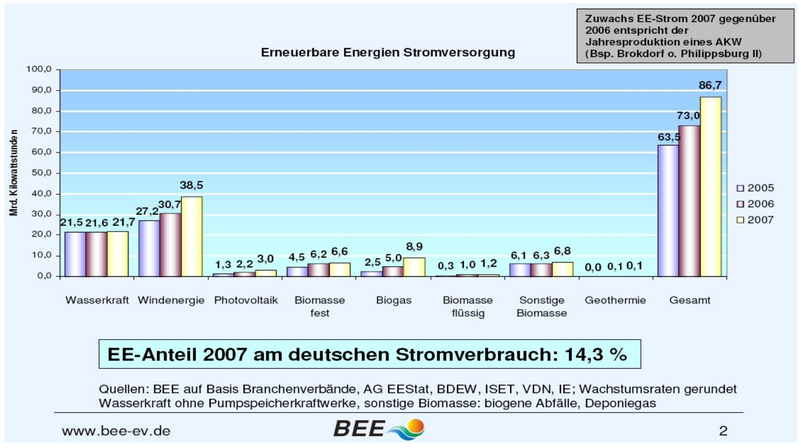
A3

Netz ohne Kraftwerk?
Autonomes selbstlernendes Energiemanagment

23. SYMPOSIUM
Photovoltaische Solarenergie
05. bis 07. März 2008

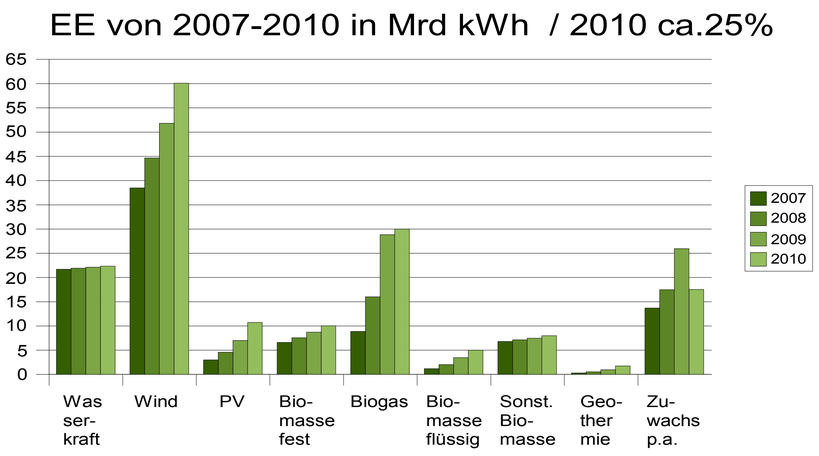
Klaus Köln
UfE GmbH
Kanalstrasse 70 23552 Lübeck
tel. +451 3002705 fax 3080094
email: Klaus.Koeln@ufegmbh.de
www.ufegmbh.de

Der Anteil von dezentral und ungesteuert eingespeister Leistung aus erneuerbaren Energien im Netz wächst ständig. Dieses Potential reicht aus, um die Kapazitäten der in Zukunft außer Betrieb zu nehmenden Großkraftwerke zu ersetzen. Dabei muss allerdings auch ein Ersatz für die Regelleistung geschaffen werden, die bislang von den Kraftwerken bereitgestellt wird. Daher ist der Einsatz gespeicherter Energie nötig. Kurzfristig lässt sich der Einsatz von Biomasse (also EE in gespeicherter Form) zwar noch steigern, aber das Potential ist begenzt. Allerdings wird der mögliche Beitrag von Biomassekraftwerken zur Netzregelung und Stabilisierung bis heute kaum genutzt. Auch die geothermische Energienutzung hat im Prinzip ein sehr hohes Potential, das in Deutschland gut in Verbindung mit den fluktuierenden Quellen Wind und Sonne genutzt werden kann. Das ausreichendende Erzeugungspotential an Energie reicht aber allein noch nicht um die Stabilität und Versorgungssicherheit im Netz zu erreichen. Diese ist nur gegeben, wenn Erzeugungsleistung und Verbrauch ständig im Gleichgewicht gehalten werden. Bis jetzt wird dies durch die Regelleistung der großen Kraftwerke erreicht. In Zukunft wird es notwendig, diese Regelung genauso wie die Erzeugung selbst auf der dezentralen Ebene zu realisieren.

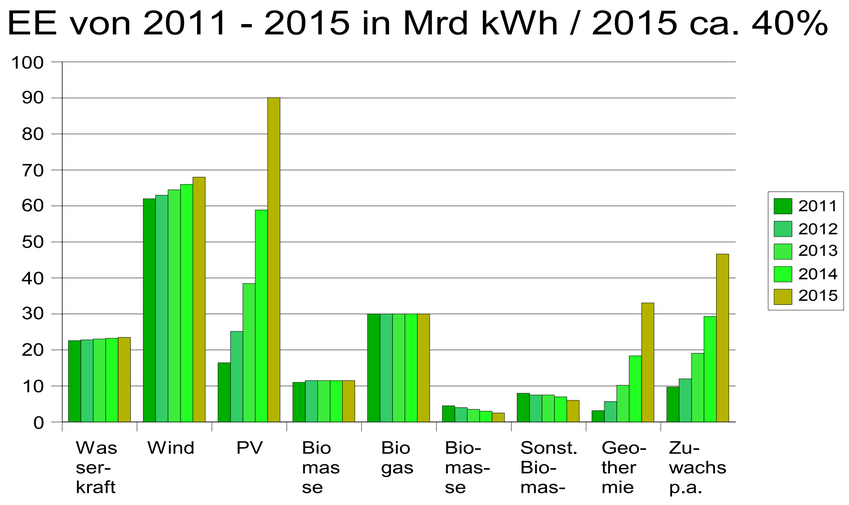


Die Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland von 2005 bis 2007

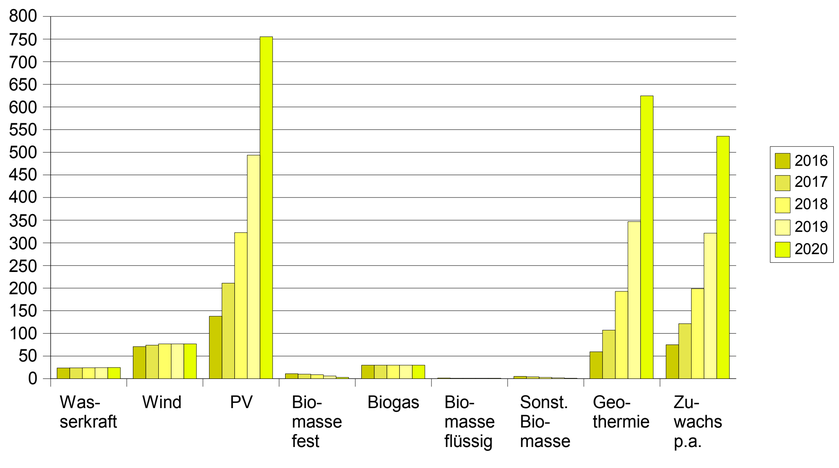
Ausgehend von diesen Zahlen und den begrenzenden Faktoren für die Entwicklung der unterschiedlichen erneuerbaren Energiequellen in Deutschland rechne ich mit folgender Entwicklung:



Windenergie übertrifft alle anderen Quellen, gefolgt von Biogas. Bei flüssiger Biomasse gibt es schon jetzt Nutzungskonflikte und Zweifel am Nutzen für Effizienz und Umweltschutz. Der Zuwachs könnte daher auch geringer ausfallen. Geothermie könnte sich weiter von der Pilot- und Forschungsphase zur Einführungsphase entwickeln. Daher wäre ein Wachstum von 80% p.a. denkbar, wenn die Anlagen größer werden und die Notwendigkeit einer kontinuierlich nutzbaren und regelbaren Energiequelle im zukünftigen Energiemix verstanden wird. Ich gehe davon aus, dass die weitere Förderung von Biogasanlagen eingestellt wird, da das Flächenangebot für einen weiteren Ausbau nicht ausreicht. Die bestehenden Anlagen werden aber zunächst weiter betrieben. Aus entsprechenden Gründen wird auch die Förderung von flüssiger Biomassenutzung, die in Konkurrenz mit Nahrungsmittelanbau steht, eingestellt werden. Die Nutzung von Holz aus dem Waldbestand ist noch nicht begrenzt. Mit Holzpellets geheizte Mikro-KWK-Anlagen haben also noch ein erhebliches Wachstums-potential. **Obwohl der Stromverbrauch weiter ansteigt, wird der Ausstieg aus der Kohleverstromung beschlossen.** Es werden keine neuen Kohlekraftwerke gebaut, die Projekte für CO2 Abscheidung und Speicherung aus Kohlekraftwerken werden verworfen. **Ebenso wird die Förderung von Kernfusionskraftwerken eingestellt.** Der Zuwachs an erneuerbaren Energien ersetzt jährlich zwei konventionelle Großkraftwerke. Elektrofahrzeuge werden in Serie produziert und zunehmend eingesetzt.

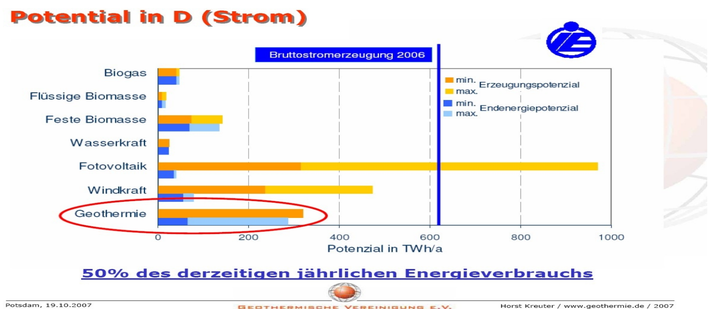


Der Windenergieanteil in wächst nur noch langsam, da im Binnenland weniger neue Windparks gebaut werden, die Off-Shore Technik noch nicht voll entwickelt und wegen der Anbindung an das Netz vergleichsweise aufwendig ist. Es zeichnen sich für die Nord- und Ostsee auch Konflikte mit Naturschutzinteressen ab. Die Photovoltaik ist zum größten Wirtschaftsfaktor in Deutschland geworden, der Exportanteil liegt über 60%. **PV-Strom kostet ab 2013 etwa 0,2€ pro kWh.** Der Stromverbrauch steigt weiter an, da die PV-Industrie einen wachsenden Anteil am Verbrauch hat. Der Zuwachs an erneuerbaren Energien von annähernd 50 Mrd kWh - das entspricht etwa 5 Großkraftwerken p.a. - kann den Mehrbedarf jedoch abdecken.



Es zeichnet sich ein völliger Umbau der Energielandschaft ab. Der Verbrauch an elektrischer Energie steigt stark an, allerdings werden fossile Raumheizungsanlagen zunehmend durch moderne Anlagen mit Elektrowärmepumpen ersetzt. Auch im Bereich Verkehr ersetzt Strom die fossilen Kraftstoffe. Die Fahrzeugbatterien spielen eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung des Netzes. **Der größte Teil aller am Netz betriebenen Geräte und Anlagen trägt mit zur Stabilisierung bei.** Die Photovoltaikindustrie exportiert einen zunehmenden Anteil der Produktion, da sich im Inland Wachstumsgrenzen abzeichnen. PV-Strom kostet nur noch 10c pro kWh. Allerdings ist die installierte Leistung so hoch, daß bei hoher Einstrahlung der größte Teil der Energie gespeichert werden muß.

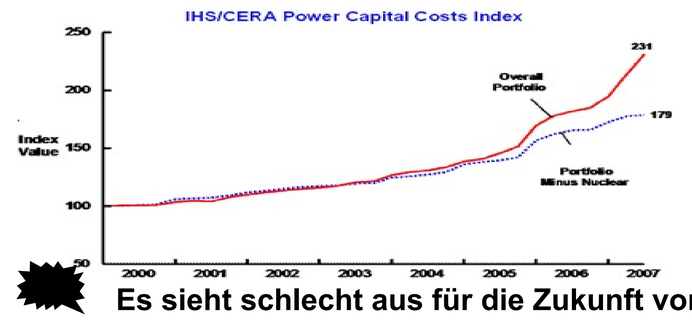
Andere Studien kommen zu ähnlichen Prognosen:



Continuing Cost Pressures Likely to Bring Delays and Postponements

HOUSTON (Feb. 14, 2008) – The costs that drive the rates that power customers pay have been going up dramatically, according to the new Power Capital Costs Index (PCCI) developed by IHS Inc. (NYSE: IHS) and Cambridge Energy Research Associates (CERA) and introduced today at the CERAWeek 2008 conference in Houston. The index shows the cost of new power plant construction in North America increased 27 percent in 12 months and 19 percent in the most recent six months, reaching a level 130 percent higher than in 2000.

The new PCCI -- which tracks the costs of building coal, gas, wind and nuclear power plants indexed to year 2000 -- registered 231 index points in the third quarter period ending in October, indicating a power plant that cost $1 billion in 2000 would, on average, cost $2.31 billion today.



Es sieht schlecht aus für die Zukunft von fossilen Großkraftwerken:

- **katastrophale Auswirkungen auf Umwelt und Klima,**
- **zu teuer,**
- **steigende Brennstoffkosten und endliche Ressourcen,**
- **sinkende öffentliche Akzeptanz,**
- **attraktive Ziele für mögliche militärische und terroristische Angriffe.**

Wie lässt sich die notwendige Regelleistung der Kraftwerke ersetzen?

Virtuelle Kraftwerke - wer lässt sich von wem fernsteuern und wer soll das bezahlen?
Normung und Einführung entsprechender Kommunikationsstrukturen sind teuer und langwierig, vorhandene Strukturen sind teilweise nicht schnell und sicher genug (Internet). Für die Regelung im Millisekunden- und Sekundenbereich ist kommunikationsgestützte Regelung teilweise zu langsam. Es zeichnen sich außerden Konflikte mit Datenschutzzielen ab.

Energiespeicher:
Eine wesentliche Möglichkeit zum Ausgleich von Energieangebot und -nachfrage sind Energiespeicher.
Z.B. Pumpspeicherkraftwerke, Druckluftkavernen, Batteriespeicher, Wasserstoff. Alle diese Speichertechnologien sind verhältnismäßig teuer. Bei Batteriespeichern gibt es mit neuen Materialien allerdings erhebliches Potential für die Zukunft.

Virtuelle Speicher
Die zeitliche Verschiebung von Erzeugung und Verbrauch (virtuelle Speicher) kann reale Speicher ersetzen und ist wesentlich billiger zu realisieren.

Fernsteuern oder Anbieten und Nachfragen?
Energiebereitstellung und -verbrauch ist ein wirtschaftlicher Prozess, zentrale Steuerung von wirtschaftlichen Prozessen hat sich als nachteilig gegenüber durch Marktprinzipien geregelter Wirtschaft erwiesen. Die technische Netzstabilität ist grundsätzlich nur bei einem Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch möglich. Was sich für wirtschaftliche Prozesse bewährt hat, sollte auch für den Energiesektor gelten, daher könnten Verfahren vorteilhaft sein, die die Netzstabilität über unmittelbaren Ausgleich von Angebot und Nachfrage regeln.

Autonomes Energiemanagment:

Ein autonomes Energiemanagment funktioniert so, dass die am Energienetz technisch angeschlossenen Geräte, die gleichzeitig ökonomisch betrachtet Marktteilnehmer sind, durch Ausgleich von Angebot und Nachfrage selbstständig stabile Verhältnisse im Netz erzeugen, ohne dabei von einer zentralen Steuerung abhängig zu sein. Dazu werden die überall im Stromnetz meßbaren Werte Spannung und Frequenz verwendet, um Erzeugung und Verbrauch zu regeln und zeitlich zu verlagern.

Autonomes Energiemanagment funktioniert noch folgendem

GRUNDGESETZ:

Präambel:

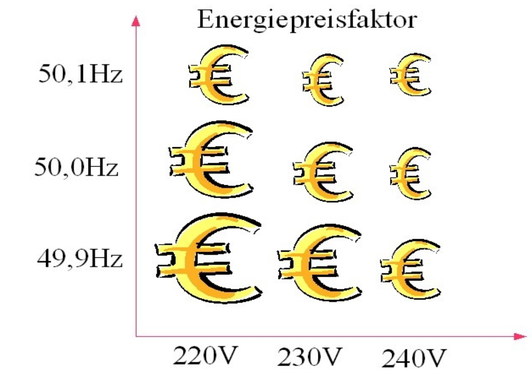
Je stabiler ein Stromnetz ist, desto weniger weichen Frequenz und Spannung vom Nennwert ab. Die Abweichungen sollen genutzt werden, um über Angebot und Nachfrage Erzeugung und Verbrauch zu regeln.

§1
Die Nennfrequenz ist 50Hz.
Bei Abweichungen wird so geregelt, daß die Abweichungen verringert werden.

§2
Die Nennspannung ist 230 (400) V.
Bei Abweichungen wird so geregelt, daß die Abweichungen verringert werden.

§3
Aus „Erfahrungen wird „gelernt“ um das Energiemanagment zu optimieren.

§4
Der Strompreis wird mit Faktoren bewertet, die von der momentanen Größe dieser Abweichungen abhängig sind.

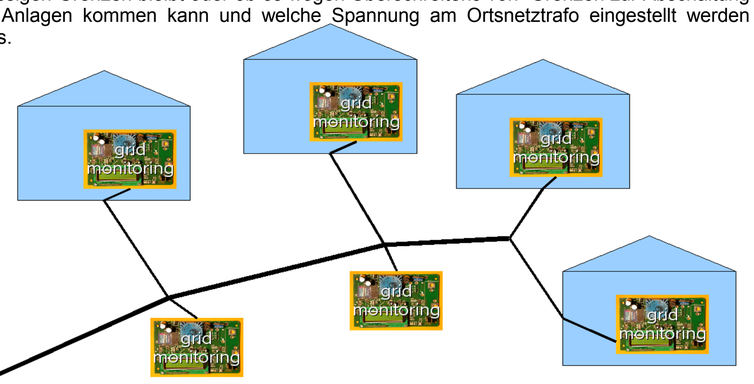


Die Entwicklung des Systems:

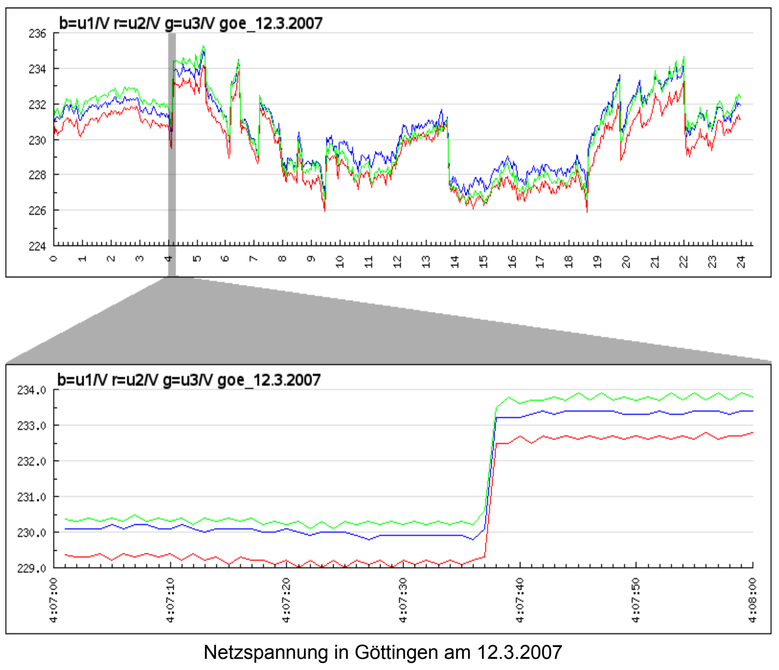
Ein wesentlicher Vorteil des autonomen Energiemanagments ist die Möglichkeit, auf eine direkte Kommunikation mit einer Leitstelle völlig zu verzichten. Daher kann dieses Verfahren unmittelbar in eine vorhandene Netzstruktur integriert werden und ist mit dieser kompatibel. Allerdings sind zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit des Energie-managementsystems mehrere Dinge notwendig: Erstens eine genaue Aufzeichnung der Netzdaten vor Ort, zweitens der Reaktionen des Systems auf diese Bedingungen unter Berücksichtigung der momentanen Prioritöt des Verbrauchers. Diese Daten müssen mit der regionalen Netzbelastung und der Situation im Verbundnetz korreliert werden. Sie sind außerdem für die Weiterentwicklung des Systems notwendig. Bei späterer Masseneinführung des Verfahrens kann dann auf die Datenaufzeichnung und die dafür nötigen Komponenten verzichtet werden. Im Idealfall ist das System dann als reine Software in einem Gerät integriert, das von einem Mikroprozessor gesteuert wird. Das kann ein Umrichter für PV- und andere erneuerbare Energien sein, ein Haushaltsgerät, Wärmepumpen und Kälteanlagen, Warmwasserboiler und Ladegeräte für Elektrofahrzeuge. Selbst Beleuchtung zu reduzieren ist denkbar, um einen Netzausfall zu vermeiden. Dieses System ermöglicht auch die Nutzung von V2G (Vehicle to Grid – Bidirektionaler Betrieb von Fahrzeugbatterien) ohne Kommunikationsstruktur. Allerdings muß die Funktionalität für das spannungsgesteuerte regionale Energiemanagement erst noch erforscht werden. Der logische erste Schritt bei UfE bestand daher in der Entwicklung des Datenloggers und eines Netzsimulators, mit dem im Labor die Funktion der einzelnen Elemente des Systems getestet werden kann.

UfE GM1 Grid Monitor

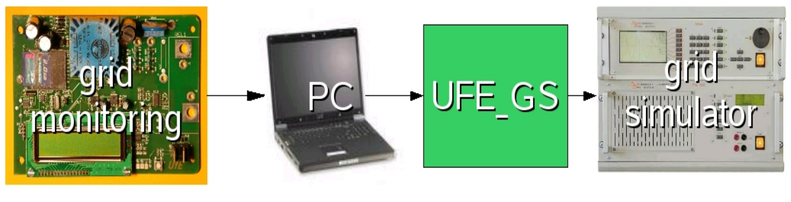
Der GM1 ist ein Datenlogger zur Aufzeichnung von Messwerten im Niederspannungsnetz. Es werden Netzspannungswerte, Frequenzwerte, Impedanzwerte und Phasenlage (bei dreiphasiger Aufzeichnung) erfasst.
Durch gleichzeitige Messungen an verschiedenen Stellen in einem Netz kann dessen Eignung für einen Anschluss zusätzlicher Lasten und zusätzlicher Einspeiseleistung besser beurteilt werden. Insbesondere kann ermittelt werden, ob die Spannung innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt oder ob es wegen Überschreitens von Grenzen zur Abschaltung von Anlagen kommen kann und welche Spannung am Ortsnetztrafo eingestellt werden muss.



Das Gerät arbeitet mit einer Speicherkarte, die über einen langen Zeitraum Messdaten speichern kann. Es werden entweder 1s-Mittelwerte oder 20ms-Werte aufgezeichnet. Die Daten werden ausgelesen und ein Bericht angefertigt. Zusätzlich können die Daten auf dem Webserver der UfE in einem geschützten Bereich eingesehen und verwendet werden. Die grafische Darstellung kann nach Bedarf angepasst werden.



Netzspannung in Göttingen am 12.3.2007

UfE GS Grid Simulator

Der UfE Netzsimulator besteht aus einem Vierquadrantenverstärker, der auf unterschiedliche Weise angesteuert werden kann, um ein synthetisches Wechselstromnetz zu bilden. Dieses synthetische Netz kann auch mit vom UfE GM1 aufgezeichneten Daten gesteuert werden, um ein Abbild des vor Ort aufgenommenen Netzes im Labor zu erzeugen. Es gibt weiterhin die Möglichkeit, aufgenommene Unregelmäßigkeiten im Spannungsverlauf zu identifizieren, zu vervielfältigen oder zu verstärken. Weiterhin können Phänomene wie Spannungseinbrüche, Flicker, Frequenzänderungen oder Rundsteuersignale erzeugt werden. Es soll eine Datenbank aufgebaut werden, in der die im Netz vorkommenden und denkbaren Unregelmäßigkeiten gesammelt und für Forschungszwecke und Testanwendungen nutzbar gemacht werden.