

# Smart Grids und ihre Nutzeneffekte

## Effizienzwirkung im Allgemeinen und bei Anwendung eines Last- und Erzeugungsmanagements im Speziellen

Eine umweltverträgliche und energieeffiziente Energieversorgung erfordert eine nachhaltige Restrukturierung des bestehenden Energiesystems. Zentrales Element für die Weiterentwicklung der Stromnetze ist ein technisches «Upgrading» der Netze, in der Fachwelt oftmals unter dem Begriff «Smart Grids» zusammengefasst. Der Artikel diskutiert den Nutzen von Smart Grids, im Speziellen durch ein Last- und Erzeugungsmanagement.

### Alfons Haber, Markus Bliem

Die Energieversorgung in der Schweiz ist vorwiegend durch Grosskraftwerke geprägt, welche mit hohen Erzeugungsleistungen den Stromverbrauch decken. Es wird somit zentral eingespeist und die Übertragung und Verteilung erfolgt - ausgehend von den Höchst- und Hochspannungsnetzen - zu den unterlagerten Netzebenen. Zusätzlich sind eine Reihe von Erzeugungsanlagen in Hoch- bis Niederspannungsnetze angeschlossen.

Über den zukünftigen Zubau von Erzeugungsanlagen, der grösstenteils in den Verteilnetzen erfolgt, und begleitet von einer technischen «Aufrüstung» der Netze, werden Strukturen von funktional hochentwickelten Netzen (sogenannte Smart Grids) geschaffen. Die europäische Technologieplattform für die zukünftigen Stromnetze definiert Smart Grids als Netze, welche das Verhalten und die Handlungen der durch das Netz verbundene Nutzer (Produzenten, Konsumenten oder sog. «Prosumer») intelligent zu integrieren vermögen. [1]

Mit der Errichtung von Smart Grids sind erhebliche Investitionskosten verbunden, welche vor allem von den Netzbetreibern getätigt werden müssen. Die Modernisierung des Netzes bedingt einen mehrjährigen Übergangs- bzw. Transformationsprozess, an dessen Ende ein «intelligenteres» Netz steht, welches den Nutzern neue Möglichkeiten bietet.

So bilden Smart Grids eine wesentliche Grundlage, um den Anteil an dezentraler Stromerzeugung im bestehenden Stromsystem zu erhöhen. Sie schaffen die Basis für ein verbessertes Management von dezentraler Energieerzeugung, dezentralem Verbrauch und konventionellen Kraftwer-

ken und optimieren die Bereitstellung von elektrischer Energie. Sie erleichtern zudem die Etablierung von Marktmodellen, etwa mit flexiblen Tarifen.

Die Übertragungsnetze werden in diesem System insbesondere für die Netzstabilität erforderlich sein.

### Investitionen

Wie umfangreich Investitionen in die Netze und die Erzeugung – insbesondere die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) – ausfallen, hängt von der jeweiligen Systemauslegung, der historischen Entwicklung der Elektrizitätsversorgungssysteme und von den wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen ab. Wird beispielsweise ein rascher Anstieg der Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger angestrebt, kann dies unmittelbar weitreichende Investitionen in die Netzinfrastruktur auslösen. Denn insbesondere im Bereich der Verfügbarkeit dieser Energieträger und der Lastschwerpunkte sind häufig neue bzw. zusätzliche Netzkapazitäten erforderlich.

### Arten von Nutzen

In einer vom Electric Power Research Institute (EPRI) veröffentlichten Publikation werden Nutzeneffekte in technischen Nutzen, wirtschaftlichen Nutzen und Nutzen für die Umwelt (ökologischer Nutzen) unterteilt. [2]

### Technischer Nutzen

Beispiele für technische Nutzeneffekte (bezogen auf Netze und Erzeugung) können u.a. die bessere Netzauslastung (bessere Ausnutzung bestehender und zukünftiger

Infrastruktur), der Beitrag zu Netzstabilität und Versorgungssicherheit (beispielsweise Spannungsqualität), die Bereitstellung zusätzlicher elektrischer Energie (breiteres Erzeugungsportfolio) sowie die bessere Ausnutzung des Energieangebots sein. In Bezug auf die technischen Nutzen muss darauf hingewiesen werden, dass noch einige offene Punkte untersucht werden müssen, etwa der Nutzen von Regelkonzepten und deren Auswirkungen auf die nachgelagerten Spannungsebenen.

Smart Grids können somit unter anderem dabei helfen, Einspeislasten zu Spitzenzeiten zu optimieren und die Stromproduktion besser an den Verbrauch anzupassen. [2] Wie in diesem Zusammenhang die Anwendung des Last- und Erzeugungsmanagements erfolgt, wird weiter unten ausgeführt.

### Wirtschaftlicher Nutzen

Wirtschaftliche Nutzeneffekte ergeben sich etwa dann, wenn Modernisierungsmassnahmen des Elektrizitätsnetzes zu Kostenersparnissen führen oder die produzierte Menge an Strom bei gleichbleibenden Kosten erhöht wird. Zum wirtschaftlichen Nutzen zählen beispielsweise Einsparungen bei den Gesamtstromkosten oder hinausgezögerte Kapitalinvestitionen durch eine verbesserte Nutzung der Anlagen, ebenso gesunkene Kosten für die Wartung und den Betrieb von Übertragungs- und Verteilnetzen. Zusätzlich sind die möglichen positiven Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit zu nennen, die neben einer grösseren Anzahl von Erzeugungsanlagen in einer Diversifizierung des Einsatzes von Primärenergieträgern und in einer regionaleren Energieversorgung liegen können. [2]

Weiterführend finden sich in der Literatur als Nutzeneffekte positive Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzeffekte durch Investitionsimpulse, der steigende Anteil an dezentralen Erzeugungsanlagen und die damit verbundene Änderung der Energiewirtschaft.

### Abgrenzungen

Der systembezogene Ansatz von Smart Grids hat Auswirkungen auf die Übertragungs- und Verteilnetze, die Er-

zeugung und die Verbraucher, also auch auf den Strommarkt. Eine klare Zuordnung von Nutzeneffekten ist daher nicht immer möglich bzw. können diese in unterschiedlichen Bereichen auftreten. Teilweise als technischer (im Sinn der Erzeugung) aber vorwiegend als ökologischer Nutzen von Smart Grids können bei einem breiteren Erzeugungsportfolio bzw. bei erneuerbaren Energiequellen auszugswise folgende genannt werden [3]:

- Höherer Anteil an erneuerbarer Energiequellen,
- CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch Einsatz erneuerbarer Energiequellen,
- Verringerung bzw. Vermeidung von Luftschadstoffen und Feinstaub.

### Nutznieser und externe Effekte

Als Nutzniesser von Smart Grids können die Kunden, die Elektrizitätsunternehmen und die Gesellschaft im Allgemeinen gesehen werden. Eine genaue Zuweisung von Nutzeneffekten kann jedoch durch Externalitäten erschwert werden. Darunter versteht man Nutzeneffekte, von denen Dritte positiv betroffen sind, wengleich diese keinen unmittelbaren Beitrag zur Finanzierung von Smart Grid-Investitionen leisten. Als Beispiele für solche Externalitäten können die Reduktion von Schadstoffen oder die Verbesserung der Versorgungszuverlässigkeit genannt werden. Die mit diesen externen Effekten verbundenen Verteilungseffekte sind vor allem für die Wirtschafts- und Energiepolitik von Interesse, wenn es darum geht, die mit dem Ausbau von Smart Grids verbundenen Kosten den einzelnen Nutznießern zuzuordnen.

### Energiepolitik und Smart Grid

Eine wirksame Energieeffizienzpolitik bedeutet nicht, dass auf Komfort oder Annehmlichkeiten verzichtet werden muss, sondern dass bei der Planung von Energiesystemen die Energiedienstleistung und nicht der Energieverbrauch bzw. die Ener-

gieerzeugung im Vordergrund steht. Ebenso wenig bedeutet sie eine Verringerung der Wettbewerbsfähigkeit sondern einen wesentlich effizienteren Einsatz von Energie und Rohstoffen entlang der gesamten Wertschöpfungskette einer Wirtschaft.

Bei einem vollkommenen Wettbewerb erfüllt der Marktpreis eine Informations- sowie Lenkungsfunction und gibt ein Signal für die effiziente Allokation von Gütern. Gerade auf den Energiemärkten können zahlreiche Marktversagen beobachtet werden, wodurch der Preis kein ausreichendes Signal für einen umweltverträglichen und effizienten Einsatz von Energie bewirkt. Marktgestützte Lenkungsinstrumente können in dieser Hinsicht sehr gut wirken (siehe auch [4]).

Die Energieeffizienz ist eine der vier Säulen der Schweizer Energiepolitik. Bei der Diskussion über Energieeffizienz ist zu berücksichtigen, dass die Substitution fossiler Energieträger durch Strom – etwa E-Mobilität – zu einem höheren Stromverbrauch führen kann. Zudem können Verbrauchsverhalten der Kunden, u.a. bei der Informationstechnologien und den Medien, dazu führen, dass der Anteil der elektrischen Geräte in den Haushalten zunimmt und es trotz der steigenden Effizienz der Haushaltsgeräte zu keinen Reduktionen des Haushaltsstromverbrauchs insgesamt kommt. Die Vermutung, dass die Steigerungen in der Energieeffizienz nicht zwingend zu einem Rückgang des Energiekonsums führen, ist in der Literatur seit langem als «Rebound-Effekt» bekannt. [5]

In diesen beispielhaft angeführten Fällen sind bei der Erstellung von Kenngrößen der Energieeffizienz entsprechende Einflüsse zu berücksichtigen. Nicht nur aus diesem Grund ist es wesentlich, den Verbrauch zeitnah zu erfassen und ein Lastmanagement zu implementieren.

Mit Smart Grids können etwa erneuerbare Energiequellen verstärkt genutzt und der Einsatz optimiert werden. In Fällen der verbrauchsnahen Stromerzeugung können Lastflüsse reduziert und somit Netzverluste minimiert werden.

### Lastmanagement

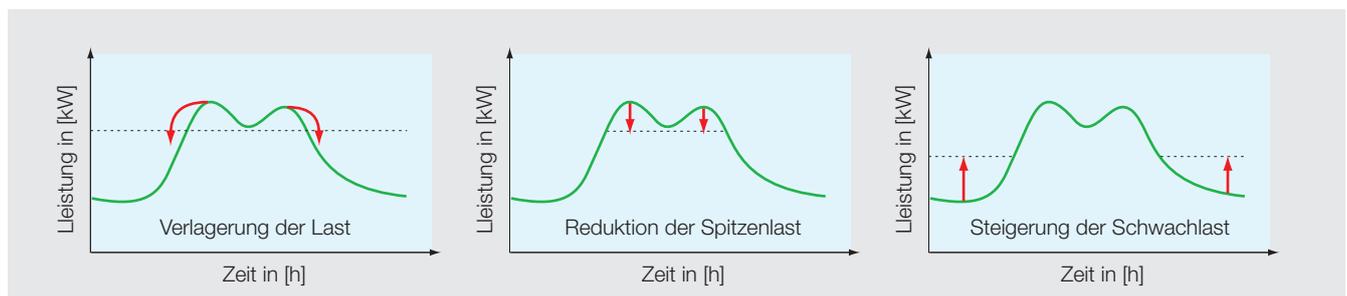
Grundsätzlich wird im Elektrizitätssystem die Last durch den Verbraucher vorgegeben. Aufgrund des erforderlichen kontinuierlichen Gleichgewichts von Verbrauch und Erzeugung muss die eingesparte (nicht verbrauchte) elektrische Energie auch nicht bereit gestellt werden.

Eine Möglichkeit zur Veränderung des Bedarfs an elektrischer Energie bzw. der Reduktion der Last ist neben dem effizienten Einsatz von Elektrizität, den Bedarf zeitlich so gut als möglich zu steuern. Über die Lastflusssteuerung kann eine Veränderung der Last beziehungsweise der Lastspitzen erreicht werden, mit der etwa Netzverstärkungen vermieden oder verzögert werden. Für die flexible, zeitliche Verlagerung von Lasten existiert eine Vielzahl von Bezeichnungen, nachfolgend wird Demand Side Management (DSM) als Sammelbegriff verwendet.

Ziel hiervon ist es, das volle Potenzial verbraucherseitiger Massnahmen auszuschöpfen, um so den Bedarf an elektrischer Energie zu steuern. Demand Side Management umfasst somit alle verbrauchs- bzw. lastseitigen Massnahmen, um Energieerzeugung, -speicherung, -verteilung und -verbrauch im Gleichgewicht zu halten bzw. die möglichen Lastspitzen auszugleichen. Somit wird unter anderem ein möglichst konstanter Energieverbrauch angestrebt, der wiederum die Netze gleichmässiger belastet. Gängige DSM-Systeme verwenden zentrale «Scheduler», die die angeschlossenen Geräte nach Prioritäten oder anderen Regeln ein- und ausschalten. Wenn eine Leistungsspitze auftritt, werden definierte Verbraucher bzw. bestimmte Lasten abgeschaltet oder über Speicher versorgt.

### Strategien des Lastmanagement

Ein Lastmanagement kann unterschiedliche Ausprägungen aufweisen. Die Strategien sind im Bild dargestellt



Strategien des Lastmanagements.

und können wie folgt angeführt werden:

- Verlagerung der Last,
- Reduktion der Spitzenlast,
- Steigerung der Schwachlast.

Bei der Verlagerung der Last (Load Shifting) wird die Last (Verbrauch) von kritischen Zeitbereichen in weniger kritische Zeitbereiche verschoben. Über eine längere Zeitperiode bleibt aber die Summe des Energieverbrauchs insgesamt gleich.

Die Reduktion der Spitzenlast (Peak Clipping) erfolgt zu einem bestimmten Zeitpunkt. Diese wird entweder nicht nachgeholt (strategische Konversation) oder muss zu einem späteren Zeitpunkt eingebracht werden (Valley Filling).

Die Steigerung der Schwachlast (Valley Filling) verfolgt den Ansatz, dass die zusätzliche Last (Verbrauch), die sonst zu Spitzenlastzeiten anfallen würde, in Zeitbereiche der Schwachlast verlagert wird.

Die am häufigsten angewandten Strategien sind die Verlagerung der Last und die Reduktion der Spitzenlast.

### Erzeugungsmanagement

Der wirtschaftliche Betrieb bzw. die erzielbaren Erlöse der Erzeugungsanlagen sind abhängig von der Energiemenge und der Höhe der festen Einspeisetarife (für geförderte Anlagen) oder die über die Teilnahme am Markt erzielbaren Preise. Die Erzeugung muss sich grundsätzlich an der Last bzw. dem Verbrauch orientieren und das unter Berücksichtigung der Netzstabilität. Durch eine zeitgleiche Anpassung der (regionalen) Erzeugung an den (regionalen) Verbrauch kann eine Effizienzsteigerung und im Falle einer bedarfsgerechten verbrauchsnahen Erzeugung, eine Reduk-

tion der Netzlast und somit eine Verringerung der Netzverluste erzielt werden.

In Abhängigkeit des Umfangs und der regionalen Konzentration der Erzeugung kann es dazu kommen, dass weniger Energie verbraucht (Netzentlastung) oder mehr Leistung erzeugt wird als benötigt: Bei einem Überschuss an Erzeugung in einem Netz kommt es zu einer Rückspeisung in das vorgelagerte Netz. In diesem Fall ist ein Ausbau bzw. eine Verstärkung des vorgelagerten Netzes notwendig. Mit Smart Grids ergeben sich hierfür technische Lösungen, welche vor allem mit der steigenden Automatisierung der Netze zusammenhängen. Um jedoch einen erforderlichen Netzausbau aufgrund einer Konzentration von Einspeisungen bzw. von Erzeugungsleistungen zu reduzieren oder gänzlich zu vermeiden, kann ein Erzeugungsmanagements hilfreich sein.

Erzeugungsmanagement wird hier über die Veränderung von Einspeiseleistung von einer oder mehrerer Erzeugungsanlagen durchgeführt. Somit werden Netzbetriebsmittel, etwa Leitungen oder Transformatoren, vor einer einspeisebedingten Überlastung geschützt und eine hohe Versorgungssicherheit gewährleistet. Die Handhabung des Erzeugungsmanagements richtet sich insbesondere nach dem Grad der Netzauslastung.

Hierdurch können die Netze optimal und effizient im technisch-wirtschaftlichen Sinne genutzt werden. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Erzeugungsspitzen über einen kurzen Zeitraum auftreten und ein entsprechender Leitungskapazitätsausbau für wenige Stunden im Jahr nicht wirtschaftlich ist. Voraussetzung für eine Beeinflussung der Einspeiseleis-

tung sind insbesondere Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) beziehungsweise eine Abstimmung mit dem Erzeugungsanlagenbetreiber. Rechtliche und wirtschaftliche Voraussetzungen werden hier nicht weiterführend diskutiert.

### Fazit

Mit Smart Grids können eine Vielzahl von gesamtwirtschaftlichen Nutzeneffekten verbunden sein. Smart Grids können etwa helfen, Einspeiselasten zu Spitzenzeiten zu optimieren, die Stromproduktion besser an den Verbrauch anzupassen, die Spannungsqualität innerhalb einer bestimmten Toleranz zu halten und Netzverluste zu reduzieren.

Durch ein abgestimmtes Management kann die Energie- und Kosteneffizienz zusätzlich erhöht werden. Voraussetzung dafür ist eine umfassende Informations- und Kommunikationstechnologie zwischen Netzkomponenten, Erzeugern, Speichern und Endverbrauchern, welche eine zeitnahe und bidirektionale Kommunikation zwischen den genannten Akteuren ermöglicht.

Für die breite Einführung von Smart Grids und insbesondere zum Einsatz des Last- und Erzeugungsmanagements sind neben entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen insbesondere zeitnahe Daten von Verbrauchern und Einspeisern sowie netzbetriebliche Beschreibungen erforderlich.

### Referenzen

- [1] [www.smartgrids.eu](http://www.smartgrids.eu)
- [2] EPRI: Methodological Approach for Estimating the Benefits and Costs of Smart Grid Demonstration Projects, Electric Power Research Institute, Palo Alto, 2010.
- [3] Bliem, M. G.; Haber, A.; Friedl, B.: Gesamtwirtschaftliche Nutzeneffekte von Smart Grids, IEWT 2011, Wien, 16.-18. Februar 2011.
- [4] Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Grünbuch – Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie, SEK (2006) 317, Brüssel, 2006.
- [5] Sorrell, S.: The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, UK Energy Research Centre, 2007.

### Angaben zu den Autoren

**Alfons Haber**, Dr. techn., Dipl.-Ing., MBA, leitet Plaut Economics. Zuvor war er bei der österreichischen Regulierungsbehörde (E-Control GmbH) beschäftigt und unter anderem für Versorgungssicherheit und Qualitätsregulierung verantwortlich.

Plaut Economics, 8304 Wallisellen  
alfons.haber@plaut.com

**Markus G. Bliem** ist Geschäftsführer des Instituts für Höhere Studien (IHS) Kärnten. Er studierte «Umweltsystemwissenschaften – Fachschwerpunkt Volkswirtschaft» und schloss 2008 sein Doktoratstudium im Klagenfurt ab.

IHS Kärnten, 9020 Klagenfurt  
bliem@carinthia.ihs.ac.at

### Résumé

#### Les smart grids et leur effet sur le rendement

#### Augmentation de l'efficacité et application de la gestion de la charge et de la production

Potentiellement, les smart grids influencent le rendement économique global à trois niveaux: technique, économique et écologique. Par rendement technique, on entend une meilleure exploitation du réseau, une stabilité du réseau et une sécurité de l'approvisionnement plus élevées. Le rendement économique sous-entend l'utilisation optimisée des installations du point de vue économique. Et le rendement écologique est synonyme de possibilités accrues pour avoir recours aux sources d'énergie renouvelables. Il n'est toutefois pas toujours possible d'attribuer clairement le rendement à une des trois catégories.

Les smart grids peuvent contribuer à améliorer la gestion de la charge qui vise une consommation d'énergie aussi constante que possible, afin que la charge des réseaux soit homogène. La gestion de la charge consiste à déplacer la charge dans le temps, à réduire les pointes de charge ou à augmenter la charge lorsqu'elle est faible. Les deux premières sont les stratégies les plus appliquées. Les smart grids ouvrent des portes pour la gestion de la production elle consiste à influencer la puissance d'injection d'une ou de plusieurs installations de production. Pour ce faire, des technologies d'information et de communication sont de mise, ainsi qu'une coordination entre producteurs et gestionnaires de réseau.

Mn