fleisch. Handy feedback: Connecting smart meters with mobile phones. In *Proceedings of MUM 2009 (ACM International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia)*, Cambridge, UK, Nov. 2009.