

# Was «energiebewusste» Geräte leisten können

Jedes Auto verfügt über eine Geschwindigkeitsanzeige. Mit derselben Selbstverständlichkeit könnte jedes Elektrogerät seinen aktuellen Stromverbrauch anzeigen. Dieser Grundgedanke steckt hinter einem aktuellen Forschungsprojekt des iHomeLab an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur. Die Wissenschaftler haben verschiedene technische Lösungen für Verbrauchsanzeigen in Echtzeit untersucht – und mögliche Einsatzgebiete evaluiert. «Energiebewusste» Geräte könnten demnach helfen, den Selbstversorgungsgrad in Quartieren mit dezentral produziertem Strom zu erhöhen und die Bereitstellung von Regelenergie mit Haushaltsgeräten begünstigen.

Seit geraumer Zeit untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, in welchem Mass Menschen Energie sparen, wenn sie dank Echtzeit-Feedback über ihren aktuellen Energieverbrauch Bescheid wissen. Ein möglicher Ansatzpunkt sind technische Lösungen, die dem Bewohner die Verbrauchsdaten des Stromzählers anschaulich vor Augen führen. Forscher des iHomeLab an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur (HSLU) haben schon vor einigen Jahren eine Analysesoftware (NIALM) entwickelt, die in der Lage ist, aus dem Gesamtstromverbrauch (Lastkurve eines Haushalts) zu bestimmen, welche Elektrogeräte im Haushalt aktuell eingeschaltet sind und wie viel Strom sie verbrauchen (vgl. dazu den BFE-Fachartikel «Ein Messsystem, das [fast] alle elektrischen Geräte erkennt», abrufbar unter: [www.bfe.admin.ch/CT/strom](http://www.bfe.admin.ch/CT/strom)).

Die NIALM-Technologie kommt heute in kommerziellen Produkten wie beispielsweise Smappée zum Einsatz. Andreas Rumsch, ein an der ETH Zürich ausgebildeter Elektroingenieur, der heute am iHomeLab zu Gebäudeintelligenz forscht, beurteilt die verfügbaren Lösungen zwiespältig: «NIALM funktioniert zwar grundsätzlich gut und trotzdem arbeitet das Analyseverfahren nicht immer zufriedenstellend.» Zum einen würden angeschlossene Elektrogeräte nicht immer zuverlässig erkannt, der Heizstab eines Boilers zum Beispiel fälschlicherweise als Mikrowellengerät ausgewiesen. Zudem werde der Verbrauch nicht immer mit der angestrebten Genauigkeit von 10 Prozent bestimmt. Bei Geräten mit variabelm Verbrauch – etwa einer mit unterschiedlicher Drehzahl betriebenen Bohrmaschine – seien die Analyse-Tools mitunter überfordert.

## Verbrauch direkt beim Elektrogerät messen

Vor diesem Hintergrund hat sich ein Forscherteam um Andreas Rumsch daran gemacht, alternative Verfahren zur Erhebung des Echtzeitverbrauchs zu prüfen. In ihrem jüngsten Forschungsprojekt greifen sie auf die eigentlich naheliegende Idee zurück: den Verbrauch der Elektrogeräte nicht aus der Gesamtlastkurve abzuleiten, sondern ihn direkt bei jedem einzel-



Für die Beschaffung der Regelenergie ist die nationale Netzgesellschaft Swissgrid zuständig. Im Bild: Swissgrid-Kontrollraum.

nen Gerät zu bestimmen. Das gelingt zum Beispiel, indem man eine LED-Lampe oder einen Wasserkocher mit einem Messchip ausrüstet, der den Verbrauch bestimmt. Solche Messchips sind heute für wenige Franken auf dem Markt verfügbar. In vielen Fällen ist der Einbau eines

Messchips nicht einmal erforderlich: Komplexere Elektrogeräte wie Geschirrspüler oder Waschmaschinen sind heute mit Mikroprozessoren ausgestattet. Diese sind in der Regel mit wenig Zusatzaufwand in der Lage, den Verbrauch eines Geräts zu bestimmen. So «weiss»

## Beitrag zum internationalen Expertenaustausch

Von 2014 bis 2016 hatten Wissenschaftler der Hochschule Luzern – Technik & Architektur die Energieeffizienz des Internet of Things (IoT) untersucht (vgl. dazu den BFE-Fachartikel «Vernetzung gelingt auch mit low power», abrufbar unter: [www.bfe.admin.ch/CT/strom](http://www.bfe.admin.ch/CT/strom)). Als Folgeprojekt führten die Forscher nun die im Haupttext dargestellte Untersuchung über das Potenzial von Energy-Aware-Geräten durch. Beide Studien entstanden im Rahmen des internationalen Technology Collaboration Programs «Energie Efficient End-Use Equipment» (kurz TCP 4E) der Internationalen Energieagentur (IEA). Dabei handelt es sich um eines von 39 Programmen, in denen sich jeweils eine international besetzte Expertengruppe zu einem bestimmten Energiethema austauscht und Forschungsprojekte initiiert. Im 4E-Programm tauschen Fachleute aus zwölf Ländern einschliesslich der Schweiz Informationen und Erfahrungen aus und entwickeln Vorschläge für einen effizienten Umgang mit Energie. Das 4E-Programm hat drei Unterprogramme (sogenannte «Annexes»). Eines davon ist der Electronic Devices and Network Annex (EDNA), in dessen Rahmen die beiden oben erwähnten Untersuchungen entstanden sind. Die Studienergebnisse werden jeweils im «Executive Committee» des 4E-Programms diskutiert. Sie dienen den politischen Instanzen in der Schweiz und den anderen beteiligten Staaten als Anregung für regulatorische oder anderweitige umsetzungswirksame Schritte.



Der Nutzer eines Wäschetrockners mit Energy Awareness kann am Gerät die Zeit einstellen, bis wann die Wäsche spätestens fertig sein muss. Innerhalb der definierten Zeitspanne kann die Betriebszeit des Wäschetrockners dann gemäss den Anforderungen des Mikrogrids bzw. des Regelenergie-Anbieters beliebig gewählt werden.

die elektronische Steuerung eines Geschirrspülers in jedem Moment, ob aktuell gerade aufgeheizt, gepumpt, gewaschen oder getrocknet wird und kann den aktuellen Energieverbrauch mit Rückgriff auf die Verbrauchsangaben des Herstellers jederzeit ausweisen.

Sei es durch Messchips oder durch gezieltes Auslesen der Steuerungselektronik: Elektrische Geräte können in den Zustand versetzt werden, über ihren aktuellen, teilweise aber auch über ihren für die nächsten Minuten, Stunden oder sogar Tage absehbaren Verbrauch Bescheid zu «wissen». Fachleute sprechen in dem Zusammenhang von «energy awareness» und bezeichnen entsprechend ausgerüstete Geräte als Energy-Aware-Geräte. Idealerweise sind diese «energiebewussten» Geräte auch in der Lage, den aktuellen Verbrauch über einen geeigneten Kommunikationskanal (z. B. das Internet) an Bewohner, Elektrizitätswerk oder andere Empfänger zu übermitteln. Die erforderlichen Schnittstellen sind z. B. in Fernsehgeräten heute schon vorhanden, und immer mehr Elektrogeräte werden standardmässig damit ausgerüstet.

Anzeige



Jetzt Offerte  
bestellen unter  
0848 820 820

### Kaum Zusatznutzen beim Energiesparen im Haushalt

«Vernetzte Geräte werden immer mehr Realität, daher haben wir in unserer Studie das Anwendungspotenzial der Energy-Aware-Technologie untersucht», formuliert Rumsch das Ziel der jüngsten Arbeit. Die Wissenschaftler haben drei mögliche Anwendungsfälle untersucht: Energiesparen, Mikrogrids und Regelenergie. Um es vorwegzunehmen: Beim Energiesparen gelangen die Wissenschaftler zu einer skeptischen Einschätzung. Zwar treffe es zu, sagen die beteiligten Forscher, dass Echtzeit-Feedback generell Einsparungen von bis zu acht Prozent ermöglicht und sie beziffern das Einsparpotenzial der drei untersuchten Kategorien von Haushaltsgeräten (TV, Lampen, Weisswaren) auf sechs Prozent.

Die Wissenschaftler glauben indes nicht, dass dieses Potenzial mit Energy-Aware-Geräten besser ausgenutzt wird, wie Andreas Rumsch ausführt: «Wenn ich fernsehen will, tue ich das unabhängig von einem Verbrauchsfeedback, und bei den Weisswaren ist der Nutzen von Energy-Aware-Geräten sehr beschränkt, weil hier andere Kriterien wie Liegezeiten von Geschirr oder zugeteiltem Waschtage eine wichtigere Rolle spielen als der Energieverbrauch.» Der energiebewusste Nutzer werde eher beim Kauf auf die Wahl eines energieeffizienten Geräts achten.

### Anwendung bei Mikrogrids und Netzstabilisierung

Ein potenzielles Anwendungsgebiet von Energy-Aware-Geräten sehen die iHomeLab-Forscher bei Wohn- und Gewerbequartieren, die über dezentrale Stromproduktions- und Speicheranlagen verfügen («Mikrogrids»). Hier können diese Geräte die Datenbasis für ein Energiemanagementsystem bereitstellen, das einen hohen Eigenversorgungsgrad anstrebt. Dank der Verbrauchsdaten werden die Elektrogeräte dann nach Möglichkeit zu den Zeiten betrieben, wenn dezentral Strom produziert wird (z. B. Photovoltaik-Strom). Geeignet dafür sind Boiler oder Weisswaren wie Geschirrspüler und Waschmaschinen, die alle über einen zeitlichen Spielraum verfügen, wann sie laufen sollen. «Energy-Aware-Geräte bieten hier einen Vorteil gegenüber NIALM-Technologien, weil sie auch Daten über den künftigen Energieverbrauch bereitstellen», sagt Rumsch. Nach seiner Schätzung liesse sich insgesamt rund die Hälfte des Haushaltsstroms für die Optimierung des Eigenverbrauchs nutzen.

### Ein zweites Anwendungsgebiet

Ein zweites Anwendungsgebiet orten die Luzerner Wissenschaftler bei der Bereitstellung von Regelenergie aus Haushaltsgeräten. Regelenergie – also Strom zur Stabilisierung des Elektrizitätsnetzes – erzeugt

## Weniger Sorgen für Selbstständige.

Die Unternehmensversicherung der Suva bietet Selbstständig-erwerbenden einzigartigen finanziellen Schutz bei Unfällen in Beruf und Freizeit sowie bei Berufskrankheiten. Übrigens: Auch mitarbeitende Familienmitglieder, die keinen AHV-pflichtigen Lohn beziehen, können sich versichern lassen. Weitere Informationen erhalten Sie unter [www.suva.ch/unternehmensversicherung](http://www.suva.ch/unternehmensversicherung).

**suva**

z. B. heute schon die Swisscom-Tochter tiko, indem sie den Betriebszeitpunkt z. B. von Wärmepumpen entsprechend steuert. Nach Ansicht der iHomeLab-Forscher könnten künftig vermehrt auch Boiler, Geschirrspüler, Waschmaschinen, Wäschetrockner oder Ladestationen von Elektromobilen zur Bereitstellung von Regelenergie herangezogen werden, indem deren Lastverschiebungspotenzial genutzt wird (im Prinzip so wie oben für die Mikrogrids dargestellt). «Ein Regelenergie-System, das auf Energy-Aware-Geräten beruht, hat den Vorteil, dass es den künftigen Energieverbrauch der einzelnen Verbraucher kennt», unterstreicht Andreas Rumsch.

### Steuerungen entwickeln

Rumsch und sein Forscherteam sehen sich durch die Ergebnisse der aktuellen Studie ermutigt, an der Fortentwicklung von Energy-Aware-Technologien weiterzuforschen. Für jeden Anwendungsfall sind in einem nächsten Schritt Steuerungsalgorithmen und Kommunikationsprotokolle zu entwickeln. Wichtig sind zudem prospektive Steuerungen, etwa unter Einbezug von Wetterdaten. Kurzfristig sei das Potenzial von Energy-Aware-Geräten am ehesten in Mikrogrids zu realisieren, vermutet iHomeLab-Forscher Rumsch: «Wenn ein Bauherr eine Überbauung mit Mietwohnungen einrichtet, dann kann er darüber bestimmen, welche Elektrogeräte er einbaut und kann damit die Grundlage für ein Energiemanagementsystem legen, das dank Energy Awareness besonders effizient arbeitet.» ●

Dr. Benedikt Vogel

im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Den Schlussbericht zum Projekt finden Sie unter:

[www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=40188](http://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=40188)

- ▶ Weitere Auskünfte zu dem Projekt erteilt Roland Brüniger, Leiter des BFE-Forschungsprogramms Elektrizitätstechnologien: [roland.brueeniger@brueniger.swiss](mailto:roland.brueeniger@brueniger.swiss)
- ▶ Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Elektrizität: [www.bfe.admin.ch/CT/strom](http://www.bfe.admin.ch/CT/strom)

| Energiesparen |                                 | iHomeLab HOCHSCHULE LUZERN |      |         |
|---------------|---------------------------------|----------------------------|------|---------|
| Kosten        | Zusätzl. Komm-Einheit nötig?    | nein                       | ja   | ja      |
|               | Zusätzl. Mess-Hardware nötig?   | ja                         | ev.  | nein    |
|               | Zusatzkosten                    | tragbar                    | hoch | tragbar |
| Nutzen        | Potenzial Einsparungen pro Jahr | 1%                         | 1%   | 4%      |
|               | Ändern Nutzer ihr Verhalten?    | nein                       | ja   | ?       |
|               | Nutzen von Energy Awareness     | 0                          | tief | tief    |

Damit Elektrogeräte «energiebewusst» werden, brauchen sie eine Mess-Hardware (Messchip, Auslese-elektronik) und eine Kommunikationseinheit, die die Messdaten z. B. per Internet übermittelt. Im Bereich des Energiesparens bringen «energiebewusste» Geräte nach Einschätzung der iHomeLab-Forscher keinen (Fernseher) oder zumindest nur einen geringen (Lampen, Weisswaren) zusätzlichen Nutzen. Gleichwohl bleibt festzustellen: Würde das Sparpotenzial aufgrund von Echtzeit-Feedback voll ausgeschöpft, könnte über die drei Gerätekategorien (TV, Lampen, Weisswaren) hinweg etwa. sechs Prozent eingespart werden.

| Mikrogrids |                               | iHomeLab HOCHSCHULE LUZERN |         |         |
|------------|-------------------------------|----------------------------|---------|---------|
| Kosten     | Zusätzl. Komm-Einheit nötig?  | ja                         | ja      | ja      |
|            | Zusätzl. Mess-Hardware nötig? | nein                       | nein    | nein    |
|            | Zusatzkosten                  | tragbar                    | tragbar | tragbar |
| Nutzen     | Lastverschiebungs-Potenzial   | 46%                        | 11%     | 3%      |
|            | Zeitlicher Spielraum          | Tag                        | Stunden | Stunden |
|            | Akzeptanz durch Nutzer        | ja                         | ?       | nein    |
|            | Nutzen von Energy Awareness   | gut                        | mittel  | keiner  |

Innerhalb von Mikrogrids können «energiebewusste» Boiler, aber auch Weisswaren wie Geschirrspüler und Waschmaschinen mittels Lastverschiebung genutzt werden, den Eigenverbrauch an dezentral produziertem Strom zu erhöhen. Bei Kühlschränken entfaltet Energy Awareness hingegen kaum Nutzen, da die Nutzer Qualitätseinbussen an den Lebensmitteln befürchten, wenn ihr Kühlschrank nicht gewohnheitsmässig gekühlt wird.

| Regelenergie |                               | iHomeLab HOCHSCHULE LUZERN |         |         |
|--------------|-------------------------------|----------------------------|---------|---------|
| Kosten       | Zusätzl. Komm-Einheit nötig?  | ja                         | Evtl.   | ja      |
|              | Zusätzl. Mess-Hardware nötig? | nein                       | nein    | nein    |
|              | Zusatzkosten                  | tragbar                    | tragbar | tragbar |
| Nutzen       | Regelenergie-Potenzial        | 210                        | 3.3     | 75      |
|              | Zeitlicher Spielraum          | Tag                        | < Tag   | Stunden |
|              | Akzeptanz durch Nutzer        | ja                         | ?       | nein    |
|              | Nutzen von Energy Awareness   | gut                        | mittel  | keiner  |

Nach Einschätzung der Luzerner Wissenschaftler könnten Elektroboiler und Ladestationen von E-Mobilen dank Energy Awareness für die Bereitstellung von Regelenergie genutzt werden. Der Beitrag von E-Mobilen ist zurzeit noch gering, dürfte in Zukunft aber stark ansteigen. Nicht geeignet sind dagegen Kühlschränke, da die Nutzer Abweichungen bei der Kühlleistung nicht akzeptieren würden.