

Gesamtwirtschaftliche Nutzeneffekte von Smart Grids

Markus G. BLIEM¹, Alfons HABER², Beate FRIEDL¹

¹ Institut für Höhere Studien Kärnten, Alter Platz 10, 9020 Klagenfurt, +43 463 592150-18, bliem@carinthia.ihs.ac.at, www.carinthia.ihs.ac.at

² Plaut Economics, Engelsberggasse 4/1, 1090 Wien, +43 1 23 000 12, alfons.haber@plaut.com, www.plaut-economics.com

Kurzfassung:

Die Modernisierung der Stromnetze ist eine zentrale Voraussetzung, um die energiestrategischen Ziele der europäischen Energiepolitik zu erreichen.¹ So wird die Integration einer größeren Anzahl dezentraler Stromerzeugungsanlagen massive Investitionen in die vorhandenen Stromnetze erfordern, aber auch für die Erhöhung der Energieeffizienz und die Verringerung des Energiebedarfs durch verbrauchsseitige Maßnahmen sind Smart Grids eine wesentliche Voraussetzung.² Die Modernisierung des Netzes bedingt einen mehrjährigen Übergangs- bzw. Transformationsprozess, an dessen Ende ein „intelligenteres“ Netz steht, welches den Nutzern neue Möglichkeiten (mehr Transparenz durch intelligente Zählsysteme, Interoperabilität unterschiedlicher Zählsysteme, Last-, Energie-, Kosten- und Ressourcenmanagement, dezentrale Einspeisung, Bildung dezentral versorgter Gebiete etc.) bietet.

Im folgenden Beitrag werden, aufbauend auf einer kurzen Analyse der Strukturen und technischen Ausprägungen des bestehenden heimischen Elektrizitätssystems, die künftigen Anforderungen an das Elektrizitätssystem grob dargestellt. Ein Vergleich der aktuellen Situation mit den zukünftigen Strukturen macht notwendige Veränderungen in der Infrastruktur, Systemwirkungen (u.a. Versorgungssicherheit) und technische Impulse deutlich. Die breite Einführung einer Smart-Grid-Infrastruktur erfordert einen beträchtlichen Investitionsbedarf in das bestehende Elektrizitätssystem, mögliche Nutzeneffekte daraus wurden bis dato kaum diskutiert. Deshalb sollen, aufbauend auf den kurzen technischen Ausführungen, Nutzeneffekte identifiziert und charakterisiert werden. Neue technische Funktionen werden kurz im Hinblick auf ihre volkswirtschaftlich relevanten Wirkungen dargestellt und in einer Tabelle zusammengefasst.

Keywords: Smart Grids, Informations- und Kommunikationstechnologien, zukünftiger Systembetrieb, Kundennutzen, gesamtwirtschaftliche Nutzeneffekte

¹ Europäische Kommission (2008)

² European Commission (2006)

1 Einleitung

Die österreichische Versorgungs- und Erzeugungsstruktur ist sowohl durch Zentralität als auch durch Dezentralität gekennzeichnet. Ursache dafür sind die topologisch begründeten Strukturen und die historisch bedingte zentrale und dezentrale Erzeugungssituation. Damit aber dezentrale Energieerzeugungseinheiten wie z.B. Blockheizkraftwerke oder Photovoltaikanlagen besser in das Verteilernetz eingebunden werden können und eine Reduktion der Importabhängigkeit von Primärenergieträgern erreicht wird, bedarf es neuer Netzstrukturen – Smart Grids.

Smart Grids werden heute oft als Synonym für künftige Verteilernetze herangezogen; bidirektionale Energie-, Leistungs-, Strom- und Kommunikationsflüsse stellen alle Beteiligten vor neue technische Herausforderungen in der Versorgung mit elektrischer Energie. Stand der Technik ist, dass die Hauptaufgabe des Verteilernetzbetreibers die Verteilung elektrischer Energie ist. Das zukünftige Verteilernetz soll jedoch nicht mehr nur für die Verteilung elektrischer Energie bereitstehen, sondern auch Umschlagplatz für Energiedienstleistungen (zentrale und dezentrale Einspeisung, Last- und Energiemanagement, Abdeckung von Leistungsspitzen) werden. Es ist zu erwarten, dass sich Verteilernetzbetreiber wegen der Umstrukturierungen, weg von ihren klassischen Aufgaben in Richtung zukunftsweisende Energiebereitstellungs-, Energieverteilungs- und Energiedienstleistungsunternehmen entwickeln werden und somit auch in anderen Bereichen neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

Hohe Investitionskosten für Smart Grids erfordern eine umfassende volkswirtschaftliche Bewertung der Smart Grid Technologie. Konkret muss dabei die Frage geklärt werden, ob sich die hohen Investitionskosten lohnen, bzw. ob die daraus entstehenden Nutzeneffekte in einem sinnvollen Verhältnis zu den anfallenden Kosten stehen. Die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse kann zwar Aufschluss darüber geben, ob der Nutzen von Smart Grids die notwendigen Investitionskosten übersteigt. Eine andere entscheidende Frage ist auch, wer zu den Nutznießern der Restrukturierung der Netze zählt bzw. in welcher Art und Weise der Nutzen auftritt (Umweltnutzen, wirtschaftlicher Effekt).

2 Struktur und technische Gestaltung der IST-Situation

Das heutige Energiesystem ist dadurch gekennzeichnet, dass zentrale Großkraftwerke in Hoch- und Höchstspannungsnetze einspeisen. Der Strom wird von diesen Netzen über die Verteilernetze zu den Endverbrauchern transportiert bzw. verteilt.

Somit fließen in diesem „klassischen“ System die Ströme von den höheren zu den niedrigeren Spannungsebenen. Das Übertragungsnetz (Hoch- und Höchstspannungsnetz) dient laut diesem System zum Ausgleich von Einspeise- und Verbrauchscharakteristiken von Erzeugungsanlagen (Kraftwerken) und Endverbrauchern (Lasten). Durch verteilte Erzeugungsanlagen wird Energie ebenso in die Verteilernetze (Nieder-, Mittel- und Hochspannung) dezentral eingespeist, die zu einer Änderung des Energieflusses, bis hin zu einer (zeitweisen) Umkehr des Energieflusses, bei einer höheren Einspeisung als Last, führen kann – wie in Abbildung 1 dargestellt.

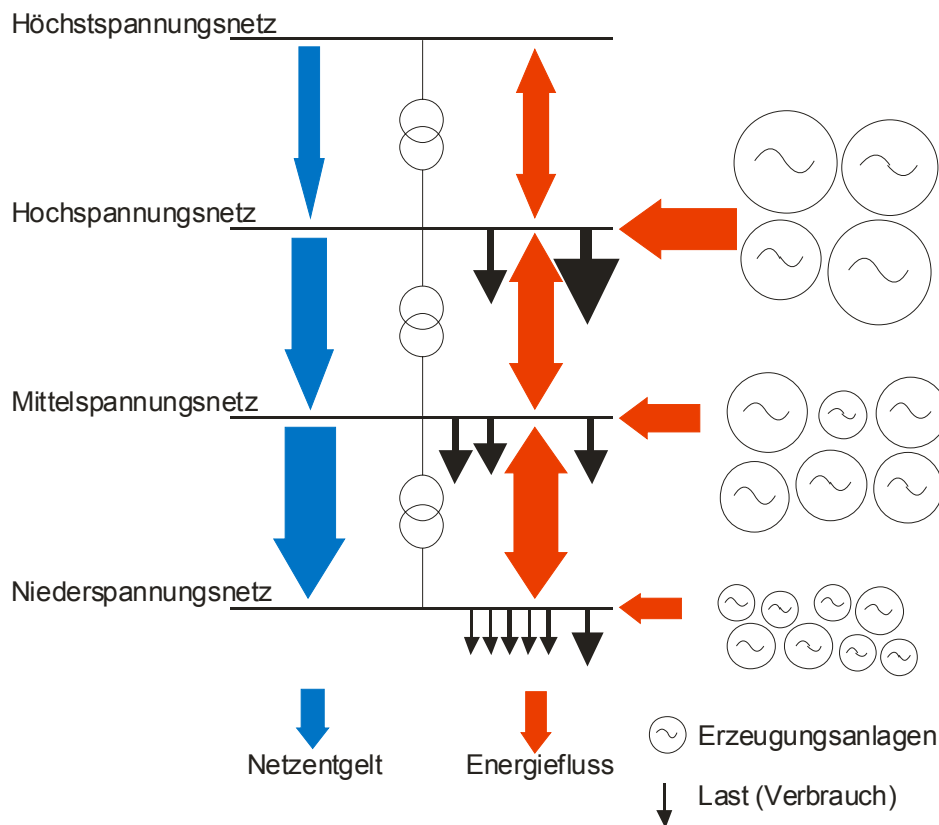


Abbildung 1: Schematische Übersicht von Stromnetzen, Entgelten, Energieflüssen, Erzeugungsanlagen und Lasten (eigene Darstellung)

Bedingt durch die bestehenden topographischen und klimatischen Bedingungen ist der Anteil der Wasserkraft in Österreich sehr hoch, sowohl was die installierte Leistung (rund 65 %), die Anzahl der Anlagen (rund 50 %) als auch die erzeugte Energie (im mehrjährigen Jahresmittel rund 60 %) betrifft. Die österreichische Erzeugungsstruktur, die durch dezentrale Erzeugung aus Wasser- und Kleinwasserkraftwerken geprägt ist, wurde in den letzten Jahren – als Folge der Ökostromförderung – auch mit weiteren kleineren, dezentralen Erzeugungsanlagen sowie Wärmekraftwerken auf Basis von Biomasse und Biogas erweitert.

Die Jahreserzeugung von elektrischer Energie in Österreich nach den unterschiedlichen Kraftwerkstypen für das Jahr 2009 ist in Abbildung 2 dargestellt.

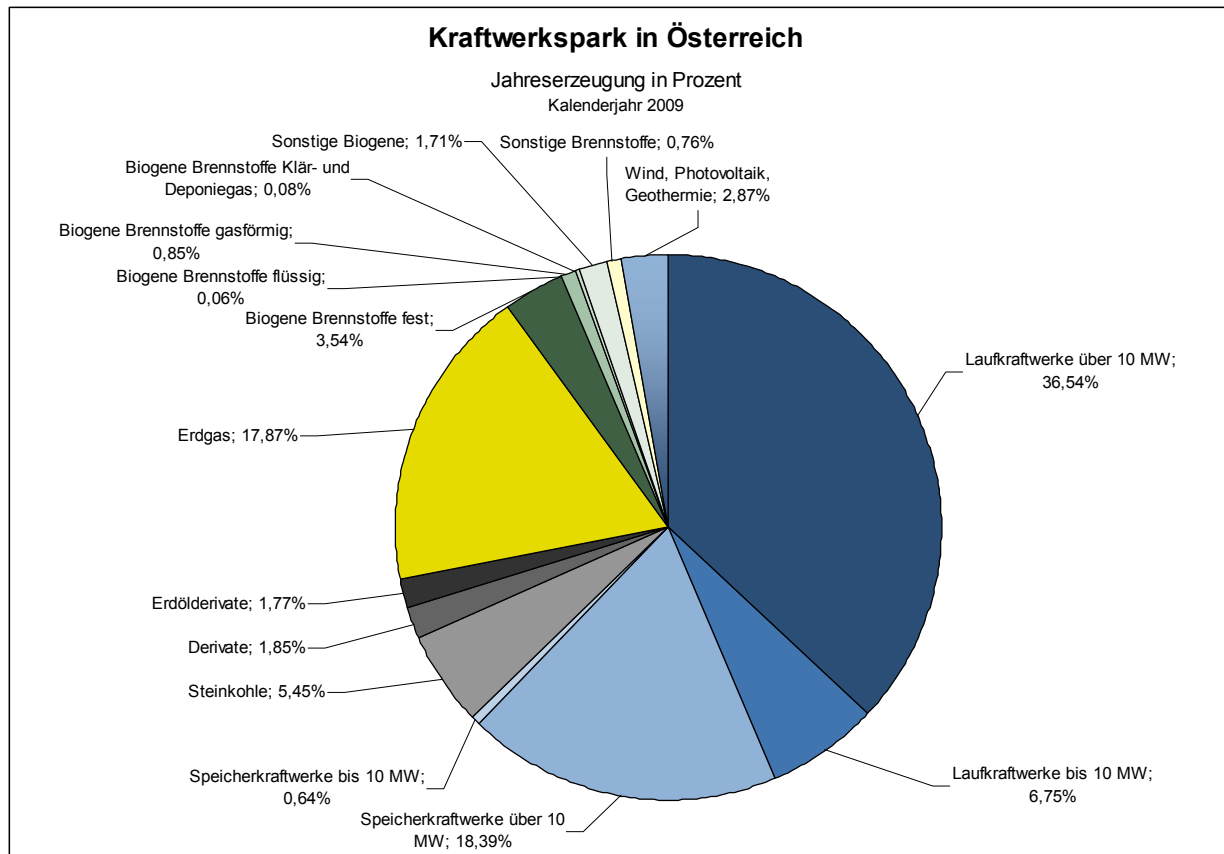


Abbildung 2: Gesamte Versorgung – Jahreserzeugung – Kalenderjahr 2009 – nach Kraftwerkstypen (eigene Darstellung, Datenquelle: www.e-control.at)

3 Darstellung künftiger Anforderungen

Die zukünftigen Stromnetze, häufig auch über Smart Grids beschrieben, werden dadurch charakterisiert sein, dass über ein abgestimmtes Management ein energie- und kosteneffizienter Betrieb des Systems ermöglicht wird. Hierzu sind umfassende Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zwischen Netzkomponenten, Erzeugern, Speichern und Endverbrauchern erforderlich, welche eine zeitnahe und bidirektionale Kommunikation zwischen den genannten Akteuren erfordert.

Dieser systembezogene Ansatz von Smart Grids hat Auswirkungen auf die Übertragungs- und Verteilernetze, die Erzeugung und die Verbraucher, also auch auf den Strommarkt. Somit ergeben sich unterschiedliche Themenschwerpunkte, die von der Erzeugung, dem Markt, der Netze, der Regulierung, dem Systembetrieb sowie dem System-Datenmanagement, die IKT-Struktur bis hin zu den notwendigen (intelligenten) Komponenten reicht. Nachfolgend liegt hier der Schwerpunkt am Nutzen, Visionen und Herausforderungen.

Der Nutzen durch die Smart Grids kann auf technischer Seite wie folgt beispielhaft angeführt werden:

- Bessere Ausnutzung des Energieangebots
⇒ Effizienterer Energieeinsatz

- Bessere Ausnutzung bestehender oder zukünftiger Strominfrastruktur
 - ⇒ Optimierung der Investitionen
- Bereitstellung zusätzlicher elektrischer Energie
 - ⇒ Verbesserte Kombinierbarkeit von dezentraler mit zentraler Erzeugung
- Beitrag zur Netzstabilität und Versorgungssicherheit
 - ⇒ Bessere Steuerbarkeit durch frühzeitiges warnen und korrigieren – Stabilitätsbeitrag

An die Netze stellen sich Anforderungen, welche über einen Zeitraum auch als Visionen beschrieben werden können. Aufgrund dieser neuen bzw. künftigen technischen Notwendigkeiten im technischen Systemmanagement ist es erforderlich, bereits heute über die Anforderungen der Netze von morgen nachzudenken, um so auch die Investitionen zielführend und zielgerichtet tätigen zu können.

Smart Grids und Visionen:

- Kurzfristig
 - Lastflusssteuerung
 - Monitoring in Verteilernetzen (vorwiegend Mittel- und Niederspannung) – Informationen über Netzparameter und Netzkomponenten
- Mittelfristig
 - Steigerung der Automatisierung der Verteilernetze (z.B. Spannung/Strom-Regelung bei MS/NS-Umspannern)
 - Aktivere Einbindung von dezentralen Erzeugungsanlagen
 - Geschäftsmodelle am Energiemarkt für dezentrale Erzeugungsanlagen
 - Energiemanagement bei Verbrauchern (z.B. Laststeuerungen, Lastinformationen, usw.)
- Langfristig
 - Neue Erzeugungstechnologien
 - Energie- bzw. leistungsautarke Regionen

Nicht nur aufgrund der oben angeführten „visionären“ Anforderungen, welche durch reale Umsetzungen und Implementierungen verwirklicht werden sollen, ergeben sich eine Reihe von Herausforderungen. Ein Auszug solcher Herausforderungen ist nachfolgend angeführt:

- Gewährleistung des Zusammenspiels zwischen den Marktteilnehmern (u.a. Erzeugung, Netz, Handel, Börse)
- Informationsbeschaffungen von den einzelnen Marktteilnehmern
- Informationsweitergabe an verantwortliche Stellen

- Unabhängig von den Rollen der einzelnen Marktakteure müssen umfassende Informationen über das Netz, die Erzeugung und den Verbrauch an einer zentralen Stelle zusammengeführt werden.
- Beschreibung der Rollen der Marktteilnehmer
- Modelle zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit weiter entwickeln (vom Verteiler- bis zum Übertragungsnetzbetreiber)
- Marktmodelle und Geschäftsmodelle für z.B. dezentrale Erzeugungstechnologien und Laststeuerungen
- Genügend Leitungskapazitäten zwischen den Netzbetreibern und den einzelnen Marktplätzen (national und international)

Die angeführten Nutzen, Visionen und Herausforderungen haben eines gemeinsam; es müssen heute bereits die rechtlichen, regulatorischen und technischen Grundlagen für Smart Grids geschaffen werden. Denn nur dadurch kann gewährleistet werden, dass beispielsweise seitens der Investoren in Erzeugungstechnologien die notwendigen technischen Anforderungen für einen bidirektionalen Informations- und Systembetrieb implementiert werden, die Netzbetreiber im regulierten Umfeld neben den technischen Regeln für den Parallelbetrieb ebenfalls die notwendigen Investitionen tätigen können und nicht zuletzt auch mögliche verbrauchsseitige Maßnahmen (z.B. Abschaltungen von Betriebsmitteln – über Elektroinstallationen) gesetzt werden können.

4 Identifizierung und Kategorisierung von Nutzeneffekten

Um Smart Grids in Österreich flächendeckend einzuführen, bedarf es einer Umstrukturierung des Elektrizitätssystems, insbesondere im Mittelspannungs- und Niederspannungsbereich, wofür in den nächsten Jahren beträchtliche Investitionen in das Elektrizitätssystem geleistet werden müssen. Intelligente Stromnetze stellen jedoch nicht nur aus technischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht eine bedeutende Änderung gegenüber der heutigen Struktur der Stromwirtschaft dar. Andererseits betrifft ein überwiegender Teil der Investitionen die heimischen Netzbetreiber, welche einer Anreizregulierung unterworfen sind. Änderungen in der Kostenstruktur haben unmittelbare Auswirkungen auf die Höhe der Systemnutzungstarife und die Endkunden müssen die höheren Netzentgelte bezahlen.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind deshalb zusätzliche Investitionen in die Netze nach ihrer gesamtwirtschaftlichen Wirkung zu hinterfragen, wobei hier sowohl kurzfristige als auch langfristige Faktoren eine bedeutende Rolle spielen. Kurzfristig kann die Implementierung von Smart Grids in Österreich beträchtliche Kosten verursachen, während langfristig wiederum Einsparungseffekte im Bereich der Infrastrukturbereitstellung eintreten können. Kurzfristige volkswirtschaftliche Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte können auch mit dem Ausbau bzw. dem Umbau der Netze verbunden sein. Zusätzlich sind die möglichen positiven Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit zu nennen, die neben einer größeren Anzahl von Erzeugungsanlagen, einem möglichen breiteren Einsatz von Primärenergieträgern auch in einer regionaleren Energieversorgung liegen können.

Im Zusammenhang mit Smart Grids soll die Diskussion losgelöst zu den messtechnischen Aspekten, und hier im konkreten zu den Smart Meters erfolgen, welche neben der Erfassung

des Energieverbrauchs noch weitere Aufgaben erfüllen können. Dennoch wird hier das Thema Smart Meter auszugswise angeführt, denn in einem Smart Grid befinden sich Smart Meter, die in Kombination zu weiterreichenden Nutzeneffekten führen können.

Die Installation spezifischer technischer Komponenten (z.B. Smart Meter) verändern den Charakter der Netze und ermöglichen neue Funktionen, aus welchen sich verschiedene Nutzen ableiten lassen (Abbildung 3). D.h. erst aus den technischen Innovationen abgeleitete Funktionen können für die Kunden einen Nutzen stiften. Beispielsweise können durch die Implementierung von Smart Metern den Kunden Informationen zur Verbrauchstruktur oder den Kosten gegeben werden. Erst diese neue Funktion (Informationsbereitstellung) kann bei den Endkunden einen Nutzen stiften (niedrigere Stromkosten, Kontrolle der Verbrauchsstruktur).

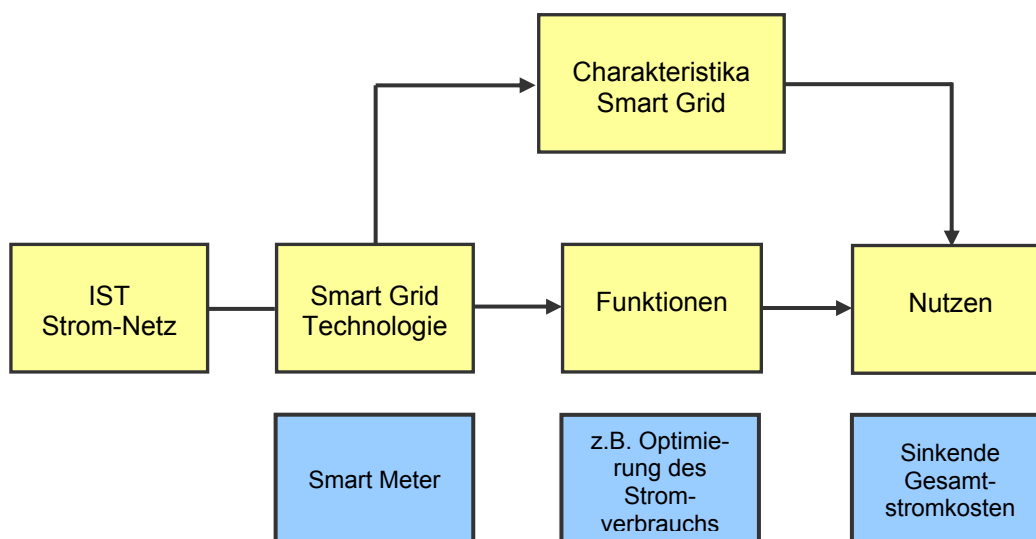


Abbildung 3: Ableitung der Nutzen von Smart Grids (eigene Darstellung, Quelle: EPRI (2010), S. 2-21)

Ob und in welchem Umfang eine technische Neuerung Nutzen stiftet, ist jedoch von Fall zu Fall unterschiedlich zu bewerten. Es ist auch von besonderem Interesse zu erheben, welche Gruppe/n von der Umstrukturierung der Netze besonders profitieren, da bekannter Weise die hohen Investitionskosten überwiegend auf die Gruppe der Elektrizitätsunternehmen entfallen.³ Gegenstand dieses Aufsatzes bildet somit die Identifizierung und Kategorisierung von ausgewählten Nutzeneffekten von Smart Grids. Qualitativ lässt sich dadurch zeigen, welche Gruppe/Stakeholder von welchem Nutzen profitiert. Eine quantitative Bewertung wird jedoch nur ansatzweise – sofern dafür eine Literatur verfügbar ist – vorgenommen.

³ Mukherjee, J. (2008). *Societal Benefits of Smart Grid – An Economics Perspective*, in: Automation Insight, S. 2. KEMA, April 2008.

4.1 Identifizierung von Nutzeneffekten

Die bestehenden Stromübertragungs- und Verteilernetze in Österreich sind teilweise viele Jahrzehnte alt und digitale Informations- und Kommunikationstechnologien finden heute nur begrenzt Anwendung. Um der Herausforderung einer alternden Infrastruktur zu begegnen und eine Energieversorgungsstruktur sicher zu stellen, welche die wachsenden und sich ändernden Bedürfnisse der Kunden befriedigt, ist es erforderlich, ein zukunftsorientiertes oder „smartes“ Netz zu errichten. Die Umstrukturierung des Elektrizitätsnetzes, hin zu Smart Grids, erfordert eine Reihe von technischen Investitionen und Veränderungen, welche ihrerseits die Funktionalität der Netze verändern. Die in der Literatur angeführten Vorteile sogenannter „intelligenter Netze“ reichen von sinkenden Gesamtstromkosten über die Schaffung neuer Arbeitsplätze bis hin zur Umsetzung einer vorwiegend auf Erneuerbaren basierenden Energiewirtschaft. Nachfolgend werden ausgewählte Nutzeneffekte dargestellt und diskutiert.

4.2 Sinkender Gesamtstrompreis⁴ und Reduktion der Spitzenlast

Smart Grids können die Preisbildung an Strommärkten beeinflussen. Ein uneingeschränkter Informationsaustausch zwischen Marktakteuren ist eine notwendige Voraussetzung dafür, dass Marktpreise ihre Informations- und Lenkungsfunction erfüllen können. Zwischen den Endverbrauchern und den Stromproduzenten ist die Preisbildungsfunktion im derzeitigen System gestört, was dazu führt, dass Preise kein ausreichendes Signal bieten können. In „smarten Grids“ können Konsumenten besser in den Markt eingebunden werden, denn intelligente Netze ermöglichen eine bidirektionale Kommunikation zwischen Erzeugungsanlagen, Speichern, Netzkomponenten und Endverbrauchern. Real-time-Preise können zu einer Senkung von Lastspitzen und somit zu einer Flexibilisierung und Senkung von Energiekosten führen. Die Real-time-Preise schaffen die technische Voraussetzung dafür, dass nachfrage-seitige Maßnahmen besser umgesetzt werden können. Für das Last- und Demand-Side-Management entstehen völlig neue Möglichkeiten, da Konsumenten für Energieeinsparungen entsprechend „unmittelbar und ursachengerecht belohnt“ werden können. Voraussetzung dafür ist ebenfalls eine intelligente Zählung (Smart Metering) und eine entsprechende Visualisierung beim Verbraucher.

Die bidirektionale Kommunikation der intelligenten Netze und smarte Geräte ermöglichen es dem Konsumenten, an automatisch gesteuerten Programmen zur Lastverschiebung (automated demand response) teilzunehmen. Ist das Gerät erst einmal programmiert wird die Last abhängig von Informationssignalen des Elektrizitätsunternehmens reduziert, ohne dass der Konsument selbst eingreifen muss.⁵

In den meisten Regionen der EU werden 5-8 Prozent der installierten Kapazität für nur 1 Prozent der Zeit benötigt.⁶ Konkret würde das heißen, dass Konsumenten durch Lastverschiebungen von einem günstigeren Strompreis profitieren, wenn sie die elektrischen Geräte (z.B. Warmwasserbereitung, etc.) dann einschalten, wenn der Preis verhältnismäßig niedrig ist (in

⁴ Die Gesamtstrompreis setzen sich aus dem Energiepreis, dem Netztarif (bzw. Netzentgelt) sowie Steuern und Abgaben zusammen.

⁵ EPRI (2008). *The Green Grid. Energy Savings and Carbon Emissions Reductions Enabled by a Smart Grid.* Technical Update, June 2008. Electric Power Research Institute. Palo Alto, S. 6-1

⁶ The Brattle Group (2009). *Unlocking the €53 Billion Savings from Smart Meters in the EU. How increasing the adoption of dynamic tariffs could make or break the EU's smart grid investment*, S. 2

Zeiten geringer Nachfrage).⁷ Eine Verringerung der Spitzenlast führt wiederum zu einer Senkung der Preise für den Endkonsumenten.⁸

Die Möglichkeit den Kunden über Smart Meters detaillierte Verbrauchs- und Preisinformationen bereitzustellen, befähigt den Konsumenten nicht nur Strom bevorzugt in off-peak Zeiten zu nutzen, sondern generell Energie einzusparen.⁹ Lastmanagement Projekte an sich können, zusätzlich zu dem ursprünglichen Ziel die Spitzenlast zu reduzieren, zu Energieeinsparungen im Ausmaß von einigen Prozentpunkten führen. Konkret heißt das, dass eine Verschiebung des Elektrizitätskonsums zu off-peak Zeiten gleichzeitig zu einer Reduktion des Energiekonsums insgesamt führen kann. Ein Beispiel dafür wäre, die Dämpfung des Lichts zu Spitzenlastzeiten, wodurch absolut der Energieverbrauch gesenkt wird.¹⁰

4.2.1 Sinkende Kapitalinvestitionen durch eine verbesserte Nutzung der Anlagen

Werden Lasten und Netzleistung besser vorhergesehen, können die Netzbetreiber auf einen effizienteren Erzeugermix zurückgreifen, wodurch es zu einer Reduktion der Kosten kommt. Eine Verschiebung der Spitzenlast und eine daraus resultierende gleichmäßigere Elektrizitätsproduktion (flachere Lastkurve) führen dazu, dass die Erzeugungskapazitäten insgesamt gesenkt (siehe Abbildung 4) und künftige Investitionen in Erzeugungskapazitäten hinausgeschoben werden können.¹¹ Dies trägt dazu bei, dass auf alte umweltschädliche Kraftwerke verzichtet werden kann bzw. ein deutlich geringerer Ausbau der Erzeugungskapazitäten notwendig ist, um den zukünftigen Bedarf an elektrischer Energie zu decken.

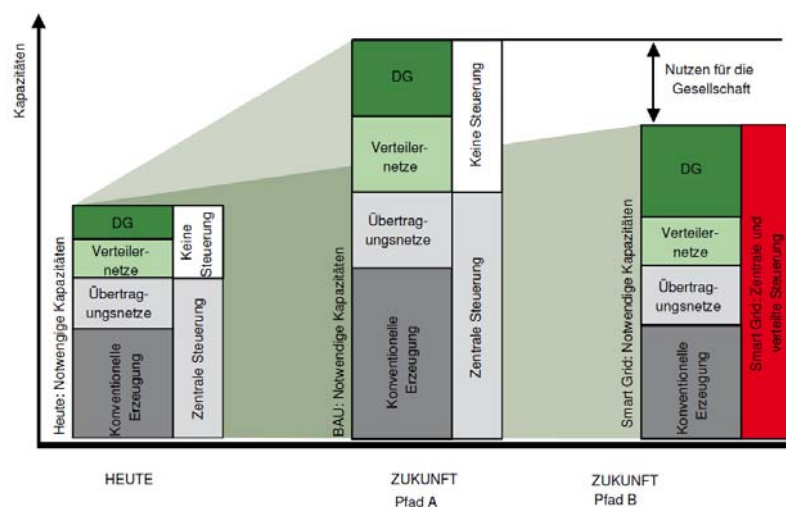


Abbildung 4: Abschätzung der Kapazitätsentwicklung mit und ohne Smart Grids (Quelle: SMART GRIDS Austria, S. 16)

⁷ PwC (2010). *Studie zur Analyse der Kosten-Nutzen einer österreichweiten Einführung von Smart Metering*. PricewaterhouseCoopers Österreich, S. 25

⁸ EPRI (2010). *Methodological Approach for Estimating the Benefits and Costs of Smart Grid Demonstration Projects*. Electric Power Research Institute. Palo Alto, S. 2-24

⁹ National Energy Technology Laboratory (2010). *Understanding the Benefits of the Smart Grid. Smart Grid Implementation Strategy*, S. 8ff

¹⁰ Pacific Northwest National Laboratory (2010). *The Smart Grid: An Estimation of the Energy and CO₂ Benefits*, S. 3-7f

¹¹ EPRI (2010), S. 3-9ff

Ein weiterer Vorteil der intelligenten Netze ist, dass Kosten des Engpass-Managements gesenkt und Kosten von Hilfsdiensten (Leistungs-Frequenzregelungen zur Gewährleistung der Systemstabilität) reduziert werden können.¹²

4.2.2 Übertragungs- und Verteilernetze

Eine Senkung der zeitgleichen Last und der Beanspruchung der Übertragungsnetze verändert bzw. verzögert zusätzliche Netzinvestitionen. Im Gegensatz dazu kann durch vermehrte konzentrierte Einspeisung eine Erhöhung der Übertragungskapazitäten notwendig sein.

Ein Echtzeitmonitoring, eine Verschiebung des Elektrizitätsflusses und die Reduktion von Fehlerströmen könnten Nachrüstungen an Anlagen und Transformatoren hinauszögern. Dies gilt ebenso für Investitionen im Bereich der Verteilernetze. Ein Echtzeitmonitoring und Lastmanagement an Netzabgängen kann zu einer Optimierung der Betriebsführung, der Netzplanung und somit zusätzlichen Investitionen führen. Eine Verringerung der mechanischen Beanspruchung der Anlagen und Geräte erhöht die Nutzungsdauer und reduziert die Wahrscheinlichkeit eines frühzeitigen Ausfalls.¹³

Smart Grids sind durch eine starke Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologie gekennzeichnet. Dadurch vereinfacht sich ebenfalls bei der Einbindung von Netzanlagen die Wartung und Überprüfung der Anlagen, Geräte und Netze. Zustandsüberprüfungen der Anlagen können online durchgeführt werden, automatisierte oder über Leitwarten angesteuerte Leistungsschalter erfordern kein Personal vor Ort (z.B. Umspannstationen). Hierdurch können Optimierungen bzw. Einsparungen erzielt werden.

Mit der Einführung von Smart Meters entfällt die heute übliche manuelle Ablesung des Zählerstandes, was ebenfalls mit Kosteneinsparungen für den Netzbetreiber verbunden ist.

Smart Grids können auszugsweise dabei helfen Einspeislasten zu Spitzenzeiten zu optimieren, die Stromproduktion besser an den Verbrauch anzupassen, die Spannungsqualität innerhalb einer bestimmten Toleranz zu halten (z.B. über Regeltransformatoren) und Netzverluste zu reduzieren, die so wieder zur Erhöhung der Effizienz beitragen.¹⁴

4.2.3 Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen

Mit dem Ausbau von Smart Grids stehen weitreichende makroökonomische Effekte in Verbindung. Hohe Investitionen in die Elektrizitätsinfrastruktur führen zu einem Impuls für die heimische Wirtschaft und bedingen Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte, nicht nur für den Sektor Elektrizitätswirtschaft, sondern durch die wechselseitig verknüpften Liefer- und Bezugsstrukturen, für viele Bereiche der heimischen Wirtschaft. Eine Studie von KEMA schätzt für die USA, dass mit der Umsetzung von Smart Grids Projekten innerhalb von vier Jahren Investitionsausgaben von 64 Milliarden Dollar verbunden sind. Damit verbunden ist ein Beschäftigungseffekt von 280.000 Arbeitsplätzen, wobei geschätzte 140.000 Arbeitsplätze dauerhaft geschaffen werden.¹⁵

¹² EPRI (2010), S. 4-16

¹³ EPRI (2010), S. 4-16

¹⁴ EPRI (2010), S. 4-17

¹⁵ KEMA (2008). *The U.S. Smart Grid Revolution. KEMA's Perspectives for Job Creation*, S. 1-1

4.2.4 Etablierung neuer Elektrizitätsmärkte

Smart Grids bieten Kunden¹⁶ bzw. Netzbenutzern¹⁷ die Möglichkeit am Elektrizitätsmarkt in einer neuen Form teilzunehmen. In Smart Grids treten z.B. Haushalte nicht mehr lediglich als Endkunden, wie im klassischen Elektrizitätssystem auf, sondern erzeugen mit kleinen Anlagen selbst elektrische Energie oder Wärme, die sie entweder selbst verbrauchen oder in das Netz einspeisen;¹⁸ damit werden aus Kunden gleichzeitig Produzenten („Prosumer“). Durch die Einbindung vieler neuer Erzeuger kann der Elektrizitätsmarkt deutlich an Dynamik gewinnen und es kann die Dominanz der Großerzeuger reduziert werden. Die Integration vieler kleiner dezentraler Produzenten muss somit auch im Sinne der Verbesserung des Wettbewerbes im europäischen Energiemarkt, ein vorrangiges Ziel bei der Umgestaltung des Elektrizitätssystems sein.

4.2.5 Reduktion der CO₂-Emissionen

Ein Rückgang des Elektrizitätskonsums, die verstärkte Integration elektrisch betriebener Fahrzeuge sowie dezentraler erneuerbarer Energieträger können zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen beitragen. Intelligente Geräte passen sich den Preissignalen der Elektrizitätsunternehmen an, ein optimiertes Übertragungs- und Verteilernetz minimiert die Netzverluste und demzufolge die Emissionen. Emissionen können weiters durch einen verstärkten Ausbau von Kraft-Wärme-Koppelung, einer erhöhten Einspeisung erneuerbarer Energieträger, optimierter Kraftwerke und der Vermeidung der Inanspruchnahme zusätzlicher Kapazitäten (Lastmanagement) verringert werden.¹⁹

In einer Studie von Pacific Northwest National Laboratory²⁰ wurden die Auswirkungen von Smart Grids auf den Energieverbrauch und damit verbundene CO₂-Einsparungen quantifiziert. Das Ergebnis ergab für den U.S. Elektrizitätssektor ein direktes Energie- und CO₂-Einsparpotential von 12 Prozent sowie ein indirektes Einsparpotential von 6 Prozent. Die genannten Energieeinsparungen lassen sich jedoch nur durch breiten Einsatz neuer Technologien und Maßnahmen erzielen,²¹ welche sich allerdings hinsichtlich ihres Beitrages zu den Energie- und CO₂-Einsparungen deutlich unterscheiden.

Energie- und Klimaziele auf nationaler und internationaler Ebene sehen eine verstärkte Integration erneuerbarer Energieträger sowie eine Steigerung der Effizienz und einer Reduktion der CO₂-Emissionen vor. Smart Grids schaffen die infrastrukturellen Voraussetzungen für die Erreichung dieser Ziele.²²

¹⁶ Siehe zugehörige Definition in §7 EIWOG (2010)

¹⁷ Siehe zugehörige Definition in §7 EIWOG (2010)

¹⁸ National Energy Technology Laboratory (2010), S. 9

¹⁹ EPRI (2010), S. 2-25ff

²⁰ Pacific Northwest National Laboratory (2010)

²¹ Zu den Mechanismen zählen: 1) Einspareffekte durch Konsumenteninformation und Feedback Systeme 2) Gemeinsames Marketing von Energieeffizienz und Lastmanagement Programme 3) Einsatz von Diagnoseprogrammen in Wohngebäuden sowie kleinerer und mittlerer Bürogebäude 4) Messung und Überprüfung von Energieeffizienzprogrammen (Measurement & Verification) 5) Lastverschiebung hin zu einer effizienteren Produktion 6) Unterstützung zusätzlicher Elektrofahrzeuge sowie Plug-In Hybrid Elektrofahrzeuge 7) Einsparungen durch Spannungsreduktion und erweiterte Spannungskontrolle (advanced voltage control) 8) + 9) Unterstützung der Erhöhung der Produktion aus den Erneuerbaren Wind und Solar.

²² SMART GRIDS Austria, S. 17

4.2.6 Stärkung der Einführung einer flächendeckenden Elektromobilität

Elektromobilität gilt als umweltfreundliche und zukunftsweisende Entwicklung. Ein starker Ausbau der Elektromobilität wird unumgänglich sein, damit die Abhängigkeit des Verkehrssektors von fossilen Rohstoffen mittel- bis langfristig aufgehoben werden kann. Dämpfen derzeit vor allem die hohen Anschaffungskosten, eine noch geringe Verfügbarkeit von Modellen und eine beschränkte Reichweite die Nachfrage der umweltfreundlichen Mobilitätsform, spielen auch infrastrukturelle Hemmnisse eine bedeutende Rolle, denn es fehlt der adäquate Netzzugang.²³

Für die flächendeckende Einführung der Elektromobilität wird der Ausbau der Infrastruktur (Netzanschlüsse im Sinne von Ladestationen) eine wesentliche Rolle in einer raschen Umsetzung spielen. Smart Grids bieten die Möglichkeit, Infrastruktur für die Ladung bereit zu stellen und allenfalls für weitere Anwendungen (Speicher) zu nutzen.

Ein Ausbau der Netze und eine Anpassung an zukünftige Bedingungen (z.B. die flächendeckende Nutzung von Elektromobilität) können dazu beitragen, den Konsum von fossilen Energieträgern, insbesondere Öl zu reduzieren. Eine Veränderung der Mobilität hin zu E-Fahrzeugen, reduziert die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern bei einer gleichzeitigen Stärkung der heimischen Energieproduktion (Wasserkraft, Biomasse etc.). Smart Grids können durch die Schaffung wesentlicher infrastruktureller Voraussetzungen dazu beitragen, den Sektor Verkehr zu dekarbonisieren, den Energiekonsum auf umweltfreundliche Energieträger zu verlagern und die Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren.

4.2.7 Beitrag zur Versorgungssicherheit

Zentral gesteuerte Elektrizitätsversorgungssysteme – wie man sie heute vorfindet – haben gezeigt, dass sie in der Bereitstellung von Erzeugungskapazitäten und dem Handel mit Energie als effizient eingestuft werden können. Nicht zuletzt aufgrund ihres hohen Grades an Integration haben sich zentral gesteuerte Versorgungssysteme aber auch als verwundbar im Hinblick auf eine Störung des Systems erwiesen. Wenn die Versorgungssicherheit über die Verfügbarkeit der Primärenergieträger und Erzeugungsanlagen (technische Verfügbarkeit, z. B. Wartungsaufwand und Fehleranfälligkeit) sowie den leitungsgebundenen Transport bzw. die Verteilung über die Netze zu den Endkunden beschrieben wird, kann aufgrund eines größeren Portfolios von Erzeugungsanlagen (unter Berücksichtigung der Einsatzcharakteristik, der eingesetzten Primärenergieträger und der Anlagenverfügbarkeit) einerseits eine Diversifikation der Erzeuger und Energieträger und andererseits eine Erhöhung der bereits hohen Versorgungssicherheit und Zuverlässigkeit durch Smart Grids erreicht werden. Dennoch wird hier auch darauf hingewiesen, dass die Verfügbarkeit der Stromnetze, und hier wiederum der übergelagerten Netze, von großer Bedeutung ist. Denn nur dadurch kann eine hohe Versorgungssicherheit, insbesondere System- bzw. Betriebssicherheit, erzielt werden. Die Funktionsfähigkeit einer hochentwickelten Volkswirtschaft ist untrennbar mit der möglichst unterbrechungsfreien Bereitstellung von Energie verbunden. Die dezentrale Struktur von Smart Grids kann die Anfälligkeit eines Energiesystems bei Störungen vermindern. Auch wenn die Kunden in Europa sich an ein hohes Maß an Versorgungssicherheit gewöhnt haben und dieses auch erwarten, so können die Endverbraucher nur sehr eingeschränkt auf

²³ Umweltbundesamt (2010). Elektromobilität in Österreich. Szenario 2020 und 2050. Wien, S. 22

Versorgungsunterbrechungen reagieren bzw. es stehen ihnen nur wenige Möglichkeiten zur Verfügung, sich gegen Versorgungsunterbrechungen selbst abzusichern. Smart Grids können hier einen Beitrag zu einer Erhöhung der Versorgungssicherheit leisten.

4.3 Kategorisierung von Nutzeneffekten

Die Implementierung von Smart Grids bringt eine Vielzahl von Nutzeneffekten mit sich. Oft ist jedoch unklar, welche Gruppe besonders von den Neuerungen im Elektrizitätssystem profitiert bzw. wie sich die Nutzen auswirken (wirtschaftlich, technisch etc.).²⁴ Der Versuch Nutzeneffekte in Kategorien einzuteilen, ermöglicht eine differenzierte Betrachtung von Smart Grids. Beispielsweise kann gezeigt werden, ob die Implementierung einzelner Technologien zur Modernisierung der Netze eher wirtschaftliche Nutzen stiften, oder aber ob die Nutzen vermehrt technischer Natur sind. Um diese Fragestellung zu beantworten, werden die diskutierten Nutzeneffekte drei Kategorien zugeordnet:

- *Wirtschaftlicher Nutzeneffekt:* Führen Modernisierungsmaßnahmen des Elektrizitätsnetzes zu Kostenersparnissen, oder kann die produzierte Menge an Strom bei gleichbleibenden Kosten erhöht werden (gesteigerte Effizienz des Versorgungssystems, verbesserte Kapitalnutzung), können die Nutzen in die Kategorie „wirtschaftlicher Nutzeneffekt“ eingeteilt werden. Zu den wirtschaftlichen Nutzeneffekten zählen beispielsweise Einsparungen bei den Gesamtstromkosten, oder hinausgezögerte Kapitalinvestitionen durch eine verbesserte Nutzung der Anlagen ebenso wie gesunkene Kosten für die Wartung und den Betrieb von Übertragungs- und Verteilernetzen.
- *Nutzen für die Umwelt:* Können Schäden für das Ökosystem (Verschmutzung), der negative Einfluss auf die Gesundheit oder des Klimawandels durch bestimmte technische Investitionen verhindert oder verringert werden, kann der daraus resultierende Nutzen der Kategorie Umwelt zugeordnet werden. Zu dieser Nutzenkategorie zählt beispielsweise eine Verringerung der CO₂-Emissionen sowie sonstiger Luftschadstoffe (SO_x, NO_x und Feinstaub).
- *Technischer Nutzeneffekt:* Eine Erhöhung der Spannungsqualität oder der Versorgungszuverlässigkeit (verringerte Störfälle) sowie Versorgungssicherung (Verringerung der Abhängigkeit von Energieimporten), wird der Kategorie „technischer Nutzeneffekt“ zugeordnet werden.

Nach Zuteilung der Nutzeneffekte auf unterschiedliche Kategorien können die Effekte weiters nach Nutznießern unterschieden werden. Dabei lassen sich drei Gruppen unterscheiden:

- *Elektrizitätsunternehmen:* Eine natürliche oder juristische Person oder eine eingetragene Personengesellschaft, die in Gewinnabsicht von den Funktionen der Erzeugung, der Übertragung, der Verteilung, der Lieferung oder des Kaufs von elektrischer Energie mindestens eine wahrnimmt und die kommerzielle, technische oder wartungsbezogene Aufgaben im Zusammenhang mit diesen Funktionen wahrnimmt, mit Ausnahme der Endverbraucher.²⁵

²⁴ EPRI (2010), S. 2-16

²⁵ EIWOG (2010), §7 Z11

- *Kunden bzw. Netzbewutzer*: Endverbraucher, Stromhändler sowie Elektrizitätsunternehmen, die elektrische Energie kaufen,²⁶ „Netzbewutzer“ jede natürliche oder juristische Person oder eingetragene Personengesellschaft, die Elektrizität in ein Netz einspeist oder aus einem Netz entnimmt.²⁷
- *Gesellschaft (allgemein)*: Zu dieser Gruppe werden Nutzen gezählt, die positive als auch negative Externalitäten aufweisen – also Effekte welche die Gesellschaft bzw. Öffentlichkeit im Allgemeinen betreffen. Generell fallen überwiegend jene Nutzen in diese Kategorie, welche negative Externalitäten reduzieren (beispielsweise der Reduktion von Schadstoffemissionen). Schwieriger ist es hingegen, positive Externalitäten zu identifizieren. Gesellschaftlicher Wohlfahrtsgewinn, induziert durch Verbesserungen in der Energieeffizienz, lässt sich nicht gänzlich über den Elektrizitätspreis abbilden, sondern tritt indirekt als makroökonomischer Effekt, in der Form von z.B. neu entstandenen Arbeitsplätzen auf. Eine Steigerung der Versorgungssicherung kann ebenso dieser Gruppe zugeordnet werden.²⁸

Nutzenkategorie	Nutzen Subkategorie	Elektrizitäts-		
		unternehmen	Kunden	Gesellschaft
Wirtschaftliche Nuteneffekte	Sinkende Gesamtstromkosten		X	
	Sinkende Investitionskosten durch verbesserte Nutzung der Anlagen	X		
	Kapitaleinsparungen bei Netzen	X		
	Einsparungen bei den Betriebs- und Wartungskosten der Netze	X		
	Sinkende Netzverluste	X		
	Schaffung neuer Arbeitsplätze			X
	Etablierung neuer Elektrizitätsmärkte			X
	Erhöhte Marktchancen für dezentrale Energieerzeugungsanlagen	X		
Nutzen für die Umwelt	Reduktion der CO ₂ -Emissionen	X		X
	Reduktion der SO _x -, NO _x - und Feinstaub Emissionen	X		X
	Beitrag zur Erreichung der Klimaziele	X		X
	Stärkung der Einführung einer flächendeckenden Elektromobilität		X	
Technische Nuteneffekte	Beitrag zur Sicherung der Versorgungszuverlässigkeit	X	X	X
	Erhöhung der Spannungsqualität		X	
	Steigerung der Versorgungssicherung sowie Reduktion der Abhängigkeit von Energieimporten			X

Tabelle 1: Nutzenmatrix: Kategorisierung der Nutzen von Smart Grids

Quelle: EPRI (2010), National Energy Technology Laboratory (2010), PricewaterhouseCoopers (2010), SMARTGRIDS Austria, The Brattle Group (2009)

²⁶ EIWOG (2010), §7 Z40

²⁷ EIWOG (2010), §7 Z49

²⁸ EPRI (2010), S. 2-17

Werden die einzelnen Nutzeneffekte auf die verschiedenen Nutznießer aufgeteilt, fällt auf, dass mehr als eine Gruppe von einem bestimmten Nutzen profitieren kann. Als Beispiel kann die Reduktion der CO₂-Emissionen genannt werden. Geringere CO₂-Emissionen begünstigen die Gesellschaft an sich, da die Auswirkungen des Klimawandels verringert werden können. Allerdings sind auch Unternehmen direkt davon betroffen, welche in den EU-Emissionshandel integriert sind und somit CO₂-Zertifikate für den Ausstoß benötigen. Kann ein Unternehmen seinen CO₂-Ausstoß in einer Periode verringern, können verbleibende CO₂-Zertifikate verkauft und somit Gewinne erzielt werden. Tabelle 1 weist die einzelnen Nutzeneffekte den unterschiedlichen Kategorien zu.

5 Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag hatte zum Ziel, die mit der Einführung von Smart Grids zusammenhängenden Nutzeneffekte grob darzustellen und zu diskutieren. Dabei lag der Fokus auf der volkswirtschaftlichen Darstellung und Diskussion einer umfangreichen Systemänderung innerhalb des Elektrizitätssektors. Im Hinblick auf die beträchtlichen Investitionserfordernisse zur Modernisierung der Netzinfrastrukturstruktur und des technisch-wirtschaftlichen Potentials von „smarten“ Netzen, ist eine fundierte Bewertung von volkswirtschaftlichen Effekten nachhaltiger Systemänderungen eine wichtige Basis für mögliche Schwerpunktsetzungen im Bereich der Energie- und Forschungspolitik. Die breite Anwendung von Smart Grids scheitert heute noch vor allem an der Finanzierbarkeit und an sicheren Rahmenbedingungen. Netzbetreiber unterliegen einem strengen Regulierungsregime und sind nicht gewillt zusätzliche Investitionen zu tätigen, wenn diese nicht entsprechend durch die Netzentgelte abgegolten werden. Eine Darstellung der mit Smart Grids verbundenen Kosten und Nutzen wäre hier ein wesentlicher Schritt, um bestehende Informationsdefizite zu beseitigen und entsprechende Anreize zu schaffen.

Die zukünftigen Anforderungen an Smart Grids zeigen, dass bereits heute die rechtlichen, regulatorischen und technischen Grundlagen geschaffen werden müssen. Denn nur dadurch kann gewährleistet werden, dass die sehr häufig und viel zitierten Vorteile und gesamtwirtschaftlichen Nutzeneffekte solcher Netze auch möglich sind. Als Beispiel sei hier lediglich der bidirektionale Informations- und Systembetrieb genannt, der neben den technischen Anforderungen bei den einzelnen Netzbenutzern ebenfalls Auswirkungen auf den sicheren Systembetrieb und die Wirtschaftlichkeit der Erzeugungsanlagen hat.

Literatur

EIWOG (2010). *Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010*, ausgegeben am 23. Dezember 2010.

EPRI (2008). *The Green Grid. Energy Savings and Carbon Emissions Reductions Enabled by a Smart Grid*. Technical Update, June 2008. Electric Power Research Institute. Palo Alto. California.

EPRI (2010). *Methodological Approach for Estimating the Benefits and Costs of Smart Grid Demonstration Projects*. Electric Power Research Institute. Palo Alto. California.

- European Commission (2006). *European Smart Grids Technology Platform, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future*, Directorate-General for Research Information and Communication Unit, Brussels.
- Europäische Kommission (2008). *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Zweite Überprüfung der Energiestrategie – EU-Aktionsplan für Energieversorgungssicherheit und Solidarität*.
- KEMA (2008). *The U.S. Smart Grid Revolution. KEMA's Perspectives for Job Creation*.
- Mukherjee, J. (2008). *Societal Benefits of Smart Grid – An Economics Perspective*, in: Automation Insight. KEMA.
- National Energy Technology Laboratory (2010). *Understanding the Benefits of the Smart Grid. Smart Grid Implementation Strategy*.
- Pacific Northwest National Laboratory (2010). *The Smart Grid: An Estimation of the Energy and CO₂ Benefits*. PNNL-19112, Revision 1.
- PwC (2010). *Studie zur Analyse der Kosten-Nutzen einer österreichweiten Einführung von Smart Metering*. PricewaterhouseCoopers Österreich.
- SMART GRIDS Austria. *Roadmap Smart Grids Austria. Der Weg in die Zukunft der elektrischen Stromnetze!*.
- The Brattle Group (2009). *Unlocking the €53 Billion Savings from Smart Meters in the EU. How increasing the adoption of dynamic tariffs could make or break the EU's smart grid investment*. Discussion Paper.
- Umweltbundesamt (2010). *Elektromobilität in Österreich. Szenario 2020 und 2050*. Wien.