Innovative Dienste mit intelligenten Stromzählern

Autor(en): **Kleiminger, Wilhelm**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **105 (2014)**

Heft 9

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856287

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

TECHNOLOGIE **SMART METERING**

Innovative Dienste mit intelligenten Stromzählern

Standby- und Kühlgeräteverbrauch aus Smart-Meter-Daten

Smart Meter ermöglichen weit mehr als eine komfortable Rechnungsstellung. Mit geeigneten Algorithmen zur Mustererkennung können Standby- und Kühlgeräteverbrauch aus der Lastkurve erkannt werden. Diese Informationen können die Energieberatung des Versorgers unterstützen und als Grundlage für automatisch erstellte, individualisierte Energiespartipps dienen. Die Energie Thun AG hat zusammen mit der ETH Zürich untersucht, welche neuen Dienste durch den Einsatz von hochauflösenden Smart Metern möglich werden.

Wilhelm Kleiminger et al.

Der Stellenwert von Informations- und Kommunikationstechnologien steigt in der heutigen Gesellschaft kontinuierlich. Laut aktuellen Statistiken haben 84 % der Schweizer Haushalte Zugang zu einem Computer, in 92 % der Haushalte findet man ein Mobiltelefon. [1] Diese «Informatisierung» des Alltags setzt sich nun im Zählerkasten der Schweizer und Schweizerinnen in der Gestalt von Smart Metern, also digitalen, kommunikationsfähigen Stromzählern, fort.

Smart Meter ermöglichen eine effizientere Rechnungsstellung, da sie Messwerte direkt an den Versorger übermitteln können. Mit ihrer Hilfe lassen sich z.B. monatliche Rechnungen umsetzen, die es gestatten, das Verbrauchsverhalten besser mit den entstehenden Kosten in Verbindung zu bringen. Bei einigen Smart Metern ist es sogar möglich, den Stromverbrauch viertelstündlich oder gar sekundengenau zu erfassen. Dies wiederum gestattet variable oder dynamische Stromtarife, die durch eine gezielte Preispolitik Lastverschiebungen belohnen. Allerdings ist es für Kunden nicht immer klar, mit welchen Handlungen nennenswerte Energieeinsparnisse oder Lastverschiebungen möglich sind. Eine Darstellung von Verbrauchswerten alleine reicht nicht aus, um die Mehrzahl der Stromkunden zu Verhaltensveränderungen zu motivieren. Um die Möglichkeiten der Zähler besser zu nutzen, sollen künftige Energiedienste helfen, Einsparpotenziale aufzudecken und Nutzer direkt auf entsprechende Handlungen hinzuweisen.

Ob und wie sich Smart Meter dazu eignen, solche Dienste anzubieten, hat die Energie Thun AG zusammen mit der ETH Zürich in einer Feldstudie mit sechs Haushalten untersucht. Der Schwerpunkt lag auf Dienstleistungen, die sich mit derzeit verfügbaren Zählern schnell umsetzen lassen.

Intelligente Dienstleistungen

Im Forschungsprojekt wurden über einen Zeitraum von acht Monaten drei Dienstleistungen untersucht, die dem Verbraucher helfen sollen, den Stromverbrauch im Haushalt zu senken. Dabei handelte es sich um

- visuelles Verbrauchs-Feedback auf In-Home-Display (Tablet-Computer),
- automatische Berechnung des Standby-Verbrauchs, sowie
- automatische Berechnung des Verbrauchs der Kühlgeräte.

Um diese Dienste zu analysieren, stattete das Team sechs Haushalte mit Smart Metern, intelligenten Steckdosen und Android-Tablets aus.

Durch das In-Home-Display auf dem Tablet (Bild 1) erhielten die Teilnehmer eine Übersicht über einfache Verbrauchsstatistiken. Sie bekamen so eine direkte Rückmeldung über die Auswirkungen ihres Verhaltens. Durch die sekündliche Aktualisierung der Verbrauchsanzeige des In-Home-Displays konnten die Teilnehmer direkt nach dem Einschalten eines Gerätes dessen Stromverbrauch ablesen.

Durch die Berechnung des Standby-Verbrauchs und des Verbrauchs der Kühlgeräte kann der Energieversorger dem Teilnehmer zusätzliche Informationen auf einem mobilen Endgerät oder auf seiner Stromrechnung präsentieren. Beispielsweise können den Teilnehmern Hinweise

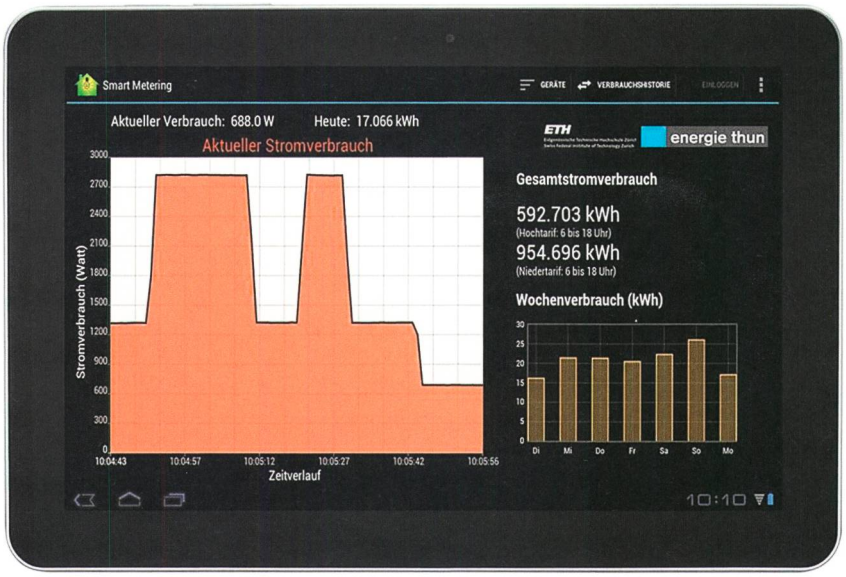

Bild 1 Tablet-Applikation für Energieverbrauchsvisualisierung.

TECHNOLOGIE **SMART METERING**

folgender Art angezeigt werden: «Wussten Sie, dass Ihr Stromverbrauch tagsüber nie unter 200 Watt sinkt?» oder «Wussten Sie, dass Ihre Kühlgeräte 30% ihres Stroms verbrauchen? Möglicherweise lohnt sich für Sie die Anschaffung eines neuen Kühlschranks!»

Diverse Pilotprojekte haben gezeigt, dass es möglich ist, mit einer «reinen» Verbrauchsanzeige 3 bis 4% des Stromverbrauchs einzusparen.[2] Mit den untersuchten Zusatzdienstleistungen (Standby-Verbrauch und Kühlgeräte-Erkennung) ist es zudem möglich, Kunden über die Zusammensetzung des Stromverbrauchs zu informieren. Daraus können dann mit Hilfe von Zusatzinformationen konkrete Hinweise («Spartipps») für die Kunden generiert werden.

Versuchsaufbau und Auswahl der Teilnehmenden

Um die vorgestellten Dienstleistungen zu untersuchen, wurde in einem Pilotprojekt zwischen Juli 2013 und Januar 2014 eine 8-monatige Datenerfassung mit Hilfe einer eigens hierfür entwickelten Smart-Metering-Infrastruktur durchgeführt. In sechs Haushalten wurden Smart Meter (Landis+Gyr E750 SyM²-Lastgangzähler [4]) installiert, um die Umsetzbarkeit der Dienste wissenschaftlich zu evaluieren.

Nebst dem Gesamtstromverbrauch wurden in jedem Haushalt gewisse Einzelverbraucher mit sogenannten «intelligenten Steckdosen» der Firma Plugwise gemessen. Die Messwerte der intelligenten Steckdosen dienten als Validierung für die im Rahmen des Projekts entwickelten Algorithmen. Ein Kommunikationsmodul sendete alle erfassten Daten an einen Server, der sie zur Visualisierung und Analyse bereitstellte.

Bei den Teilnehmern handelte es sich um Mitarbeiter der Energie Thun AG, die sich freiwillig auf eine firmeninterne Ausschreibung für das Projekt meldeten. Alle Teilnehmer erhielten einen Tablet-Computer, mit dem sowohl der aktuelle als auch der historische Energieverbrauch betrachtet werden konnte (Bild 1).

Live-Display mit Sekundendaten

Für die Anzeige der Stromverbrauchsdaten in den Haushalten wurde eine Android-App entwickelt, welche den aktuellen Stromverbrauch sekündlich auflösen kann. Auf dem Begrüssungsbildschirm wird ein sich sekündlich aktualisierendes Schaubild mit den Verbrauchswerten der letzten Minute angezeigt. Dadurch können die Kunden direkt nach dem Einschalten eines Gerätes mit der App ablesen, wie viel Energie dieses verbraucht. Zudem bekommen sie einen Überblick über den Gesamtstromverbrauch während Hoch- und Niedertarifzeiten sowie eine Aufschlüsselung des Verbrauchs nach Wochentagen. Letzterer wurde von den Anwendern als besonders motivierend empfunden. Ein Versuchsteilnehmer sagte: «Manchmal schaltete ich meinen Fernseher am Abend aus, um den Stromverbrauch vom Vortag nicht zu überschreiten».

Über ein Auswahlmenü ist es möglich, den historischen Stromverbrauch mit stufenlosem Zoom über den gesamten Versuchszeitraum anzuzeigen. Zudem gibt es einen Überblick des aktuellen Stromverbrauchs aller mit intelligenten Steckdosen ausgerüsteten Geräte.

Berechnung des Standby-Verbrauchs

Der Standby-Verbrauch ist der Verbrauch, welcher erzielt wird, wenn keine aktiv genutzten Geräte Strom verbrauchen. Der Stromverbrauch setzt sich also aus Geräten zusammen, deren Betrieb dem Teilnehmer zu diesem Zeitpunkt keinen Vorteil bringt. Dieser Verbrauch ist häufig nachts oder bei Abwesenheit aller Bewohner zu beobachten. Der Standby-Verbrauch beinhaltet somit den Strom, den elektrische Geräte wie Fernseher und Computer im Ruhezustand verbrauchen, aber nicht den Stromverbrauch des elektrischen Boilers, der Kühltruhe oder des Kühlschranks, da deren Betrieb dem Kunden auch zu Nacht- und Abwesenheitszeiten einen Nutzen stiftet.

Bei der Auswertung der elektrischen Lastkurven aller sechs Haushalte hat sich herausgestellt, dass der Standby-Verbrauch über den Tag hinweg nahezu konstant bleibt. Dies ermöglicht es, den Standby-Verbrauch abzuschätzen, indem man den Verbrauch an Zeitpunkten, an denen kein Kühlgerät aktiv kühlt, betrachtet. Der Standby-Verbrauch eines Tages, zwischen 1 und 5 Uhr nachts, wird nach dieser Methode aus dem Minimum des Stromverbrauchs in diesem Zeitintervall berechnet. Wir nennen diesen Algorithmus die Minimum-Methode. Den durchschnittlichen nächtlichen Standby-Verbrauch eines Monats erhält man durch Mittelung aller Tageswerte.

Im Rahmen der Datenanalyse wurde der geschätzte durchschnittliche Standby-Verbrauch nach drei unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen verglichen:

- Tagsüber (9–18 Uhr) vs. nachts (1–5 Uhr).
- Sommer (Juli) vs. Winter (Dezember).
- 1-Sek-Daten vs. 15-Min-Daten.

Da der Standby-Verbrauch aktiv genutzte Geräte ausschliesst, funktioniert die Erkennung in der Nacht (zwischen 1 und 5 Uhr) am besten, da dort die Störung durch aktive Nutzung am geringsten ist.

Der Tagesverbrauch sollte immer gesondert betrachtet werden, da während der Tagesstunden andere Verbrauchsmuster zu erwarten sind. In einem der Haushalte war während der Sommermonate beispielsweise ein 500-W-Verbrau-

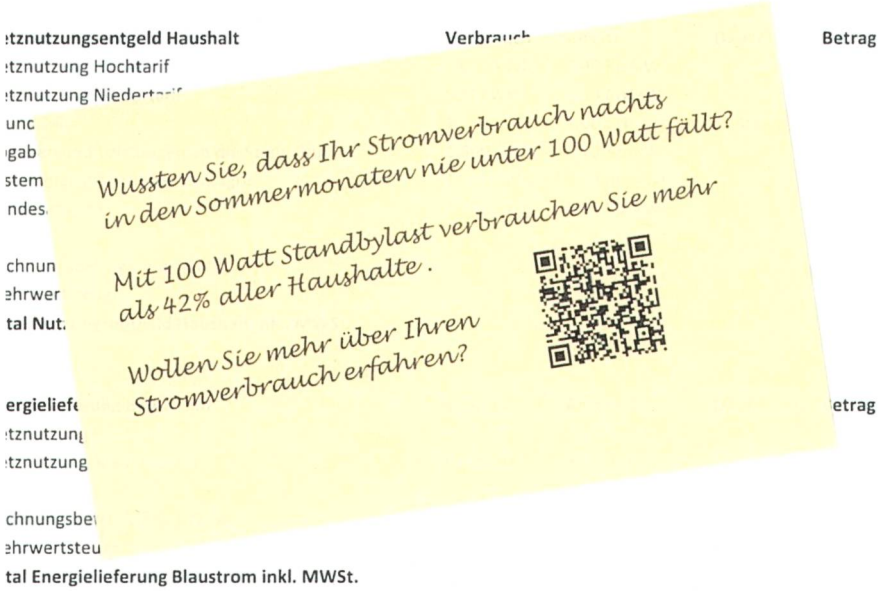

Bild 2 Rechnungsbeilage mit nützlichen Verbrauchsinformationen

TECHNOLOGIE **SMART METERING**

Bilder: ETH Zürich

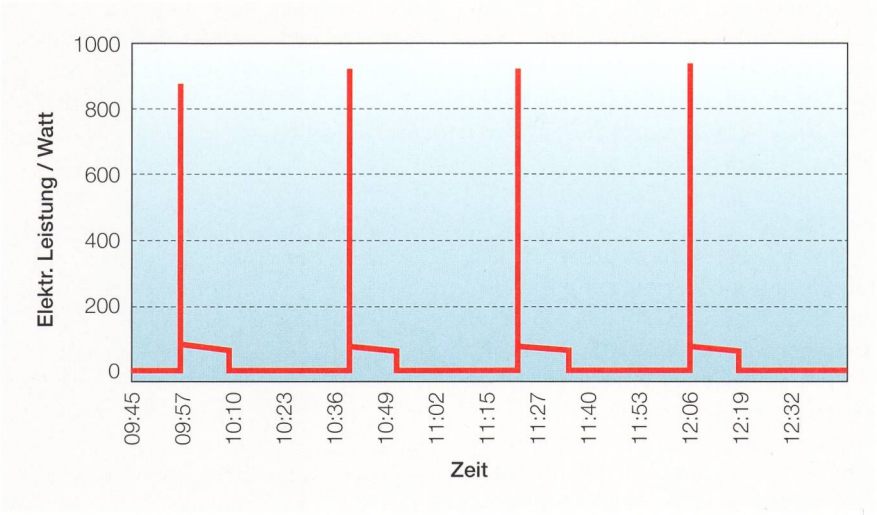

Bild 3 Kühlschrank (Haushalt 2).

cher über eine Zeitschaltuhr angeschlossen, weshalb die Berechnung des Standby-Verbrauchs (nach der oben beschriebenen Minimummethode) tagsüber einen wesentlich höheren Wert ergab als in der Nacht.

Zudem muss bei der Darstellung des Standby-Verbrauchs auf saisonale Unterschiede eingegangen werden. Der Standby-Verbrauch liegt im Juli bei fünf der sechs Haushalte unterhalb des durchschnittlichen Standby-Verbrauchs im Dezember. Eine entsprechende Rechnungsbeilage oder App, die Kunden über ihren Standby-Verbrauch aufklärt, sollte also daher immer beinhalten, ob es sich bei der Berechnung um einen Sommer- oder Wintermonat handelte.

In Bezug auf die erforderliche Datengranularität stellten wir fest, dass bei einer Messung im 15-Minuten-Takt (15-Minuten-Daten) der geschätzte Standby-Verbrauch 6 %–42 % höher ausfällt als bei den sekündlichen Daten. Dies liegt daran, dass die Methode, den Standby-Verbrauch über den minimalen Stromverbrauch zu ermitteln, im Fall von 15-Minuten-Daten Teile der zyklischen Kühlgeräte mit als Standby-Verbrauch erfasst.

Bei der Erstellung eines personalisierten Feedbacks für die Haushalte anhand der Stromverbrauchsdaten – beispielsweise durch einen personalisierten Energiespartipp auf der Rechnung (Bild 2) – sollten daher die Besonderheiten der Messmethode berücksichtigt werden. So könnte ein Versorger auf einer Rechnungsbeilage seinen Kunden folgende Zusatzinformation geben: «Wussten Sie, dass Ihr Stromverbrauch nachts in den Sommermonaten nie unter 100 Watt fällt?»

Berechnung des Kühlgeräte-Verbrauchs

Typischerweise setzt sich der nächtliche Stromverbrauch aus dem Standby-Verbrauch, dem Stromverbrauch der Kühlgeräte (Bild 3) sowie, falls vorhanden, dem Verbrauch eines elektrischen Boilers zusammen. Somit kann im einfachsten Fall, in Haushalten in denen nachts kein Boiler läuft, der Verbrauch der Kühlgeräte durch Subtraktion des Standby-Verbrauchs vom nächtlichen Durchschnittsverbrauch (zwischen 1 Uhr und 5 Uhr) bestimmt werden.

Falls ein Boiler vorhanden ist, muss dessen Verbrauch herausgefiltert werden. Da der Stromverbrauch von elektrischen Boilern vergleichsmässig hoch ist, war das Filtern in den Versuchshaushalten möglich, indem alle Werte über 2 kW bei der Berechnung des Kühlgeräteverbrauchs ignoriert wurden.

Zudem muss das Verfahren zur Berechnung des Kühlgeräteverbrauchs diejenigen Nächte aus der Berechnung ausschliessen, in denen ausser dem Stromverbrauch des Boilers und der Kühlgeräte sowie dem Standby-Verbrauch noch Strom von anderen Geräten verbraucht wird. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn die Bewohner während der Nachtstunden aktiv sind. Da dies in der Regel nur selten der Fall ist, war es für unsere Analyse ausreichend, die Berechnung des Kühlgeräteverbrauchs pro Monat auf ein Drittel der Tage zu beschränken – und zwar auf diejenigen Tage mit dem geringsten Durchschnittsverbrauch zwischen 1 und 5 Uhr – um daraus eine Hochrechnung auf den Gesamtverbrauch zu erstellen.

Diese Einschränkung auf ca. zehn Tage pro Monat ist im Fall der Kühlgeräte gut möglich, da deren Verbrauch über die Zeit nur geringfügig schwankt. Um die Güte des oben beschriebenen Verfahrens zu evaluieren, vergleichen wir im Folgenden die geschätzten Verbrauchsdaten mit den durch die intelligenten Steckdosen gesammelten Referenzwerten.

Tabellen 1 und 2 zeigen den algorithmisch geschätzten Kühlgeräteverbrauch, den wirklichen Kühlgeräteverbrauch (gemessen mit intelligenten Steckdosen) sowie den absoluten und relativen Fehler der Schätzung. Sie zeigen, dass das Verfahren zur Abschätzung des Kühlgeräteverbrauchs durchgängig für alle Haushalte sowohl im Sommer als auch im Winter gute Ergebnisse liefert.

Der durchschnittliche Kühlgeräteverbrauch von Haushalt 1 wird bis auf 5 W genau geschätzt, bei Haushalt 2 liegt das Verfahren nur 2–3 W neben dem Referenzwert. Haushalt 3 konnte aufgrund fehlender Sommerdaten nur im Winter geschätzt werden, hier lag die Abweichung bei nur 0,3 %. Bei Haushalt 4 verschätzte sich das Verfahren um bis zu 80 W, was daran lag, dass die Verbrauchskurve der Gefriertruhe untypisch ist. Diese hat eine Grundlast von 80 W, welche von der eines Standby-Verbrauchers nicht zu unterscheiden ist. Im Gegensatz dazu war bei allen anderen beobachteten

Haushalt	Schätzung	Gemessen	Fehler	% Abw.
1	31,3 W	36,9 W	5,6 W	15 %
2	45,8 W	48,5 W	2,7 W	6 %
3	22,6 W	22,3 W	0,3 W	1 %
4	135 W	177,9 W	42,9 W	24 %
6	10,8 W	9,5 W	1,3 W	14 %

Tabelle 1 Kühlgeräteverbrauch Winter (Dezember 2012).

Haushalt	Schätzung	Gemessen	Fehler	% Abw.
1	36,6 W	41,8 W	5,2 W	12 %
2	53,3 W	55,2 W	1,9 W	3 %
3	21,7 W	–	–	–
4	149 W	231 W	82 W	35 %
6	12,4 W	11,4 W	1 W	9 %

Tabelle 2 Kühlgeräteverbrauch Sommer (August 2012).

TECHNOLOGIE **SMART METERING**

Kühltruhen ausserhalb der Kühlzyklen kein bzw. ein sehr niedriger Stromverbrauch zu beobachten.

In Haushalt 5 wurden nicht alle Kühlgeräte mit Hilfe von intelligenten Steckdosen gemessen. Es konnte deshalb keine Aussage über die Genauigkeit des Algorithmus gemacht werden. Haushalt 6 hat wiederum eine sehr geringe Abweichung von ca. 1 W.

Machbarkeit und benötigte Infrastruktur

Beratungsdienstleistungen wie zum Beispiel die Aufklärung der Kunden über ihren Standby- oder Kühlgeräteverbrauch können schon heute mit aktuell verfügbaren Technologien realisiert werden. Allerdings hängt die genaue Ausprägung der Dienste von der vorhandenen Infrastruktur ab. So lassen sich sowohl Standby- und Kühlgeräteverbrauch am besten mit sekündlichen Verbrauchsdaten berechnen. Im Fall von Viertelstundendaten sollte sich ein Dienstleister auf die Grundlast (Summe des Standby- und Kühlgeräteverbrauchs) beschränken, da sich der Standby-Verbrauch mit dieser zeitlichen Auflösung nicht hinreichend genau bestimmen liess.

Wir stellen fest, dass es aufgrund des hohen Datenaufkommens bisher noch keine kostengünstige und wirtschaftlich sinnvolle Möglichkeit gibt, Sekundendaten dauerhaft zum Energieversorger zu übertragen und zu speichern. Eine Hybridlösung mit einem «Turbo-Modus» zur Echtzeitanzeige ist hingegen möglich. Solch ein «Turbo-Modus» kann auf Wunsch des Kunden (z.B. durch eine App) die Datenrate kurzzeitig erhöhen, um eine Echtzeitvisualisierung des Stromverbrauchs zu ermöglichen.

In allen Fällen sollten – aufgrund der langen Lebenszeit eines Smart Meters – die Geräte so gewählt werden, dass zukünftig in diesem sich schnell entwickelnden Umfeld Sekundendaten übertragen werden können, um Dienstleistungen, wie sie in diesem Projekt evaluiert wurden, zu ermöglichen.

Die in diesem Projekt untersuchten Dienstleistungen können jedoch auch innerhalb der Haushalte realisiert werden, ohne dass Daten mit dem Energieversorger geteilt werden. Aktuell erhältliche Smart Meter sind hierfür allerdings nicht vorbereitet, da es nicht möglich ist, zusätzliche Applikationen auf dem Smart Meter zu installieren.

Fazit

Das Projekt «Innovative Dienstleistungen mit intelligenten Stromzählern» hatte das Ziel, den Nutzen von Smart Metern mit zeitlich hoher Auflösung der gewonnenen Daten anhand einer konkreten Anwendung zu untersuchen und diesen mit dem Nutzen von Smart Metern mit viertelstündlicher Auflösung zu vergleichen.

Das Projektteam untersuchte drei Dienstleistungen. Für die Erstellung einfacher Verbrauchsstatistiken genügen Viertelstundendaten. Eine Echtzeitvisualisierung des Stromverbrauchs erfordert hingegen Sekundendaten, da sich Kunden insbesondere für das direkte Feedback nach Einschalten eines Geräts interessieren – wohlgemerkt mit handelsüblichen Zählern. Eine grobe Abschätzung des Standby-Verbrauchs ist mit Viertelstundendaten prinzipiell möglich – durch Sekundendaten wird die Abschätzung genauer, und zusätzlich ist ein Rückschluss über den Verbrauch der Kühlgeräte möglich.

Bei der Anschaffung einer Smart-Metering-Infrastruktur sollte deswegen ein besonderes Augenmerk auf die Möglichkeit eines «Turbo-Modus» gelegt werden oder zumindest die Smart Meter so gewählt werden, dass zukünftig auch Sekundendaten für spezifische Kundendienste ausgelesen werden können.

Referenzen

[1] Bundesamt für Statistik, IKT-Ausstattung der Haushalte, www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/16/04/key/approche_globale.indicator.30103.301.html?open=308.

[2] The Commission for Energy Regulation, «Electricity Smart Metering Customer Behaviour», Dublin, 2011.

[3] K. Carrie Armel, A. Gupta, G. Shrimali und A. Albert, «Is disaggregation the holy grail of energy efficiency? The case of electricity», Energy Policy, Bd. 52, p. 213–234, 2013.

[4] Landis+Gyr, «Landis+Gyr E750» www.landisgyr.de/product/landisgyr-e750/.

Autoren

Wilhelm Kleiminger doktoriert an der ETH Zürich im Bereich der Energieverbrauchsoptimierung mittels Mobiltelefonsensoren und intelligenten Stromzählern.
ETH, 8092 Zürich, kleiminger@inf.ethz.ch

Christian Beckel doktoriert an der ETH Zürich und entwickelt Methoden zur automatischen Analyse von Smart-Meter-Daten.
ETH, 8092 Zürich, beckel@inf.ethz.ch

Silvia Santini ist Professorin am Wireless Sensor Networks Lab der TU Darmstadt.
TU Darmstadt, DE-64283 Darmstadt santinis@wsn.tu-darmstadt.de

Christoph Woodtli ist Innovations-/Projektmanager bei Energie Thun.
Energie Thun AG, 3607 Thun , cw@energiethun.ch

Martin Bühler ist Leiter IK Elektrizität bei Energie Thun.
Energie Thun AG, 3607 Thun, mb@energiethun.ch

Thorsten Staake ist Professor für Wirtschaftsinformatik, insbesondere für energieeffiziente Systeme, an der Universität Bamberg.
Otto-Friedrich-Universität Bamberg, DE-96045 Bamberg thorsten.staake@uni-bamberg.de

Résumé

Services innovants avec des compteurs intelligents

Consommation en mode veille et d'appareils frigorifiques à partir de données provenant de compteurs intelligents

Les compteurs numériques aptes à la communication, dits « smart meters », offrent bien plus qu'une facturation confortable. En collaboration avec l'ETH Zurich, la société Energie Thun AG a examiné quels nouveaux services pourront être fournis grâce à l'utilisation de smart meters à haute résolution. Dans le cadre d'un projet de recherche, il a été possible, grâce à des algorithmes appropriés de reconnaissance de formes, de déduire à partir de la courbe de charge la consommation en mode veille ainsi que celle d'appareils frigorifiques. Les informations obtenues peuvent soutenir le fournisseur dans son conseil en énergie et servir de base pour créer automatiquement des astuces individualisées pour économiser l'énergie. Il est ainsi prévu de traiter les futures données des smart meters de manière motivante en tant que guide pour accroître la performance de l'infrastructure. No

Anzeige

Die Beiträge dieser Ausgabe finden Sie auch unter www.bulletin-online.ch