

Smart Grid-Legenden

Dirk Fox, Klaus J. Müller

Der zunehmende Anteil stark volatiler regenerativer Energiequellen im deutschen Strom-Mix, dessen Verfügbarkeit nur eingeschränkt zu prognostizieren und lediglich kurzfristig planbar ist, hat den Wunsch nach einer Steuerung des Verbrauchsverhaltens geweckt. Eine Smart Meter-Infrastruktur als Kernelement eines „intelligenten“ Energieinformationsnetzes soll dies durch die Übermittlung von Verbrauchsdaten in relativ kurzen Zeitintervallen ermöglichen. Der Beitrag zeigt auf, dass die für den Zweck einer Verbrauchssteuerung geforderte Verbrauchsdatenübermittlung – anders als vielfach postuliert – weder geeignet noch erforderlich ist, und nimmt eine Abschätzung des tatsächlichen Nutzens einer Verbrauchssteuerung vor.

Hintergrund

Elektrischer Strom hat sich in den vergangenen 150 Jahren zu einer überlebenswichtigen Ressource moderner Gesellschaften entwickelt. Daher sind besondere Anforderungen an eine Infrastruktur zu dessen überwiegend zentraler Erzeugung und zuverlässigen Verteilung zu stellen. Das gilt insbesondere deshalb, weil Strom – im Unterschied z. B. zu Wasser – bis heute zu vertretbaren Kosten nur in begrenztem Umfang gespeichert werden kann. Daher müssen die Einspeisung ins Stromnetz und der aktuelle Verbrauch einander jederzeit entsprechen. Der Stromverbrauch unterliegt dabei starken Schwankungen; Höchst- und Tiefstlast können im Tagesverlauf um mehr als 30 % differieren.¹

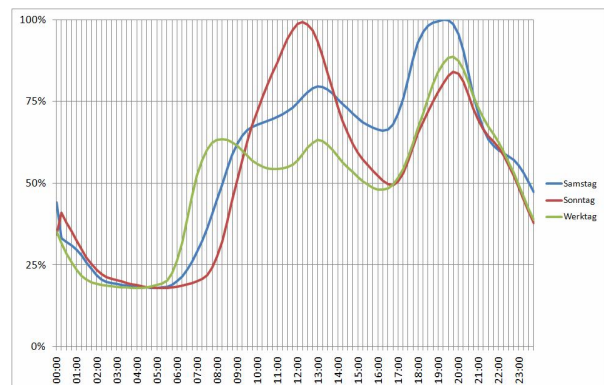


Abb. 1: Standard-Lastkurven Privathaushalte, „Wintertag“ (Quelle: VDEW)

In der Praxis erfolgt die Steuerung des Stromnetzes bis heute weit überwiegend durch eine Steuerung der Einspeisung. Diese wird an die vor allem durch Tages- und Jahreszeit bedingten Verbrauchsschwankungen angepasst, indem bei Bedarf Spitzenlast-Kraftwerke zu der Grundlast-Leistung und den aktuellen Mittellast-Kraftwerken hinzugeschaltet werden. Grund- (bisher vor allem Kern- und Braunkohlekraftwerke) und Mittellast-Kraftwerke (vor allem Steinkohlekraftwerke) haben zum Teil sehr lange Anlaufzeiten, daher erfolgt die Einsatzplanung der Grund- und Mittellastkraftwerke sehr langfristig und orientiert sich

¹ Winter-Höchstlast am 13.12.2007: 78.500 MW; Quelle: BDEW, URL: <http://www.bdew.de>. Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.: Demand Response in der Industrie. Dezember 2010, S. 24.

an Standard-Lastkurven, mit denen die Nachfrage von Industrie und Privathaushalten in Abhängigkeit von Wochentag, Jahres- und Tageszeit prognostiziert wird (siehe Abb. 1).

Mit der Zuschaltung von Spitzenlastkraftwerken wird sehr kurzfristig auf Lastspitzen reagiert. Dabei spielen vor allem Pumpspeicherkraftwerke eine zentrale Rolle, da diese innerhalb weniger Sekunden vom Speicher- in den Generatorbetrieb umgeschaltet werden können. Nach einigen Minuten können Gasturbinenkraftwerke die Leistung übernehmen. In Deutschland stehen Pumpspeicherkraftwerke mit einer installierten Leistung von 7.000 MW zur Verfügung; das entspricht knapp 9 % des Spitzenbedarfs und etwa 4,8 % der „Netto-Engpassleistung“ von ca. 145.000 MW aller Stromkraftwerke in Deutschland.

Schon heute stammen ca. 32 % dieser Leistung, etwa 45.000 MW, aus Wind- und Solarenergie², deren Erzeugung im Tagesverlauf stark schwankt. Ein Blick auf die Transparenz-Plattform der EEX³ zeigt die Stärke der Schwankungen tagesaktuell: Bei starkem Wind und blauem Himmel stammen schon heute in den Sommermonaten bis zu 30.000 MW (fast 50 % des jahreszeitlichen Leistungsbedarfs) aus Windrädern und Photovoltaikanlagen (Abb. 2) – die aber innerhalb weniger Stunden auf unter 1.000 MW fallen können.

Ein großer Teil der Stromeinspeisung lässt sich somit schon heute nicht mehr steuern. Diese Situ-

ation wird sich aus zwei Gründen noch deutlich verschärfen: Die im Kyoto-Protokoll (in Kraft seit 16.05.2005) vorgegebene CO₂-Reduktion in Deutschland um 21 % gegenüber 1990 bis zum Jahr 2012 wird zusammen mit dem beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergienutzung zu einem erheblichen Verlust von Strom aus Grund- und Mittellastkraftwerken führen. Allein die Leistung der derzeit noch nicht abgeschalteten deutschen Kernkraftwerke summiert sich auf 12.700 MW⁴; 2009 lag der Beitrag der Kernenergie noch bei über 20.000 MW. Diese Leistung soll ersetzt werden durch Wind- und Solarstrom, deren Verfügbarkeit weder geplant noch gesteuert werden kann. Abgesehen von den vorgesehenen Off-Shore-Windkraftwerken leisten Wind- und Solarenergie daher weder einen Beitrag zur Grundlast noch können sie Mittel- oder Spitzenlastkraftwerke ersetzen.

Der Bau weiterer Spitzenlastkraftwerke, die kurzfristig auf Lastspitzen oder einen Abfall der eingespeisten Leistung (Windstille, Wolken) reagieren können, wird die Lücke wegen der langen Bauzeit, der geringen Zahl der geeigneten, aber noch ungenutzten Standorte und politischer Widerstände auf absehbare Zeit nicht füllen können. Hinzu kommt, dass Spitzenlastkraftwerke auf eine Nutzungsdauer von 4-8 Stunden ausgelegt sind – eine Windstille oder eine an Sonnenschein arme Zeit kann jedoch leicht länger andauern. Ein Ausbau der Gasturbinenkraftwerke würde wiederum den CO₂-Ausstoß erhöhen und könnte so die Einhaltung des Kyoto-Protokolls gefährden. Wenn man aber die Energieeinspeisung nur noch begrenzt steuern kann – was liegt da näher, als es mit der Steuerung des Verbrauchs zu versuchen?

² Stand: September 2010, Quelle: BDEW, URL: <http://www.bdew.de>; 27.214 MW installierte Windenergiekapazität (URL: http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/worldwindenergyreport2010_s.pdf) und 17.370 MW_p (Peak) installierte Photovoltaik-Nennleistung (URL: <http://www.euroobserver.org/pdf/baro202.pdf>); zusammen 44.580 MW.

³ EEX-Transparenzplattform, URL: <http://www.transparency.eex.com/de/>

⁴ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), URL: http://www.bfs.de/kerntechnik/ereignisse/standorte/karte_kw.html

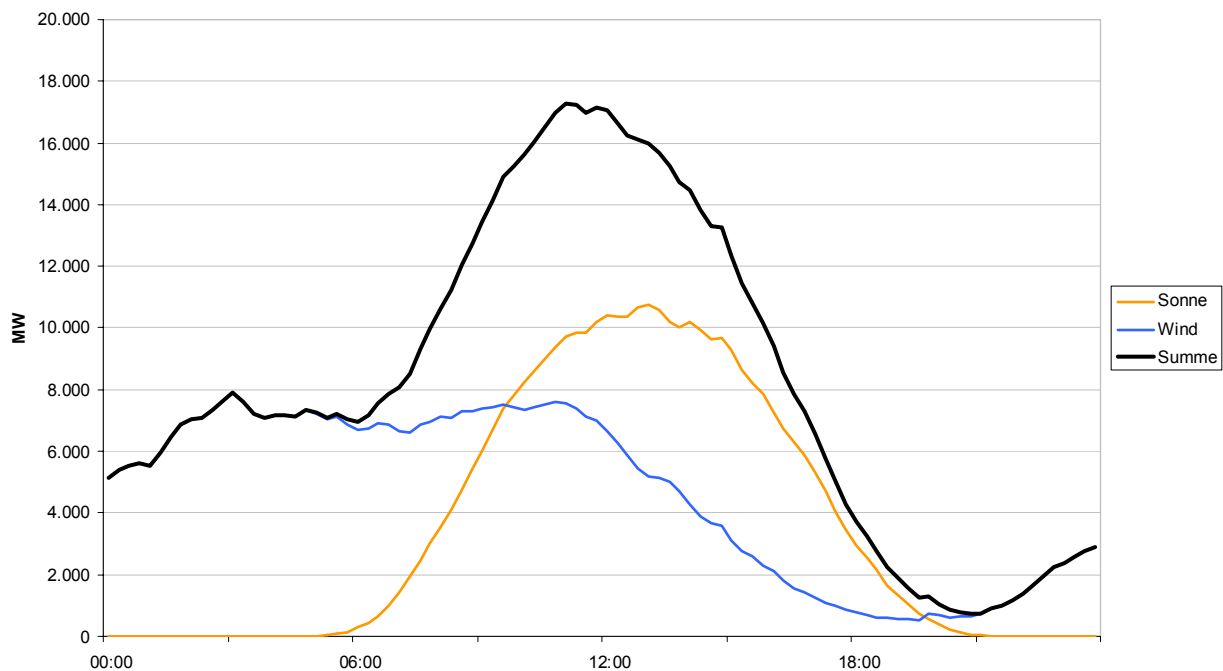


Abb. 2: Stromerzeugung aus regenerativen Energien am 17.06.2011 (Daten: EEX)

In energieintensiven Branchen ist die Verschiebung von Lastspitzen im Tausch gegen vergünstigte Strompreise bereits üblich, und auch bei Privathaushalten gibt es mit Nachtstromtarifen und Nachtspeicherheizungen schon lange Mechanismen, die eine Lastverschiebung insbesondere auf die Nachtstunden bewirken – eine Tageszeit allerdings, in der Solarstrom gerade nicht zur Verfügung steht.

Zukünftig sollen lastvariable oder Tageszeit abhängige Tarife in Kombination mit einer verbesserten Transparenz des tatsächlichen Energieverbrauchs auch bei Privathaushalten eine gezieltere Verbrauchssteuerung ermöglichen. Zugleich soll eine Verbrauchsmessung in kürzeren Zeitintervallen die Prognosegenauigkeit der Bedarfsermittlung zur Steuerung der Grund- und Mittellastkraftwerke verbessern. Zu diesem Zweck wurden Smart Meter eingeführt – „intelligente“ Stromzähler, die die Verbrauchsentwicklung eines Haushalts anzeigen und die aktuellen Verbrauchswerte in regelmäßigen Zeitintervallen elektronisch an den Stromversorger oder einen Gerätebetreiber übermitteln können.

1 Lastverschiebung: Begrenzte Wirkung

Etwa 26 % des bundesweiten Stromverbrauchs in Höhe von jährlich 511,8 Mrd. kWh (2010)² entfällt auf 40,3 Millionen private Haushalte. Analysiert man das Verbrauchsprofil eines typischen Privathaushalts, so stellt man schnell fest, dass der überwiegende Teil des Verbrauchs der „Grundlast“ geschuldet ist und nur bei wenigen Großgeräten durch eine Verschiebung des Nutzungszeitraums ein nennenswerter Effekt entsteht. Denn bei Beleuchtung, Fernseher, Herd, Fön, Toaster oder Kaffeemaschine kann man sicherlich durch verbrauchsärmere Geräte Strom einsparen; eine zeitliche Verlagerung der Nutzung ist jedoch unsinnig, da die Nutzung bedarfsgesteuert erfolgt.

Als potenzielle Kandidaten für eine (in der Strommenge nennenswerte) Verschiebung des Energieverbrauchs im Privathaushalt verbleiben im wesentlichen drei Haushaltsgeräte: Spülmaschine, Waschmaschine und Trockner (Abb. 3). Unter der (wenig realistischen) Annahme, dass es gelänge,

bundesweit alle diese Verbraucher, auf die zusammen durchschnittlich etwa 20 % des Stromverbrauchs im Privathaushalt entfällt, aus Spitzenlast-Zeiten verschieben zu können, entspräche dies etwa 5,2 % der Gesamtenergiemenge.⁵

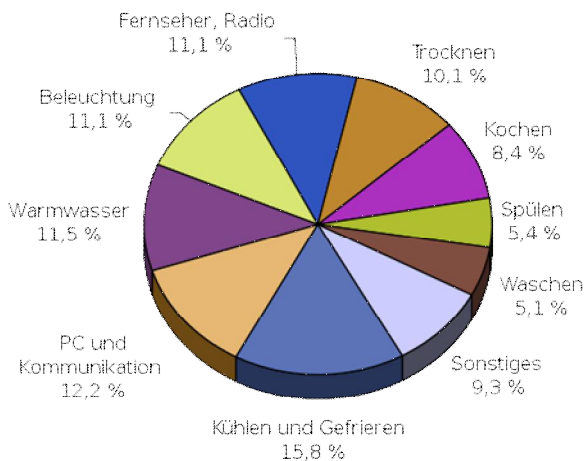


Abb. 3: Anteiliger Energieverbrauch der Haushaltsgeräte (Quelle: Energie-Agentur NRW)⁶

Realistisch dürfte – da sich die Nutzung der Geräte auf den Tagesverlauf verteilt und somit ein Teil der Geräte ohnehin in Last armen Zeiten betrieben wird – wohl eher ein deutlich niedrigerer Wert sein. Klobasa geht von $\frac{1}{4}$ aus [5], damit würde die Verschiebung deutlich weniger als 2 % der volati-

len Stromeinspeisung aus Wind und Sonnenenergie ausgleichen können.⁷

Angesichts der Kosten einer Smart Grid-Infrastruktur ist das ein mageres Ergebnis: Stadtwerke kalkulieren derzeit mit Investitionskosten von 400 € je Gerät inklusive Einbau – bei einer angenommenen Geräte-Lebensdauer von (sehr optimistischen) zehn Jahren summiert sich allein dieser (vom Stromkunden zu finanzierende) Betrag auf über 1,6 Mrd. € – pro Jahr. Hinzu kommen die Investitions- und Betriebskosten des Stromversorgers sowie etwaige Mehrkosten für „Smart Grid-fähige“ neue Haushaltsgeräte.

Aber selbst wenn man auf dieses Lastverlagerungspotenzial setzen möchte: Für die Realisierung einer solchen Lastverschiebung ist – anders als vielerorts postuliert⁸ – keineswegs eine Übermittlung der Verbrauchsdaten des Haushalts erforderlich. Selbst bei zeitabhängigen Tarifen genügt es, über eine Broadcast-Nachricht die aktuelle Tarifinformation an das Smart Meter zu übermitteln – und die Berechnung der Stromkosten dezentral im Smart Meter vorzunehmen [7].

Statt einer Übermittlung des Zählerstands in festgelegten Zeitintervallen von 15 Minuten (wie derzeit geplant) oder zumindest bei jedem Tarifwechsel würde es genügen, dass das Smart Meter einmal pro Abrechnungszeitraum, also z. B. monatlich, den Rechnungsbetrag (statt wie heute den Zählerstand durch Ablesung) an den Stromversorger übermittelt. Ein solches Daten sparsames Ver-

⁵ Klobasa kommt in seiner Promotion [5] (auf der Grundlage von Zahlen aus dem Jahr 1999) zu einem etwas höheren Wert: Er bestimmt den Anteil der „verlagerbaren Energie“ an der Gesamtjahreserzeugung durch die Verschiebung von Waschmaschine, Wäschetrockner und Geschirrspüler auf 5,6% (S. 84).

⁶ Energieagentur NRW: Durchschnittlicher Anteil der Stromverbrauchsbereiche am Gesamtstromverbrauch, gemittelt über alle Haushaltsgrößen auf Basis von 28.242 Verbrauchsdatensätzen (3/2006). URL: http://www.ea-nrw.de/database/data/datainfopool/prozentuale_anteile_diagramm.pdf.pdf

⁷ Abhängen wird der tatsächliche Umfang der Lastverschiebung vor allem von dem angebotenen „Lastverlagerungsrabatt“: Bei einem Preis von lediglich etwa 0,22 € je kWh muss der Bonus zweifellos nennenswert sein, damit beispielsweise eine Familie mit Kindern das Spülen des Geschirrs oder das Waschen und Trocknen der Wäsche verschiebt.

⁸ So zunächst sogar Roßnagel/Jandt [10], S. 4; später in diesem Punkt zurückhaltender [11].

fahren würde nicht nur den mit der Übermittlung, Speicherung und Verarbeitung von täglich 3,8 Mrd. Zählerständen verbundenen Aufwand überflüssig machen, sondern würde zudem sogar die bestehenden Abrechnungsprozesse durch die Übermittlung der Rechnungssumme statt des Zählerstands vereinfachen.

2 Lastermittlung: Microzensus statt „Lauschangriff“

Bessere Prognosen des erwarteten Verbrauchs statt der heute verwendeten Standard-Lastprofile könnten die von Spitzenlastkraftwerken abzudeckenden „Verbrauchsspitzen“ immerhin ein wenig dämpfen. Auch zu diesem Zweck sollen Smart Meter die Verbrauchsdaten in Zeitintervallen von 15 Minuten an den Stromversorger übermitteln.

Dass eine solche Datenerhebung einen erheblichen Eingriff in die Privatsphäre der Verbraucher darstellt, wurde verschiedentlich ausführlich begründet.⁹ Auch das vom BVerfG im Urteil über die so genannte „Online-Durchsuchung“ formulierte Grundrecht auf Gewährleistung der Vertraulichkeit und Integrität informationstechnischer Systeme sowie die verfassungsmäßig garantierte Unverletzlichkeit der Wohnung (Art. 13 GG) setzen dem „messtechnischen Lauschangriff“ eines Smart Meters enge Grenzen.¹⁰

Übersehen wird dabei allerdings, dass eine solche permanente Datenübermittlung für den Zweck der Lasterhebung keineswegs erforderlich ist. Denn zur Ermittlung realistischer aktueller Verbrauchsdaten wird keine haushaltsgenaue Auflösung benötigt. Vollständig genügen würde es beispielsweise, die Verbrauchsdaten über mehrere Haushalte zu aggregieren und lediglich die

Durchschnittswerte an den Stromversorger zu übermitteln. Die Zusammenführung der Daten ließe sich sogar mit einem einfachen kryptografischen Protokoll wirksam anonymisieren, wie Jeske gezeigt hat [3].

Aber selbst das wäre verzichtbar: Mit statistischen Verfahren lässt sich selbst aus einer Zufallsstichprobe von wenigen tausend Haushalten eine zuverlässige Hochrechnung des aktuellen Gesamtverbrauchs vornehmen, die dem tatsächlichen Verbrauchswert sehr nahe kommt. Daher würde es völlig genügen, wenn jeder Smart Meter zu einem zufälligen Zeitpunkt einmal wöchentlich den aktuellen Stromverbrauch an den Stromversorger übermitteln würde. Aus diesen wenigen Angaben ließen sich keinerlei Verbrauchsprofile gewinnen.

3 Verbrauchsdatenanzeige: Dezentral statt zentral

Für die Anzeige der Verbrauchsdaten zur Kontrolle des Stromverbrauchs durch den Privatkunden ist schließlich überhaupt keine Übermittlung der Verbrauchsdaten erforderlich. Zwar ist es denkbar, dass Verbrauchern die Aufbereitung oder sogar Analyse der Verbrauchsdaten als Dienstleistung angeboten wird und in diesem Rahmen eine Übermittlung stattfindet; ein generelles Übermittlungserfordernis lässt sich daraus jedoch nicht ableiten.

Dazu müssen Smart Meter so gestaltet sein, dass sie eine (lokale) Übermittlung direkt an ein geeignetes Anzeigegerät (PC oder auch ein mobiles Gerät) ermöglichen. Auch sollten die Messwerte in deutlich kleineren Intervallen als lediglich alle 15 Minuten erhoben werden, um eine genauere Analyse des eigenen Energieverbrauchs zu ermöglichen.

⁹ Siehe insbesondere Müller [7] und Karg [4].

¹⁰ Siehe Hornung/Fuchs, in dieser Stiftungsreihe.

Diese Anforderungen flossen in das vom BSI entwickelte Schutzprofil¹¹ für Smart Metering Gateways ein, die im Rahmen der Novellierung des EnWG zur verbindlichen technischen Vorgabe geworden ist [6].

4 CC-Schutzprofil: Keine Antwort auf alle Fragen

Neben den angeführten Datenschutzaspekten wirft das Smart Grid auch in Bezug auf die Sicherheit der Erhebung und Übermittlung der Verbrauchsdaten Fragen auf [1, 2].

Zwar regelt das CC-Schutzprofil¹¹ des Bundesamtes für die Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) für das Smart Metering Gateway [6, 9] die sichere Kommunikation der Messgeräte mit und über das Gateway hinweg. Die kommende Generation von Smart Meter Gateways sollte daher den Integritäts- und Vertraulichkeitsanforderungen an diese Komponenten einer Smart Grid-Infrastruktur genügen. Außen vor bleiben dabei allerdings sowohl organisatorische Fragen wie ein Eskalationsprozess für kritische Sicherheits-Patches [9], die Sicherheit der Smart Meter selbst sowie die Sicherheit des Heimnetzwerkes (Home Area Network, HAN), welches in einem realen Szenario ebenfalls zu berücksichtigen ist (Abb. 4).

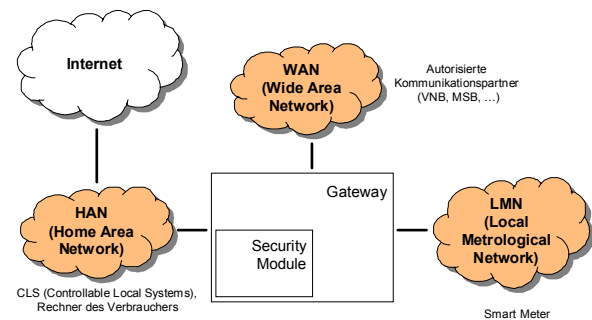


Abb. 4: Smart Metering Gateway mit angrenzenden Netzwerken

Dabei stellt ein HAN ein Netzwerk mit großem Zuwachspotenzial dar: Mit ihm sind nicht nur alle Controllable Local Systems (CLS) wie beispielsweise das Elektromobil verbunden, sondern es besitzt in vielen Fällen auch weitere Schnittstellen zum Internet und zu den durch den Nutzer betriebenen Systemen (PCs, Tablets und Smartphones). Im aktuellen Entwurf für das Schutzprofil des Smart Metering Gateways wird lediglich darauf verwiesen, dass diese Schnittstellen angemessen geschützt werden müssen – das Schutzprofil sorgt nicht dafür.¹²

5 Unterbrechereinrichtungen: Netz- vs. Nutzerpriorisierung

Das aktuelle EnWG sieht die Steuerung von Lasten durch den Verteilnetzbetreiber (VNB) vor.¹³ Diese bezieht sich ausschließlich auf „die Steuerung von vollständig unterbrechbaren Verbrauchseinrichtungen, die über einen separaten Zählpunkt verfügen“; als Beispiel wird das Elektromobil genannt. Der Verteilnetzbetreiber kann so in Phasen starker Nachfrage Lasten vom Netz trennen. Im

¹¹ BSI: Protection Profile for the Gateway of a Smart Metering System, v 1.1.1 (final draft), URL: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/SmartMeter/PP-SmartMeter.pdf?__blob=publicationFile

¹² Abschnitt 1.4.6.4, S. 21: „If devices in the HAN have a separate connection to parties in the WAN (beside the Gateway) this connection is assumed to be appropriately protected.“

¹³ § 14a EnWG: „Steuerung von unterbrechbaren Verbrauchseinrichtungen in Niederspannung“.

Gegenzug kann er dem Endkunden ein reduziertes Netzentgelt einräumen – was sollte einen Netzbetreiber davon abhalten, diesen Preisvorteil auch für reguläre Hausanschlüsse zu gewähren, um sich damit einen Freiheitsgrad zu erkaufen?

Die Anbindung eines regulären Hausanschlusses ist zwar im EnWG nicht ausdrücklich vorgesehen, wird aber auch nicht ausgeschlossen. Ein passendes Produkt könnte beispielsweise so aussehen:

- Die Stromversorgung kann für maximal zehn Minuten am Stück und maximal drei Mal pro Tag ohne gesonderte vorherige Ankündigung unterbrochen werden.
- Das monatliche Netznutzungsentgelt wird im Gegenzug um einen festen oder verbrauchsabhängigen Betrag gesenkt.

Die ausdrücklich aufgeführte „Zumutbarkeit“ dürfte keinen Anbieter daran hindern, ein solches Stromprodukt anzubieten – schließlich steht es dem Kunden ja frei, das Angebot zu ignorieren oder eben doch ein paar Euro pro Monat einzusparen.

Zur technischen Umsetzung wird eine Unterbrechereinheit in die Stromversorgung eingebaut, die sich aus der Ferne auslösen lässt. Sie ist in den heutigen Smart Meter-Produkten bereits vorgesehen.

Hat der Verbraucher jedoch keine Möglichkeit, im Falle einer Unterbrechung die Versorgung bei Bedarf wieder einzuschalten, ist er auf die fehlerfreie Funktion der Einheit angewiesen. Denn diese Unterbrechereinheiten sind nicht nur für die VNB, sondern auch für potenzielle Angreifer interessant. Da davon auszugehen ist, dass – zumindest im gesamten Bereich eines VNB – in allen Haushalten identische oder ähnliche Geräte – mit den

gleichen Schwachstellen – eingesetzt werden, kann ein Angreifer mit Kenntnis einer geeigneten Schwachstelle sämtliche auf diese Weise angebotenen Haushalte vom Stromnetz trennen [8]. Der „Wiederanlauf“ in einer solchen Situation könnte es erforderlich machen, die Unterbrechereinheit in Millionen Haushalten manuell aus der Schaltung zu entfernen.

Um einen solchen Schadensfall – mit fraglos erheblichen Gefährdungen für Leib und Leben der Betroffenen – zu verhindern, erscheint eine Unterbrecherschaltung, die vom Endverbraucher manuell überbrückt werden kann („Nutzerpriorität“), unverzichtbar.

Fazit

Die derzeitige Diskussion um Einsatz und Nutzen von Smart Metern und die Etablierung eines Energieinformationsnetzes ist von zahlreichen Postulaten durchzogen, die einer genauen Prüfung nicht standhalten. So ist festzuhalten:

- Bei Privathaushalten besteht ein theoretisches Leistungsverchiebungspotential von etwa 5,2 % der Gesamtenergiemenge – weniger als 2 % der gesamten Stromeinspeisung aus Wind- und Sonnenenergie. Dem steht ein Investitionsvolumen von 1,6 Mrd. € (jährlich) allein für die Basis-Infrastruktur (Smart Meter, Einbau) gegenüber.
- Für die Abrechnung des Verbrauchs bei wechselnden Tarifen ist keine Übermittlung der Verbrauchswerte aller 40 Mio. Haushalte erforderlich – einfacher und ausreichend wäre die Berechnung des Rechnungsbetrags im Smart Meter (anhand von Broadcast-Tarifinformationen) und dessen einmalige Übermittlung.

- Auch für die Verbesserung der Verbrauchsprognosen ist keine regelmäßige Verbrauchsdatenübermittlung erforderlich; hier genügen anonym aggregierte Werte über mehrere Haushalte oder – besser noch – eine Zufalls-erhebung in mehreren Tausend Haushalten zur Hochrechnung des Gesamtverbrauchs.
- Für die Anzeige der Verbrauchsdaten im Haushalt ist ebenfalls keine Übermittlung erforderlich; es genügt eine Schnittstelle für den lokalen Zugriff oder deren Transfer auf ein anderes IT-System.
- Im CC-Schutzprofil sind sowohl der Umgang mit kritischen Sicherheits-Patches als auch der Internet-Zugang des privaten PC ausgeklammert – es verbleiben daher weitere zu schützende Bereiche.
- Die vorgesehene Unterbrechereinrichtung im Smart Meter macht die Infrastruktur anfällig für flächendeckende Denial-of-Service-Angriffe, die sich nur vor Ort an jedem einzelnen Zähler reparieren ließe.

Literatur

- [1] Eckert, Claudia.: *Sicherheit im Smart Grid. Eckpunkte für ein Energieinformationsnetz*. Stiftungsreihe Nr. 90, Alcatel-Lucent-Stiftung für Kommunikationsforschung, 2010.
URL: http://www.stiftungaktuell.de/files/sr90_sicherheit_im_energieinformationsnetz_gesamt_1.pdf
- [2] Eckert, Claudia; Krauß, Christoph.: *Sicherheit im Smart Grid. Herausforderungen und Handlungsempfehlungen*. Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 8/2011, S. 535-541.
- [3] Jeske, Tobias: *Datenschutzfreundliches Smart Metering. Ein praktikables Lösungskonzept*. Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 8/2011, S. 530-534.
- [4] Karg, Moritz: *Datenschutzrechtliche Rahmenbedingungen beim Einsatz intelligenter Zähler*. Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 6/2010, S. 365-372.
- [5] Klobasa, Marian: *Dynamische Simulation eines Lastmanagements und Integration von Windenergie in ein Elektrizitätsnetz auf Landesebene*. DISS ETH Nr. 17324, ETH Zürich, 2007.
URL: <http://isi.fraunhofer.de/isi-de/publ/download/isi07b52/Promotion-Wind-Last.pdf>
- [6] Laupichler, Dennis; Vollmer, Stefan; Bast, Holger; Intemann, Matthias: *Das BSI-Schutzprofil: Anforderungen an den Datenschutz und die Datensicherheit für Smart Metering Systeme*. Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 8/2011, S. 542-551.
- [7] Müller, Klaus J.: *Gewinnung von Verhaltensprofilen am intelligenten Stromzähler*. Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 6/2010, S. 359-364.
URL: <http://www.secorvo.de/publikationen/verhaltensprofile-smart-meter-mueller-2010.pdf>
- [8] Müller, Klaus J.: *Sicherheit im Smart Grid*. DFN-CERT & PCA Workshop „Sicherheit in vernetzten Systemen“, DFN-Bericht, Februar 2011, S. A1-A24
URL: <http://www.dfn-cert.de/dokumente/workshop/2011/beitragmueller.pdf>
- [9] Müller, Klaus J.: *Verordnete Sicherheit – das Schutzprofil für das Smart Metering Gateway*. Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 8/2011, S. 547-551.
URL: <http://www.secorvo.de/publikationen/schutzprofil-smart-metering-gateway-mueller-2011.pdf>
- [10] Roßnagel, Alexander; Jandt, Silke: *Datenschutzfragen eines Energieinformationsnetzes*. Stiftungsreihe Nr. 88, Alcatel-Lucent-Stiftung für Kommunikationsforschung, 2010.
URL: http://www.stiftungaktuell.de/files/sr88_newise_datenschutz_gesamt_1.pdf
- [11] Roßnagel, Alexander; Jandt, Silke: *Datenschutzkonformes Energieinformationsnetz*. Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 6/2010, S. 373-378.