

Grundlagen und Konzept eines Virtual-Powerplant in Deutschland

Basics and conception of a Virtual-Powerplant in Germany

Fritz Santjer, DEWI

Dr. Klaus Teichmann, Werner Steinert, Universität Siegen

Zusammenfassung

Durch den erheblichen Ausbau der Windenergie, aber auch durch die zukünftige Entwicklung im Bereich von Eigenerzeugungsanlagen, wie Blockheizkraftwerke (BHKW) auf motorischer und Brennstoffzellenbasis, wird sich die elektrische Energieversorgung zukünftig weiterhin zu einer eher dezentraleren Erzeugungsstruktur entwickeln. Abgesehen von Off-shore-Windparks, die die Energie zwar mehr oder weniger dezentral erzeugen, aber im wesentlichen zentral in das elektrische Netz einspeisen. Der zunehmende Anteil dezentraler Energieerzeuger an der Gesamtstromerzeugung erfordert übergeordnete Regelkonzepte, die der Dynamik von Stromangebot u. -nachfrage Rechnung tragen. Dies erfüllt das virtuelle Kraftwerk durch sein übergeordnetes Betriebsmanagement und kann den neuen Rahmenbedingungen des liberalisierten Energiemarktes durch sein flexibles und dezentrales Konzept genügen.

Summary

Due to the rapidly increasing development of wind energy and the expected development in the field of decentralised co-generation power plants, based on motors and fuel cell technology, the electricity supply will continue to develop a rather decentralised generating structure, apart from offshore wind farms which generate power in a more or less decentralised way, but feed the power into the grid at central points of common coupling. The increasing share of decentralised generating plants requires overall concepts, which fulfils the dynamics of supply and demand of electricity. The Virtual Power Plant fulfils these requirements because of its overall management and its flexible and decentralised concept and thus it meets the requirements of the liberalised energy market.

1. Zukünftige Situation der Energieversorgung

Der zunehmende Ausbau der Windenergie erfordert in den zukünftigen Jahren erhebliche Änderungen im Bereich der elektrischen Energieversorgung und Verteilung. Erste Hinweise hierauf sind in den neuen Netzanschlussbedingungen von E.ON Netz zu erkennen, siehe [1] und [2]. Zukünftig sollen sich Windenergieanlagen soweit wie möglich wie konventionelle Kraftwerke verhalten. Wesentliche Punkte sind hierbei das Verhalten der Windenergieanlagen bzw. Windparks bei Störungen im Netz, wie z. B. Spannungseinbrüchen, und der Beitrag der Kurzschlussleistung. Zukünftig wird aber auch die Bereitstellung von Reserveleistung an Bedeutung gewinnen. Bei diesen neuen Anforderungen sollte die Windenergie nicht nur isoliert von anderen Eigenerzeugungsanlagen betrachtet werden, da ein Verbund, z. B. in Form eines virtuellen Kraftwerkes, wesentliche Vorteile im Hinblick auf die zukünftigen Anforderungen leisten kann.

Die Entwicklung im Heizenergiesektor deutet darauf hin, dass gerade im kleinen Leistungsbereich Heizanlagen durch solche ersetzt werden, die ne-

Wir machen weiter mit neuem Eigentümer!

Neuentwicklung

Modulare, gasisolierte
Mittelspannungs-Schaltanlage PTG 01

- ▶ Nennspannung
12...24...36 kV
- ▶ Nennstrom
630...1250 A
- ▶ Kurzzeitstrom
16...20 kA

Seit über 45 Jahren
ist Peters & Thieding
führend in der Mittel-
spannungstechnik.

Komplettlösungen
aus einer Hand.
Dabei Sie sicher
ins Netz gehen.

- ▶ kompakt und platzsparend bis 36 kV
- ▶ kundenspezifische Lösungen
- ▶ einfache und schnelle Montage
- ▶ geeignet für Offshoreeinsatz

▶ Beratung


▶ Anschlussgespräche mit dem EVU

▶ Aufstellung, Montage, Anschluss und
Inbetriebnahme, Kabelarbeiten

▶ Montageüberwachung

▶ Inspektion, Störungsbeseitigung,
Reparatur

▶ 24-Stunden-Kundendienst



**Peters &
Thieding**

EIN UNTERNEHMEN DER **Elpro** GRUPPE

Peters & Thieding GmbH

Büding 40 D-21485 Wentorf Tel. +49 40 7292 30 Fax. +49 40 7292 3131
E-Mail: info@peters-thieding.de www.peters-thieding.de

ben der eigentlichen Heizenergie zusätzlich auch elektrische Energie erzeugen, z. B. auf Basis der Brennstoffzellentechnologie. Namhafte Hersteller sind im Begriff, entsprechende Produkte zur Serienreife zu entwickeln.

Wenn nur 10 % des heutigen Haushaltswärmebedarfs in Deutschland in KWK-Anlagen mit 45 % elektrischem Wirkungsgrad erzeugt wird, stellt dies eine installierte elektrische Leistung von bis zu 30.000 MW dar. Hinzu kommt die Windenergie, deren installierte Leistung im Jahr 2010 im Bereich von 20.000 MW liegen könnte. Dies zeigt, dass im Laufe dieses Jahrzehnts eine neue Form der dezentralen Energieerzeugung entstehen könnte, die die schwankenden Leistungsabgaben von Windenergieanlagen und anderen erneuerbaren Energien ausgleichen kann, sofern sie nach der Methode des virtuellen Kraftwerks (VPP) geregelt wird.

2. Anforderungen an ein virtuelles Kraftwerk

Folgende Anforderungen sollte ein virtuelles Kraftwerk im Rahmen des liberalisierten Energiemarkts erfüllen:

- Die Kommunikation mit den Anlagen muss der räumlich weiten Verteilung gerecht werden,
- entsprechend den jeweils kleinen Energieumsätzen muss die Kommunikation sehr kostengünstig sein,
- der Trennung von Erzeugung und Transport/Verteilung muss Beachtung geschenkt werden,
- die Zugehörigkeit einzelner Erzeugungsanlagen zu virtuellen Kraftwerken muss diskriminierungsfrei und liberal geschehen,
- der Betreiber des VPP darf bzw. muss nicht zwangsläufig Eigentümer der Erzeugungseinheit sein,
- Einrichtung und Betrieb eines VPP dürfen nicht vom „guten Willen“ eines anderen Netznutzers abhängen,
- ein VPP muss sowohl heute mit sehr wenigen Erzeugern funktionieren, als auch zukünftig mit sehr vielen verschiedenartigen Einheiten und
- die Versorgungszuverlässigkeit muss sich erhöhen.

3. Prinzip eines virtuellen Kraftwerks

Ein VPP ist eine auf Energie- und Steuerungsebene zusammengeschaltete große Menge an räumlich weit verteilten Energieerzeugern. Das VPP ist in der Lage, Energiemengen und „Vorleistungen zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen“ zur Verfügung zu stellen wie ein konventionelles Kraftwerk. Größtes Anlagenteil eines VPP ist das öffentliche Stromversorgungsnetz.

Die Betriebszustände eines VPP leiten sich von denen des Stromversorgungsnetzes ab. Bei Ausfall des überlagerten Netzes ist bei entsprechender Projektierung auch ein (Sub-)Inselnetzbetrieb einzelner Netzbereiche (Stadtteile, Industriebetriebe) denkbar. Auch Objektnotversorgung einzelner Gebäude ist ein Bestandteil.

Erzeuger innerhalb eines VPP können Anlagen verschiedenster Art und Größenordnung sein. Es können unter anderem sowohl Fotovoltaik- oder (Mikro-) Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) mit einigen kW, Blockheizkraftwerke (BHKW), Wasser- oder Windenergieanlagen mit einigen MW, sowie GuD-Kraftwerke mit einigen hundert MW Teil eines VPP sein. Hinsichtlich der Komponenten für die Energieerzeugung ist das VPP technologieneutral und herstellerunabhängig. Die Energieerzeugungsanlagen können auf die speziellen Erfordernisse des Aufstellungsortes oder des natürlichen Energieangebots projektiert werden.

Selbstverständlich können nicht nur Energieerzeugungsanlagen, sondern auch Speicher und Verbraucher Teil eines VPP sein. Als Speicher könnten z.B. Pumpspeicherkraftwerke oder Kurzzeitspeicher zum Einsatz kommen. Als schaltbare Verbraucher kennt man heute Nachtspeicherheizungen; Gefriergeräte könnten z.B. zukünftig dazukommen.

Die „Intelligenz“ eines VPP konzentriert sich im Managementsystem (VPPMS) und in den einzelnen Erzeugungsanlagen des VPP. Das VPPMS übernimmt die Koordination der Erzeugerbedürfnisse (z.B. Wärmebereitstellung) mit dem Erzeugungsziel des VPP (z.B. Systemdienstleistungen) unter Berücksichtigung der umfangreichen Rahmenbedingungen. Die einzelnen Anlagen sind für die Energieumwandlung und Regelung vor Ort gemäß ihrer Fahrpläne und Parameter zuständig. Für den Fall eines Einfamilienhauses mit einer Heizanlage, basierend auf Brennstoffzellentechnologie, könnte dies z. B. folgendes bedeuten: Der benötigte Wärmebedarf wird wie bisher vom Betreiber der Heizanlage vorgegeben. Durch einen geeigneten Wasserwärmespeicher ist es möglich, den Wärmebedarf von der

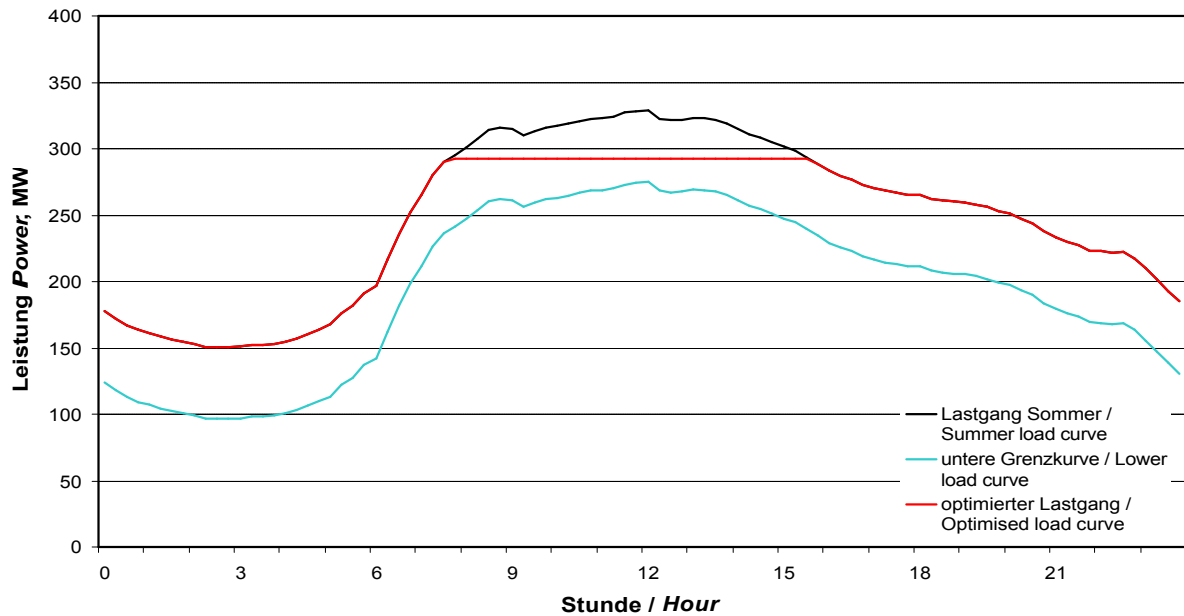


Abb. 1: Maximal erreichbare Lastgangmodifikation durch VPP-geführte, fossil befeuerte KWK-Eigenerzeugungsanlagen im Sommer

Fig. 1: Maximum load curve modification achievable by VPP controlled fossil-fuelled decentralised co-generation plants in summer

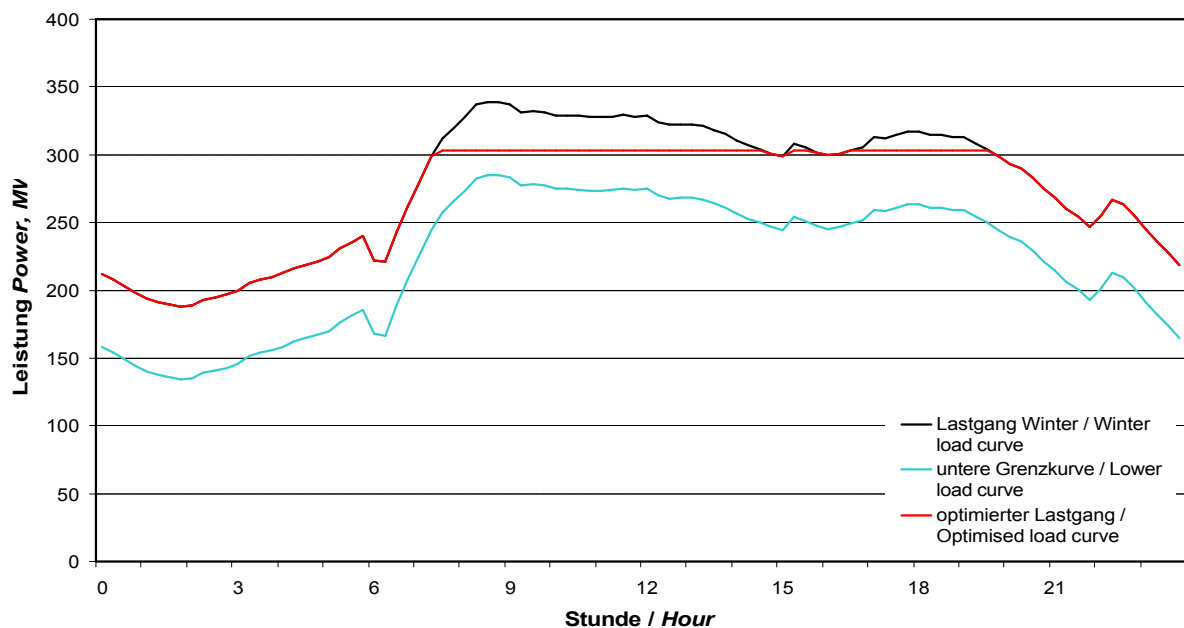


Abb. 2: Maximal erreichbare Lastgangmodifikation durch VPP-geführte, fossil befeuerte KWK-Eigenerzeugungsanlagen im Winter

Fig. 2: Maximum load curve modification achievable by VPP controlled fossil-fuelled decentralised co-generation plants in winter

Wärmeerzeugung zeitlich etwas zu entkoppeln (im Bereich von Stunden bis zu einem Tag). Die Heizanlage teilt dem Managementsystem des virtuellen Kraftwerkes mit, wieviel Energie innerhalb des nächsten Zeitbereiches erzeugt werden soll. Das Managementsystem wird daraufhin der Brennstoffzellenheizanlage einen Fahrplan schicken, wann in diesem Zeitbereich die Energie erzeugt werden soll.

Die Kommunikation zwischen den einzelnen Anlagen und dem Managementsystem muss einem eventuellen Ausfall des Kommunikationsweges Rechnung tragen, sowie überall vorhanden und ausreichend kostengünstig sein. Die Übertragung von anlagenspezifischen Parametrierungsdaten und komplexen Rückmeldungen muss durch bidirektionale Technologien möglich sein. Die Internettechnologie kann all diese Vorgaben erfüllen.

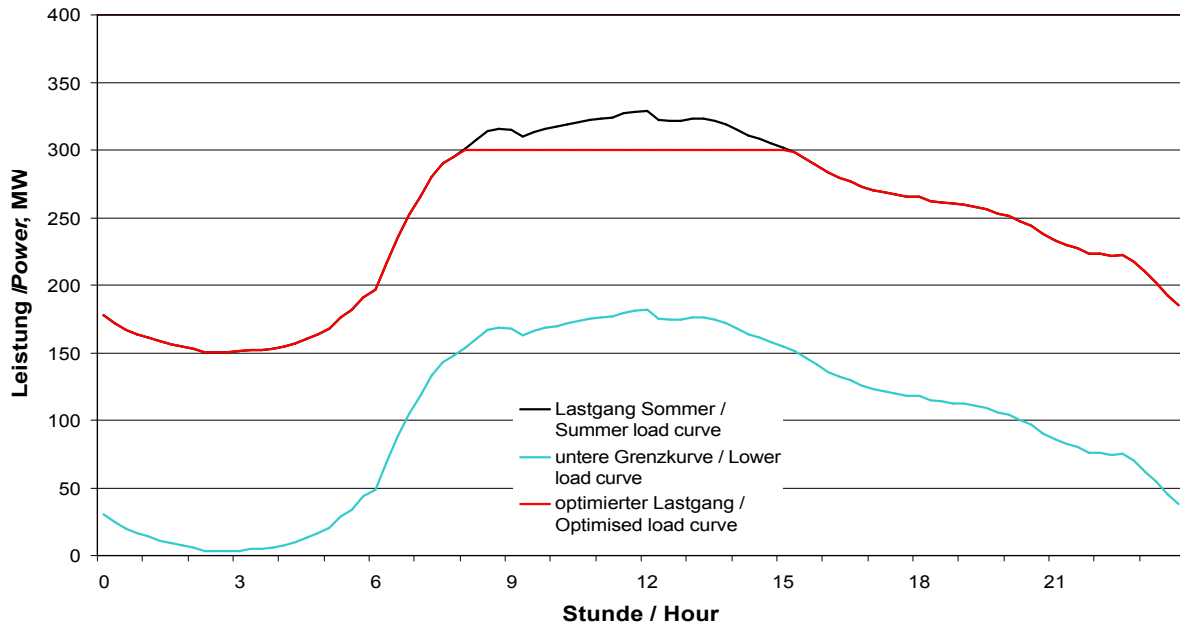


Abb. 3: Maximal erreichbare Lastgangmodifikation durch VPP-geführte EEG-KWK-Eigenerzeugungsanlagen im Sommer
 Fig. 3: Maximum load curve modification achievable by VPP controlled renewable fuel decentralised co-generation plants in summer

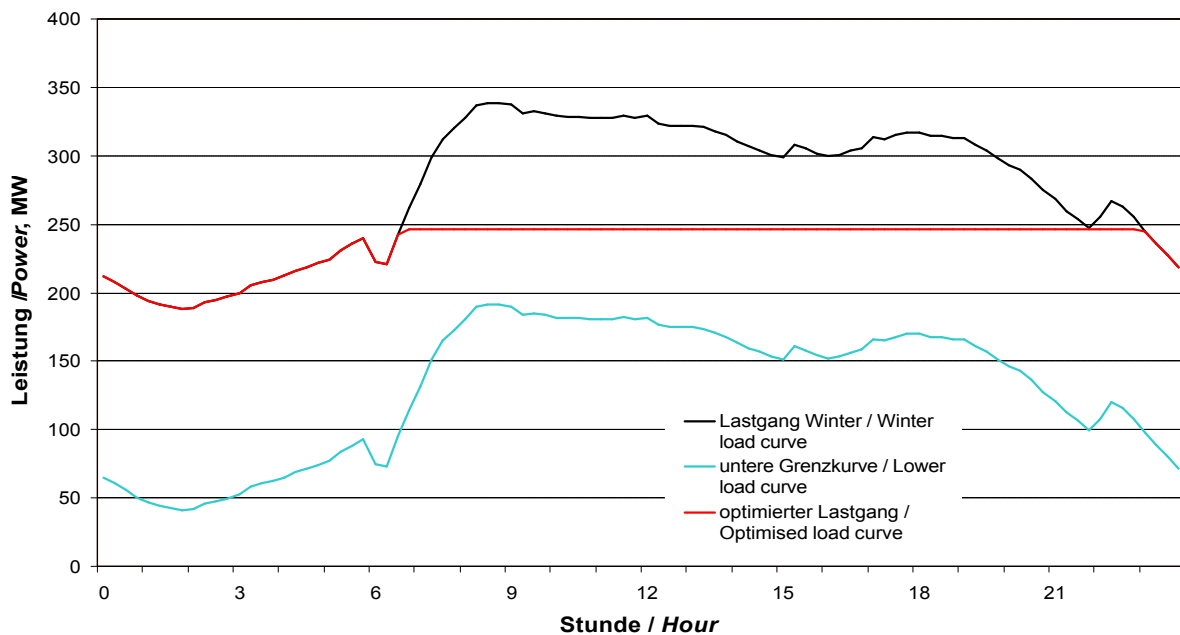


Abb. 4: Maximal erreichbare Lastgangmodifikation durch VPP-geführte EEG-KWK-Eigenerzeugungsanlagen im Winter
 Fig. 4: Maximum load curve modification achievable by VPP controlled renewable fuel decentralised co-generation plants in winter

Die Abwicklung von Stromhandelsgeschäften erfolgt im Rahmen von Bilanzkreisen. Ein Bilanzkreis kann eine beliebige Anzahl von Entnahme- und Einspeisestellen innerhalb einer Regelzone umfassen. Die Zuordnung jedes Einspeise- und Entnahmepunktes zu einem Bilanzkreis muss dem Verteilungsnetzbetreiber (VNB) benannt werden und dadurch genau definiert sein. In gleicher Weise, wie Bilanzkreisverantwortliche den zuständigen VNB den erwarteten Summen(verbrauchs)fahrrplan des Bilanzkreises übergeben, kann auch das VPPMS einen solchen „Fahrplan“ den jeweils zuständigen VNB übermitteln.

4. Stadtwerke als Betreiber eines VPP

Ein geregelter Einsatz der dezentralen Erzeugungsanlagen könnte eine wesentliche Verbesserung der

Lastgangstruktur und der damit einhergehenden Steigerung der Vollast-Benutzungsstunden hervorrufen. Da heute nicht absehbar ist, in welchen Größenordnungen sich welche Anlagentypen und Betriebsarten etablieren werden, sind im Weiteren zwei grundsätzliche Typen betrachtet:

Die **stromgeführten Anlagen** können Erzeugungsanlagen sein, die aufgrund des Brennstoffs nicht unter die Regelungen des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) fallen (z.B. erdgasbefeuerte Brennstoffzellenheizgeräte). Diese Anlagen erzielen ihren Nutzen durch die Verringerung des Strombezugs durch Strom-Eigenerzeugung im Objekt, in dem sie installiert sind. Der netzgebundene Elektrizitätsverkauf dieser Anlagen ist aufgrund der Marktsituation nicht rentabel. Diese „Eigenerzeugungsanlagen“ werden nachfolgend als „stromgeführte Erzeugungsanlagen“ oder „fossil befeuerte KWK-Anlagen“ bezeichnet.

Dagegen werden **Erzeugungsanlagen, die mit EEG-konformen Brennstoffen** (Biogas, Biomasse) betrieben werden, meist wärmegeführt betrieben. Die „überschüssige“ elektrische Energie kann zu gewinnermöglichenden Preisen in das Stromnetz eingespeist werden. Diese „Eigenerzeugungsanlagen“ werden nachfolgend als „wärmegeführte Erzeugungsanlagen“ oder „EEG-KWK-Anlagen“ bezeichnet.

Die nachfolgenden Diagramme zeigen beispielhaft die theoretisch maximalen Modifizierungen des Lastganges eines Stadtwerks mit 180.000 Haushaltskunden. Bei diesen Betrachtungen erzeugen 10 % der Haushaltskunden ihren Energiebedarf in KWK-Eigenerzeugungsanlagen selbst. Die Summe der elektrischen Bemessungsleistung aller Erzeugungsanlagen stellt die maximale Verringerung des Lastgangs dar. Dadurch entsteht eine untere Grenzkurve. Die täglich benötigte Strom-, bzw. Wärmemenge der Haushalte bestimmt die erzeugbare elektrische Energie, dargestellt in der Reduzierung um die Fläche zwischen Lastgang und optimiertem Lastgang. Auch wenn das hier gezeigte Beispiel idealisiert dargestellt ist, zeigt es doch die Tendenz und die Möglichkeiten eines virtuellen Kraftwerks auf.

5. Marktchancen verschiedener dezentraler Energiemanagement-Konzepte

Zur Zeit werden zwei strategische Konzepte zur geregelten Nutzung dezentraler Energieerzeugungsanlagen deutlich:

Gesamtkonzepte, die Leistungs-, Energie- und Netzschutzmanagement in sich vereinen. Hardware, Software und Regelung findet auf mehreren Ebenen (teilweise identisch mit den Spannungsebenen des Stromnetzes) statt. Diese Lösung bedingt einen hohen technischen und finanziellen Aufwand ab Projektbeginn. Dieses Konzept verlangt zum wirtschaftlichen Betrieb, dass möglichst viele dezentrale Erzeugungsanlagen im Bereich der räumlichen

Projektgrenzen ab Projektbeginn installiert werden. Da die potenziellen Betriebsorte der einzelnen Erzeugungsanlagen Eigentum vieler unterschiedlicher Personen sind, müssten diese von dem (technisch optimierten) Gesamtkonzept überzeugt werden. Dies kann aus ähnlichen Gründen scheitern, wie schon der Versuch der Einführung von Nahwärmesystemen.

Das VPP-Konzept beruht dagegen auf der Trennung von Leistungs- und Energiemanagement (als marktgängiges Instrument) auf der einen und Netzschutzmanagement (als alleinige Aufgabe des Netzbetreibers) auf der anderen Seite:

- Der Energiemarkt ist liberalisiert. Dies bedeutet grundlegend, dass räumlich und zeitlich jeder Beteiligte am Energiemarkt (z.B. Betreiber von BZH, WEA und Netzbetreiber) etwas tun kann, aber nicht muss. Diesem Grundsatz muss auch ein System zur technischen Beeinflussung und Betriebsführung dezentraler Energieerzeugungsanlagen gerecht werden. Das Energiemanagement ist nicht an feste räumliche und zeitliche Grenzen gebunden. Im Rahmen des Bilanzkreismanagements kann ein VPP über alle räumlichen Grenzen hinweg eingesetzt werden.
- Der Netzschutz hingegen ist eine wichtige Aufgabe des Netzbetreibers und kann nicht mit der Entwicklung dezentraler Einspeisestrukturen verbunden werden. Die Entwicklung dezentraler Einspeisestrukturen folgt den liberalen Gesetzen des Marktes. Die Modifikation des Netzschutzes kann, aus verständlichen Gründen, nicht diesem Vorgehen folgen, sondern muss gesamtkonzeptionell verwirklicht werden.

Da der Energiemarkt nicht den Netzschutzbelangen folgen wird, und der Netzschutz nicht den Entwicklungen des Marktes für dezentrale Erzeugungseinheiten folgen kann, bleibt nur zeitlich getrennte Entwicklung und Einsatz. Auf technischer Seite ist allerdings eine Zusammenarbeit zum Vorteil aller Beteiligten höchst wünschenswert.

6. Fazit

Die neuen Kommunikationsformen, wie Internettechnologie, ermöglichen es, auch Kleinstkraftwerke, wie z. B. Brennstoffzellen BHKW, nach dem Konzept des virtuellen Kraftwerks übergeordnet zu steuern. Ein virtuelles Kraftwerk kann durch den Verbund von dezentralen Energieerzeugern mit unterschiedlichen Leistungscharakteristika hinsichtlich Flexibilität die Anforderungen an ein heutiges konventionelles Kraftwerk noch übertreffen. Der prognostizierte KWK-Anteil an den dezentralen Energieerzeugern bedeutet ein enormes Potential an Reserveleistung, da die KWK-Anlagen üblicherweise nicht alle gleichzeitig, bzw. nur im Teillastbereich laufen und somit ihre Leistung kurzfristig wesentlich erhöhen können.

7. Literatur

- [1] Technische und betriebliche Aspekte für den Netzanschluss von Windenergieanlagen. DEWI-Magazin Nr. 19. M. Luther, E.ON Netz GmbH, Bayreuth; Fritz Santjer, Thomas Neumann, DEWI; August 2001.
- [2] Ergänzende Netzanschlussregeln für Windenergieanlagen. E.ON Netz. www.eon-netz.com.
- [3] Fortschritt-Berichte VDI; Dr.-Ing. Volker Quaschnig, Berlin; 06. 2000; ISBN 3-18-343706-6