

# Smart Grid, cui bono? Anmerkungen zur Zukunft der Stromversorgung

Kind, Dieter

Veröffentlicht in:  
Jahrbuch 2011 der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.103-109



J. Cramer Verlag, Braunschweig

## **Smart Grid, cui bono? Anmerkungen zur Zukunft der Stromversorgung\***

DIETER KIND

Knappstraße 4, D-38116 Braunschweig

Die Neuorientierung der Energiepolitik hat in den Industrieländern eine Tendenz zur grundlegenden Veränderung der Systeme und Komponenten der Stromversorgung entstehen lassen. Konnten sich bisher die Stromverbraucher darauf verlassen, dass die gewünschte elektrische Leistung zu jeder Zeit dem Netz entnommen werden kann, wird die stark schwankende Stromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik zukünftig eine Mitwirkung der Stromverbraucher an dem in jedem Augenblick erforderlichen Abgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch erzwingen. Man spricht von einer „Energiewende“.

Dies bei einem möglichst hohen Anteil von Quellen erneuerbarer Energie erreichbar zu machen ist die Vision eines durch Datenverbindungen und Steuerung von Komponenten umfassend erweiterten intelligenten Stromnetzes, für das sich der Ausdruck „Smart Grid“ eingebürgert hat. Auf eine prägnante Formulierung gebracht bedeutet dies einen Paradigmenwechsel von

„Generation follows Load“ zu „Load follows Generation!“

### **Stromnetze heute und morgen**

Die heutige Stromversorgung hat sich im 19. Jahrhundert in der Form von Drehstromnetzen bestehend aus einander überlagerten und der Stärke des Energieflusses angepassten Spannungsebenen entwickelt. Durch Kopplung über Hochspannungs-Fernleitungen ist heute in Europa ein alle Länder umfassendes synchrones Verbundnetz entstanden, in das zentrale Großkraftwerke einspeisen und von dem aus die Endverbraucher über regionale Mittelspannungsnetze mit

---

\* Der Vortrag wurde am 11.02.2011 in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

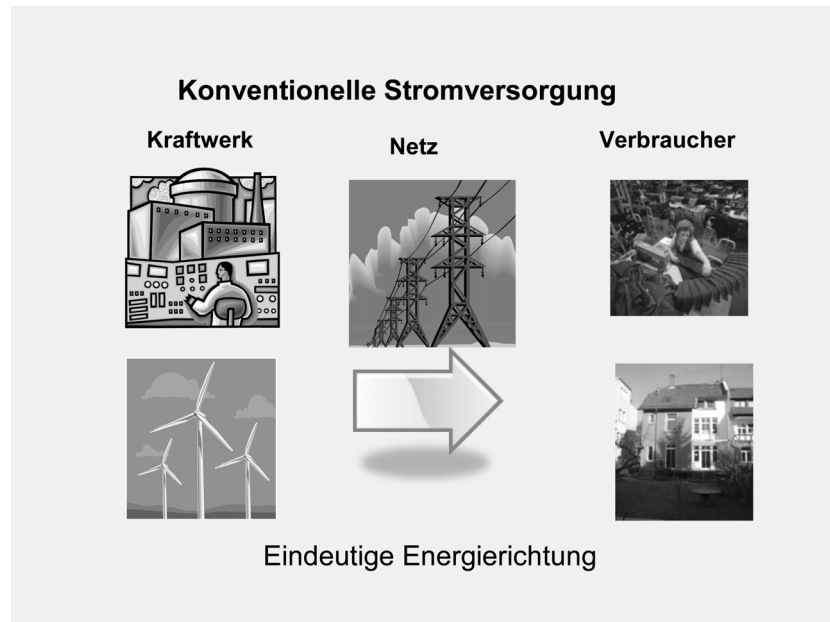


Bild 1: Im konventionellen Netz haben alle Leitungsverbindungen eine eindeutige Energie-richtung von den Kraftwerken über das Netz zu den Verbrauchern.

Niederspannung versorgt werden. Diese konventionelle Struktur kennt nur eine eindeutige Richtung des Energieflusses vom Erzeuger zum Verbraucher (Bild 1).

Die Energiewirtschaft im Allgemeinen und die Stromversorgung im besonderen wird heute von politischen Vorgaben bestimmt, die sich nur wenig an dem bisher unbestrittenen „Energiepolitischen Zieldreieck“, der ausgewogenen Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit orientieren. So ist die kurzfristige Festlegung auf vorrangige Nutzung erneuerbarer Energiequellen zum Klimaschutz mit Auflagen verbunden, die Einschränkungen bei Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit zur Folge hat. Dies gilt auch für einen Verzicht auf die friedliche Nutzung der Kernenergie. Dennoch setzen Politik und ein nicht kleiner Teil der Öffentlichkeit hohe Erwartungen in die Wirkung von „Smart Grid“.

Beginnend vor etwa 20 Jahren haben technische Entwicklungen und massive staatliche Förderprogramme Stromverbrauchern die Möglichkeit eröffnet, sich durch „Kleinkraftwerke“ an der Stromerzeugung zu beteiligen. Hierdurch wird ein Teil der im Gesamtnetz geforderten elektrischen Energie dezentral erzeugt mit der Folge, dass sich in der Verteilungsebene die Energierichtung umkehren kann (Bild 2).

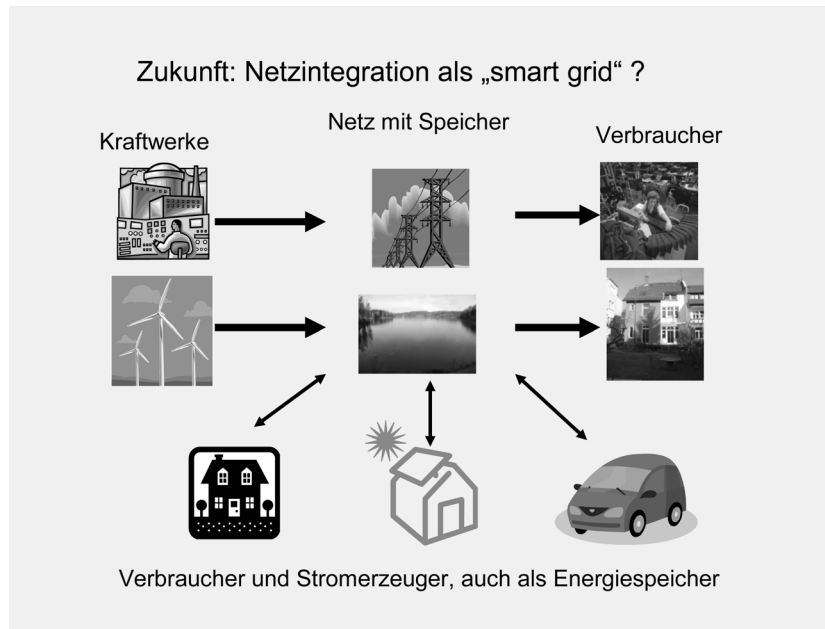


Bild 2: Im „Smart Grid“ können Verbraucher auch als dezentrale Erzeuger oder Speicher wirken. Das führt zu teilweise wechselnder Energierichtung.

### Netzstabilität ist unverzichtbar

Im gesamten Netzgebiet müssen alle elektrischen Komponenten mit der synchronen Netzfrequenz arbeiten, in Europa mit 50 Hz. Da sich die elektrische Energie in den Leitungen praktisch mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet und deshalb auch nicht im erforderlichen Umfang direkt gespeichert werden kann, muss die von allen Stromverbrauchern geforderte Leistung in jedem Augenblick von den Stromerzeugern bereitgestellt werden.

Darüber hinaus muss der Phasenwinkel der Wechselspannungen in den Verbindungsleitungen auch bei kurzzeitigen Leistungssprüngen aus Stabilitätsgründen stets weit unter 90 Grad bleiben. Die Kraftwerke erfüllen diese Bedingung zunächst nur mithilfe der in den Schwungmassen der Generatoren gespeicherten mechanischen Energie. Sie können mit ihrer Regelung erst mit Verzögerung auf eine Differenz von Erzeugung und Verbrauch reagieren. Dieser Vorgang zeigt sich in einer mit der wechselnden Last veränderlichen Änderung der Netzfrequenz, die jedoch enge Grenzen von etwa  $\pm 0,2 \text{ Hz}$  nicht überschreiten darf. So gesehen ist das Stromversorgungsnetz ein hochempfindliches System,

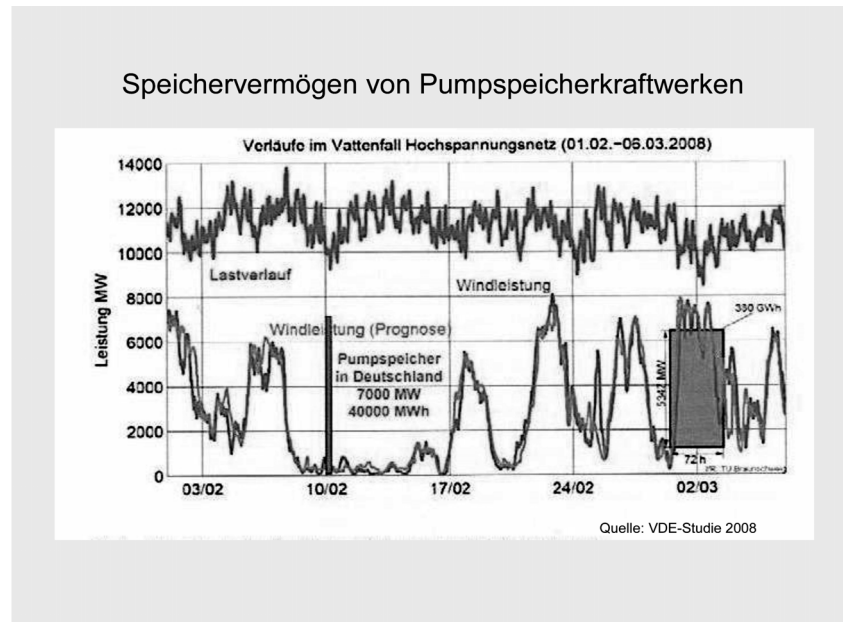


Bild 3: Die vom Lastverlauf unabhängige Windeinspeisung erfordert flexible Regelleistung der Kraftwerke. Pumpspeicherwerke können die Schwankungen nicht ausgleichen.

das nur dank effektiver Regelung und Steuerung seiner Komponenten stabil betrieben werden kann.

Diese Aufgabe wird bereits heute durch die von der zeitlichen Laststruktur weitgehend unabhängige Einspeisung hoher Leistungen aus stark schwankenden Energiequellen wie Windkraft und Photovoltaik wesentlich erschwert. Das gilt nicht nur für große zentrale, sondern auch für kleine dezentrale Anlagen bei den Verbrauchern. Ein Beispiel für diese Problematik zeigt in Bild 3 der Verlauf von Windenergiespeisung und Last im Hochspannungsnetz der Vattenfall Europe AG.

Die konventionellen Kraftwerke sind durchaus in der Lage, ihre Erzeugung einem planmäßigen Lastverlauf anzupassen, können jedoch innerhalb eines Regelbereichs die stark schwankende und praktisch nicht beeinflussbare Windleistung nur unter Inkaufnahme eines Betriebs mit vermindertem Wirkungsgrad ausgleichen. Das im Diagramm eingezeichnete schmale Rechteck entspricht dem Speichervermögen der heute vorhandenen und in Deutschland aus topologischen und wirtschaftlichen Gründen nicht wesentlich erweiterbaren Pumpspeicherkraftwerke. Das große Rechteck zeigt, dass die zum Ausgleich der



Bild 4: Schema für das zentrale Netzmanagement in einem integrierten Netz.

Leistungsbilanz etwa erforderliche Regelenenergie keinesfalls allein durch Speichereinrichtungen erbracht werden könnte.

Nicht nur von den Stromerzeugern, sondern auch durch die Mitwirkung der Stromverbraucher erwartet man wesentliche Beiträge zur Lösung der Probleme der Energiewende. Dazu müssen sich auch die Verbraucher einer zentralen Netzbetriebssteuerung unterwerfen. Voraussetzung dafür ist jedoch die als „Smart Meter“ bezeichnete Erweiterung des vertrauten Stromzählers durch ein Gerät, das nicht nur zur Messung, sondern auch zur Steuerung der angeschlossenen Geräte durch eine zentrale Netzsteuerung geeignet ist. Denn nur so kann die Stromabnahme des Kunden oder die Einspeisung eines dezentralen Kleinerzeugers einen Beitrag zur Netzstabilität und möglicherweise auch zur Energieeinsparung leisten.

Bild 4 zeigt das einfache Schema eines in Wahrheit sehr schwierigen und komplexen Systems intelligenter Stromversorgung. Eine der vielen technischen Voraussetzungen der Verwirklichung ist die erfolgreiche Weiterentwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik sowie der Leistungselektronik. Eine Gesellschaftspolitische Voraussetzung ist allerdings in jedem Fall die Bereitschaft der Stromkunden, sich der Steuerung einer Zentrale zu unterwerfen.

### Chancen und Probleme von Smart Grid

Die Vision eines Smart Grid wird sich nur schrittweise erfüllen lassen und bestenfalls erst in einigen Jahrzehnten die erhofften Wirkungen entfalten. Immerhin kann man schon heute einige technische Voraussetzungen nennen:

Die aktuellen Betriebsdaten aller Erzeuger, Verbraucher und Netzelemente müssen zentral erfasst und beeinflussbar sein.

Die wichtigsten Partner eines integrierten Netzes müssen von einem umfassenden Managementsystem gesteuert werden können.

Im Betrieb muss ein automatisches Programm Energieeffizienz und Kosten innerhalb gegebener Vertragsgrenzen optimieren.

Alle Mess- und Steuerelemente müssen auch hohe dynamische Anforderungen erfüllen, um Netzstabilität und Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Die elektrische Energie ist heute und in Zukunft eine unverzichtbare Grundlage des Lebens in einer Industriegesellschaft, das beweist auch der allen Einsparmaßnahmen zum Trotz vorhergesagte weitere Anstieg des Stromverbrauchs. Eine wirtschaftliche, sichere und umweltverträgliche Gestaltung der Stromversorgung betrifft alle Bürger, deshalb muss auch Smart Grid langfristig alle überzeugen. Welche Vor- oder Nachteile sind zu erwarten?

Die Verbraucher haben geringe Aussichten auf einen erniedrigten Strompreis, auch müssen sie von der Notwendigkeit der Einschränkung ihrer Nutzungsrechte erst überzeugt werden. Auch ergeben sich Probleme für den Datenschutz.

Die Stromversorger erwarten eine bessere Ausnützung der unkorrelierten Einspeisung von Wind und Sonne sowie eine Vermeidung von Schattenkraftwerken zum Erhalt der Netzstabilität. Auf der anderen Seite müssen sie mit hohen Kosten für den Netzausbau und mit einer Behinderung durch regionale Widerstände rechnen.

Die Industrie wird vor schwierige neue Aufgaben gestellt, die einen großen Auftragsschub bringen werden. Schon heute können statische Umrichter zur Netzstabilität beitragen und entfernte Stromquellen über Gleichstromverbindungen (HGÜ) erschlossen werden. Hier wird der Mangel an qualifiziertem Personal deutlich werden und man darf hoffen, dass sich der bei der elektrischen Energietechnik seit einigen Jahren erkennbare positive Trend bei Studienanfängern fortsetzen wird.

Die „Energiewende“ von der konventionellen zentralen Stromversorgung hin zu einer überwiegend aus „Erneuerbaren Energiequellen“ gespeisten Erzeugung darf sich nicht auf das enge politische Ziel der Vermeidung von Kernenergie und CO<sub>2</sub> beschränken, sonst wird der heute bestehende gesellschaftliche Kon-

sens in seinem Bestand gefährdet. Zukunftsfähige nachhaltige Lösungen brauchen nicht nur eine staatliche Förderung sondern auch eine angemessene Reifezeit.

### Angaben zur Literatur

In den letzten Jahren sind viele Veröffentlichungen zum Thema „Smart Grid“ erschienen. Das beweist die aktuelle Bedeutung des Themas vor dem Hintergrund der energiepolitischen Veränderungen. Die vorstehende schriftliche Kurzfassung eines Vortrags stützt sich vor allem auf eine Reihe von Studien der Energietechnischen Gesellschaft im VDE(ETG). Hierzu zählen insbesondere:

- [1] Dezentrale Energieversorgung 2020. VDE (ETG), Frankfurt 2007, 183 S.
- [2] Smart Distribution 2020. VDE (ETG), Frankfurt 2008, 83 S.
- [3] Energiespeicher in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energieträger. VDE (ETG), Frankfurt 2008, 57 S.
- [4] Smart Energy 2020, vom Smart Metering zum Smart Grid. VDE (ETG), Frankfurt 2010, 96 S.

In Anbetracht der raschen Entwicklung wurde darauf verzichtet, im Text Literaturhinweise einzufügen. Bei Bildern werden die Quellen genannt.