

PRIVATHAUSHALTE UND INTELLIGENTE STROMVERSORGUNG

PRIVATE HOUSEHOLDS AND INTELLIGENT ENERGY SUPPLY

THORSTEN RAABE

Den Anteil regenerativer Energie erhöhen und zugleich den Stromverbrauch spürbar senken: Bei diesem Zukunftsszenario kommt den Privathaushalten in Deutschland eine tragende Rolle zu. Insbesondere geht es um ein aktives, angepasstes (= adaptives) Verbrauchsverhalten im Rahmen neuer, intelligenter Stromversorgungssysteme. Aktuelle Studien der Universität Oldenburg loten die Möglichkeiten und Grenzen eines solchen Szenarios aus.

Increase the share of renewable energies whilst simultaneously decreasing energy consumption. If it is to be successful, this vision will in no small part rely on the behaviour of private households. In particular, it calls for an active, i.e. adaptive consumer attitude towards new, intelligent energy supply systems. Ongoing research at Oldenburg University is investigating the potential scope as well as the boundaries of such a vision.

Das Ziel einer stetigen Erhöhung des Anteils regenerativer Energie an der Stromversorgung bedeutet für private Haushalte veränderte Anforderungen an den Stromkonsum. „Mein Strom kommt aus der Steckdose“ – in diesem geflügelten Wort spiegelt sich heute sicher nicht mehr die Einstellung einer Mehrheit der Bevölkerung – schon wegen der rapiden Verteuerung dieser Energieform. Trotzdem kommt diesem Bild Gültigkeit zu im Hinblick auf die fehlenden Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Stromkonsum in Haushalten und der Dimensionierung wie Steuerung von Versorgungssystemen. Bislang sind die Versorgungssysteme einseitig an die Lastverläufe der privaten und kommerziellen Stromkonsumenten und damit an das Verbrauchsverhalten gekoppelt. Die Leistungsfähigkeit des Versorgungssystems ist so ausgelegt, dass entstehende Lastspitzen stets bedient werden können, was den

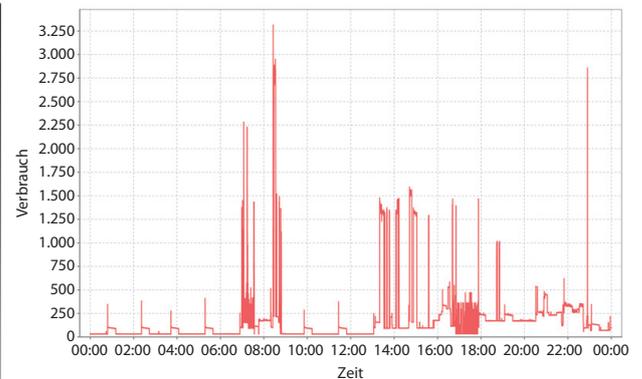
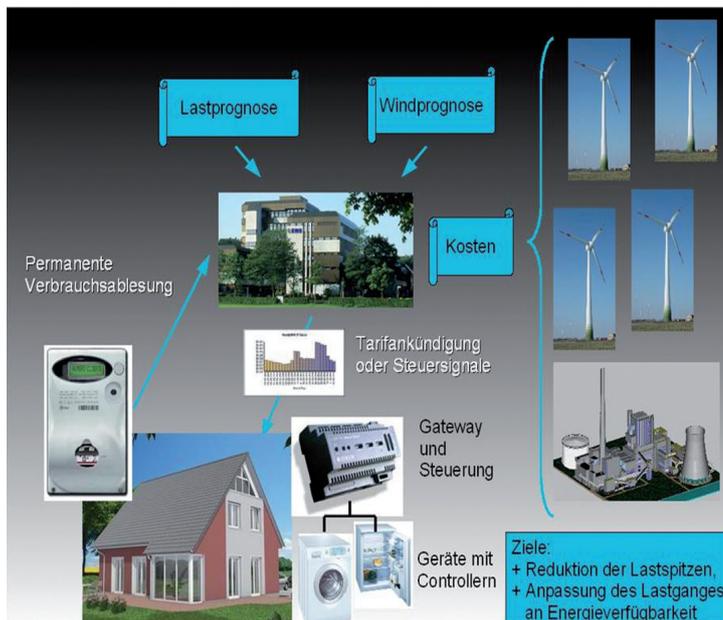


Any sustainable increase in the share of renewables in relation to total energy supplies must entail a change in the demand patterns of private households. “I get my electricity from the wall”; this flippant phrase is probably no longer typical for the current attitude of the majority of the population – if only because of the rapid price hikes for this form of energy. Nevertheless, its implications linger on; specifically with regard to a general ignorance of the complex correlations between patterns of private energy consumption and the dimensioning and control of supply systems.

Up to now, supply systems are indiscriminately geared to the load curve of private and industrial energy consumers, and hence directly coupled to consumer behaviour and subsequent demand. The supply

Zwischen 10 Cent und 15 Euro pro Trockengang: In einer Befragung offenbarten Verbraucher ein großes Informationsdefizit zum Thema Stromkosten.

Between 10 cents and 15 euros per drying cycle: in a survey consumers revealed a significant information deficit on the subject of electricity costs.



I.: Von der Energiequelle bis zum Haushaltsgerät: Die Determinanten des Stromverbrauchs, die für einen umweltgerechten Ressourcenverbrauch angepasst werden müssen.

I.: Everything from the source of energy up to household appliance: Everything that determines our consumption of electricity needs to undergo adaptation to comply with a more environmentally compatible use of resources.

o.: Beispiel Tageslastgang für einen Haushalt. (Quelle: Eigene Messung)
Example of daily load profile for a household. (Source: own measurement)

Stromverbrauchern einen nahezu unbeschränkten Zugriff auf Strom sichert – unabhängig von Tageszeit und Abnahmemengen. Dieser Komfort hat natürlich seinen Preis, sowohl im Hinblick auf die Stromtarife als auch im Hinblick auf die gesellschaftlichen und umweltbezogenen Kosten des notwendigerweise hohen Kraftwerkbestands.

Mit dem Ausbau regenerativer Energiequellen ist diese einseitige Kopplung zunehmend erschwert: Zumindest das Energieaufkommen aus Solar- und Windanlagen schwankt stark in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen. Zu den verbrauchsseitigen Abnahmeschwankungen kommen unregelmäßige und nur begrenzt prognostizierbare Schwankungen bei der Energieproduktion hinzu, was die Dimensionierung und Abstimmung des Versorgungssystems zunehmend erschwert. So sind Zeiten eines Überangebots wie auch der relativen Verknappung von Strom denkbar. Ein Ausgleich dieser Schwankungen erscheint auf Produktionsseite nur durch eine weitere Erhöhung der Regelenergiekapazitäten möglich.

Dies legt die Überlegung nahe, den Ausgleich der Spannungen zwischen Produktion und Verbrauch über das Gesamtsystem zu suchen: adaptive Verbraucher passen ihren Stromverbrauch aktiv dem jeweiligen Energieaufkommen an und unterstützen auf diese Weise den Prozess der effizienten Nutzung regenerativer Energie und damit des „Downsizings“ auf Kraftwerksseite. Damit stellt sich die Frage nach einem effizienten Demand-Side-Management, d.h. einer Steuerung der Stromnachfrage bei den Abnehmern, die prinzipiell auf steuerungstechnologischer oder auf tarifärer – also marktlicher \triangleright Basis (und natürlich auch in Kombination beider Mechanismen) vorgenommen werden kann. So ist es regelungstechnisch durchaus umsetzbar, ausgewählte Geräte in Haushalten – z.B. Kühlschränke \triangleright durch den Versorger in ihrer Stromaufnahme zu steuern und in gewissen Grenzen ihre Energiespeicherfähigkeiten aktiv zur Lastverschiebung zu nutzen (im Beispiel durch temporäre Tieferkühlung des Geräts). Als tarifärer Ansatz ist die Einführung variabler Tarife denkbar. Hier ist die Mitwirkung der Haushalte gefragt, deren aktive Anpassungsbereitschaft dann maßgeblich den Ausgleich im System begründet.

system's capacity is designed to ensure that peaks in demand are always met, providing energy consumers with virtually unlimited access to electricity – regardless of time of day or variations of demand. Of course, this luxury has its price; both with regard to electricity rates, as well as to the social and environmental costs accruing from the correspondingly large number of power stations required to supply such elastic demand.

Increasing the share of renewable energy is incompatible with this indiscriminate coupling of supply and demand. For instance, the supply of energy generated by solar and wind energy is highly dependant on weather conditions. Hence, the problem of meeting fluctuations in consumer demand is exacerbated by irregular and unpredictable fluctuations in energy production, further complicating the dimensioning and calibration of the supply systems. This could lead to times of oversupply, on the one hand, as well as a relative shortage of electricity on the other. Adjustment for such fluctuations on the production side only seems possible by a further increase in the amount of additional balancing and reserve power made available.

A possible answer to this dilemma would be to smooth out the production and consumption curves over the entire system, whereby adaptive consumers adjust their energy consumption actively to the available supply of energy. In so doing they would support the efficient use of renewable energy, leading to a reduction in the number of power stations needed to feed the grid. This raises the question of an efficient demand-side management, i.e. regulating consumer demand for electricity. This could be achieved via by technical means, or according to electricity rates, i.e. market driven, or a combination of both. It is, for instance, technically possible for electricity companies to regulate the electricity consumption of certain household appliances – such as fridges – and to actively utilize their energy storage capacity for peak load dissipation (for example by means of a temporary intensive cooling of the appliance). A possible approach to regulation through pricing could be variable rates. Balancing supply and demand in this way calls for the cooperation of households and their active willingness to adapt.

Haushalte als adaptive Stromverbraucher

Etwa ein Drittel des Stroms in Deutschland wird von privaten Haushalten verbraucht. Sie binden damit einen hohen Anteil der notwendigen Regelleistung des gesamten Versorgungssystems. Dies wird deutlich, wenn Lastgänge durchschnittlicher Haushalte, die üblicherweise typische Lastspitzen in der Mittagszeit und in der frühen Abendzeit aufweisen (s. Abb.), im Tagesverlauf betrachtet werden. Die Spitzen im Stromverbrauch sind zeitlich relativ verdichtet und betragen ein Vielfaches der Grundlast. Sie sind vom Versorgungssystem kapazitativ zu bewältigen, was durch die Dimensionierung der Versorgungsnetze und der Regelleistungskapazitäten (i.d.R. durch Gasturbinen) geleistet werden muss.

Eine solche Visualisierung von Haushaltslastgängen stellt ein geeignetes Mittel dar, um den privaten Beitrag zur notwendigen Regelleistung auch haushaltsindividuell darzustellen. Vorausgesetzt dass neue, intelligente Stromzähler (Smart Meter) installiert sind, erlaubt diese Technik, den tatsächlichen Leistungsbezug z.B. in einen tageszeitlichen Verlauf für den individuellen Haushalt zu bringen und somit prinzipiell auch einzelnen Geräten und Haushaltsaktivitäten zuzuordnen. So können die Spitzen im haushaltsseitigen Stromkonsum mit spezifischen Abläufen und Routinen in der Haushaltsführung (wie die Zubereitung des Mittagessens oder der erhöhte Anteil der Nutzung von Unterhaltungselektronik in den Abendstunden) ursächlich verbunden werden. Gleichzeitig erlaubt die Darstellung in Abhängigkeit vom Auflösungsgrad, das Schaltverhalten von automatisch geregelten Geräten wie Kühlschränken, Gefriergeräten, Wasserboilern oder Heizpumpen zu visualisieren.

In der Abbildung ist ein typischer Haushalt-Lastgang mit den Verbrauchsspitzen am Mittag und Abend dargestellt. Sie verdeutlicht das hohe Potenzial an Einsparmöglichkeiten bei der Regelleistung durch systematische Verteilung von Spitzenlasten auf weniger nachfrageintensive Tageszeiten. In den Grundlastphasen sind regelmäßige Ein- und Ausschaltvorgänge von selbstregelnden Haushaltsgeräten (wie z.B. Kühlschränken) zu beobachten. Hier eröffnet die Visualisierung die Option, „Stromfresser“ im Lastverlauf zu identifizieren und so die Geräteausstattung der Haushalte kritisch zu untersuchen.

Entscheidungen über Geräteausstattung sowie Umfang und Zeitpunkt des Stromkonsums in Haushalten können somit auf der Basis von Lastgangsanalysen begründet werden. Tatsächlich sind diese – wie alle Konsumentscheidungen – erst unter Berücksichtigung der Kontextbedingungen in den einzelnen Haushalten explizier- und prognostizierbar. So ist zu unterstellen, dass insbesondere spezifische Haushaltsregime (die Art und Weise, wie Haushalte ihre Ressourcen Arbeit, Kapital und Technik für den reproduktiven und freizeitbezogenen Konsum einsetzen) für die Adaptionsbereitschaft bedeutsam sind. Entsprechende Fragestellungen sind Gegenstand von Teilprojekten des laufenden EWE-DEMS (Dezentrales Energiemanagement-System)-Projekts (www.offis.de/energie/Projects/dems_bo6.php) sowie des kürzlich gestarteten Projekts „eTelligenz“ (www.etelligence.de). Zu diesem Zweck wurden im Jahr 2007 87 nach einem Quota-Verfahren ausgewählte Haushalte in der Region Weser-Ems in persönlichen Interviews befragt.

Was Verbraucher über ihren Stromkonsum wissen

Es zeigte sich, dass das Bewusstsein des eigenen Stromkonsums in den Haushalten nur gering ausgeprägt ist. Zwar bekundete ein Drittel der Haushalte Unzufriedenheit mit den Stromtarifen, aber nur 13

Households as adaptive consumers of energy

Approximately one third of the electricity used in Germany is consumed by private households, accounting for a significant share of the balancing and reserve energy needed for the entire supply system. This becomes apparent from the daily load profiles of average households, whose peak loads typically occur during lunchtime and in the early evenings (see fig.). The peaks in energy consumption are relatively concentrated and account for a multiple of the base load. The suppliers of electricity cope with these peaks by means of dimensioning supply networks and producing balancing and reserve energy (usually by gas turbines).

Such a visualization of household load profiles also serves to illustrate the impact of private consumption on the amount of balancing and reserve energy needed to supply individual households. Provided that new intelligent electricity meters (so-called “smart meters”) are installed, new technology makes it possible to visualise the spread of electricity needed in an individual household over the whole day, even allocating supply to single appliances and household activities. This will make it possible to connect peaks of household energy consumption with specific activities and routines in housekeeping (such as the preparation of lunch or the increased use of entertainment electronics in the evening hours). At the same time, if adequate resolution is provided, the image would enable visualization of the switching operations of automatically controlled appliances such as refrigerators, freezers, water boilers or heating pumps.

The illustration depicts a typical household load profile, with its peak consumption around midday and in the evening. It demonstrates the high savings potential in balancing and reserve energy through a systematic distribution of peak loads onto those times of the day that are less demand intensive. During the base load phases, regular on and off switching operations by autonomous household appliances (such as the refrigerator for instance) can be observed. Here the visualization incorporates an option to identify “power-hungry” appliances in the load profile.

This kind of load-profile analysis can help households reach decisions on the extent and timing of energy consumption, as well as their choice of household appliances. In reality, such decisions – like all consumer behaviour – can only be explained within the contextual circumstances for each individual household. This leads to the conclusion that it is the individual housekeeping regime (the way in which households engage their work, capital and technical resources for reproductive and leisure related consumption) which determines a household’s readiness to adapt. These questions are the subject of subprojects in the ongoing EWE-DEMS (Dezentrales Energiemanagement-System) project (www.offis.de/energie/Projects/dems_bo6.php) as well as being the subject matter of the recently established project “eTelligenz” (www.etelligence.de). Within this context, in 2007 a quota system was used to identify 87 households in the Weser-Ems region to be surveyed in private interviews.

What consumers know and don't know about their use of energy

It became evident that the awareness of electricity consumption in any given household is only limited. Although a third of households criticise electricity costs, only 13 percent actually knew the rates they

Prozent konnten ihren aktuellen Tarif nennen. Die Schätzungen der Stromkosten einzelner Geräte variierten z.T. extrem (am Beispiel des Wäschetrockners zwischen 10 Cent und 15 Euro pro Trockengang – die tatsächlichen Kosten liegen bei ca. 1,50 Euro); 90 Prozent der Haushalte führen Stromsparmaßnahmen durch (z.B. mit Energiesparlampen), haben aber die faktische Ersparnis in der Regel nicht ermittelt. Hinsichtlich weiterer Einsparpotenziale besteht weitgehend Unkenntnis.

Die Erhebung zur Akzeptanz zeitlich variabler Tarife zeigt eindeutige Präferenzen für tageszeitlich gestaffelte („Time-Of-Use“) Tarife, wie sie schon für Nachspeicheröfen bekannt sind (74 Prozent Zustimmung). Hier werden insbesondere die Nachmittags- und Abendzeiten für eine mögliche Lastverschiebung bevorzugt. Variable, einspeisungsabhängige und damit für den Haushaltsablauf nur gering planbare Tarife finden nur bei 10 Prozent Akzeptanz. Die Befragungen zeigen, dass drei Hauptfaktoren für die Übernahme adaptiver Tarife verantwortlich sind: Zum einen der Grad der notwendigen Veränderungen in den Haushaltsabläufen und -routinen, der in Mehrpersonenhaushalten mit Kindern von besonderer Bedeutung ist; zum anderen die empfundene Einschränkung der persönlichen Handlungsfreiheit, was sich u.a. darin zeigt, dass die geringsten Verschiebebereitschaften beim TV-Gerät, dem PC und der Haushaltsbeleuchtung bekundet werden; schließlich werden monetäre Anreize in Form von Stromkostensparnis durch aktive Nutzung adaptiver Tarife als Beweggrund bestätigt. Die Akzeptanz vollautomatischer Fernsteuerung der Stromversorgung durch den Versorger ist begrenzt auf Geräte wie Kühlschränke oder Tiefkühltruhen; unter der Nebenbedingung der manuellen (Ab-)Schaltbarkeit findet sich allerdings eine breite Akzeptanz (95 Prozent Zustimmung).

Das geringe Stromverbrauchsbewusstsein der Haushalte legt nahe, die Ergebnisse zur Nutzungsbereitschaft adaptiver Tarife und Verschiebungsbereitschaft des Stromkonsums im Haushalt zumindest zur Zeit noch zu relativieren: Die ermittelte Zustimmung zu adaptiven Tarifen ist angesichts des Fehlens konkreter Erfahrungen der Befragten nur als Vorab-Bereitschaft zum Probedeuten zu werten. Tatsächlich bedurfte es umfangreicher erklärender Vorbereitungen während der Interviews, da vergleichbare Tarif- und Steuerungsmodelle bisher nicht existieren. Es bleibt zu vermuten, dass die Bereitschaft der Haushalte, eine adaptive Rolle im Versorgungs- und Verbrauchssystem zu übernehmen, dort an Grenzen kommen wird, wo sie die Alltagsplanung von Haushaltsabläufen empfindlich einschränkt. Belastbare, weil auf konkreten Umsetzungserfahrungen basierte Erkenntnisse sind deshalb nur durch experimentelle Designs zu gewinnen. Daher wird zurzeit im Rahmen des angelaufenen eTelligence-Projekts eine breit angelegte experimentelle Feldstudie in Cuxhaven mit ca. 220 Haushalten vorbereitet.

pay. Estimates about the consumption of specific household appliances sometimes varied extremely (for washing dryers, for instance, cost estimates varied between 10 cents and 15 euros per cycle – when the actual figure lay around 1.50 euros); 90 percent of households implement energy saving techniques (e.g. with energy saving light bulbs), but have as a rule not actually calculated their saving. There is a broad ignorance of further saving potentials.

With regard to the acceptance of temporally variable rates, the survey revealed a clear preference for electricity rates scaled on an intra-daily fixed basis (“time-of-use”), as already commonplace for night-storage heaters (74 percent endorsement). Especially the afternoons and late evenings seem to be the favoured load-deferral times. Completely variable, feed-dependent rates, which are only limited predictable for the planning of household routines, would only be acceptable to 10 percent. The surveys show there are three main factors for preparedness to adopt adaptive tariffs: for one, the degree to which household cycles and routines are required to change, which is of particular importance to multiple occupancy households with children; and for another the perceived constraints on individual freedom of action, which is demonstrated by a declared lack of willingness to adjust the use of televisions, PCs and household lighting; and finally, monetary incentives in the form of electricity cost savings through active use of adaptive tariffs act as motivating factors. Acceptance for the fully automated remote control of energy supplies on the part of the provider is restricted to appliances such as refrigerators or deep freezers; with the inclusion of an auxiliary condition for manual overriding, acceptance is widespread (95 percent agreement).

However, the limited awareness surrounding electricity consumption suggests a need to relativize the results for willingness to switch to adaptive rates and to make adjustments to household load routines, at least for the time being: considering the lack of concrete practical exposure of those surveyed, the ascertained acceptance of adaptive tariffs is to only be regarded as preliminary acceptance subject to successful trials. As a matter of fact, extensive explanatory preparation was required

for the interviews, as comparable rates and remote-control models are not yet available. It is most likely that households' willingness to assume an adaptive role in the supply and demand system will be limited as soon as the planning of daily household routines is appreciably restricted. Consolidated findings based on applied practical experience will only become available through experimental designs. To this purpose, an expanded experimental field study of approximately 220 households in Cuxhaven is being prepared within the framework of the ongoing eTelligence project.

Der Autor The author



Prof. Dr. Thorsten Raabe studierte Wirtschaftswissenschaften an der Universität Hannover, wo er promovierte und sich 1999 habilitierte. Zwischenzeitlich betätigte er sich in der Unternehmensberatung und übernahm während seiner Assistenzzeit ab 1996 die Vertretung des vakanten Lehrstuhls Absatz und Marketing in Oldenburg, auf den er im Jahr 2000 berufen wurde. Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählen die Bereiche Marketing und Gesellschaft, Sustainability-Marketing und Markenforschung. Raabe nimmt zahlreiche Funktionen in der regionalen und überregionalen Wirtschaft wahr.

Prof. Dr. Thorsten Raabe studied economics at Hanover University, where he was awarded his doctorate and submitted his post-doctoral dissertation in 1999. During this time he also worked in management consultancy. In 1996, while still a research fellow, he filled the vacant Chair of Sales and Marketing in Oldenburg, to which he was officially appointed in 2000. His research focus includes areas such as Marketing and Society, Sustainability Marketing and Brand Research. Raabe fulfils a number of functions in the regional and national economy.