

Virtuelle Kraftwerke als Alternative zu Großkraftwerken?

Wenn unser Stromversorgungssystem zukünftig stärker dezentral strukturiert werden soll, müssen dezentrale Stromerzeugungsanlagen in der Lage sein, die Aufgaben der Großkraftwerke zu übernehmen. Über die intelligente Vernetzung zu einem virtuellen Kraftwerk kann dies innerhalb des Smart Grids der Zukunft erreicht werden.

Der dezentralen Stromerzeugung wird zur Erreichung der Effizienz- und Klimaschutzziele ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Das trifft gleichermaßen auf eine dezentrale Stromerzeugung aus erneuerbaren als auch aus fossilen Energieträgern zu. So sieht etwa die Energiestrategie Österreich nicht nur generelle Vorteile in der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung (Kraft-Wärme-Kopplung, KWK) sondern im Speziellen in der **dezentralen KWK-Stromerzeugung**. Es sind jedoch nicht ausschließliche Effizienz- und Klimaschutzgründe, die eine dezentrale Stromerzeugung heute sehr häufig als vorteilhaft gegenüber einer zentralen Stromerzeugung in Großkraftwerken erscheinen lassen. Auch aus emotionalen Gründen wird eine vom gefühlten „Diktat“ der Großkonzerne unabhängige Erzeugung positiv bewertet. Beispielsweise wünschen sich nach einer von der Unternehmensberatung Accenture in Deutschland im Jahr 2009 durchgeführten Umfrage 84% der Teilnehmer eine stärker dezentrale Energieerzeugung; 12% der Befragten überlegen dabei sogar, selbst ein Mini-Blockheizkraftwerk zu installieren.

16% DER ÖSTERREICHISCHEN STROMERZEUGUNG BEREITS DEZENTRAL

Als dezentrale Stromerzeugungsanlagen werden dabei jene Anlagen verstanden, die an das Mittel- und Niederspannungsnetz angeschlossen und somit verbrauchsnah sind. Nicht zur dezentralen Erzeugung wird nach dieser Definition die Windkraft gezählt, die durch den Zusammenschluss vieler Windenergieanlagen zu großen Windparks keinen dezentralen Charakter auf-

weist. Insgesamt hatten dezentrale Anlagen im Jahr 2009 mit einer Erzeugung von knapp 11 TWh einen Anteil von rd 16% an der gesamten heimischen Stromerzeugung – auch im internationalen Vergleich ein Spitzenwert, zu dem vor allem die Kleinwasserkraft mit einem Anteil von etwa 50% an der dezentralen Stromerzeugung beiträgt. Neben der Kleinwasserkraft und der nach der Novellierung des Ökostromgesetzes in den kommenden Jahren stark an Bedeutung gewinnenden Photovoltaik stehen zur dezentralen Stromerzeugung jedoch noch eine Reihe weiterer Technologien und Energieträger zur Verfügung (Tabelle 1).

DEZENTRALE ERZEUGUNGSANLAGEN MÜSSEN SYSTEMVERANTWORTUNG ÜBERNEHMEN

Bei einem steigenden Anteil dezentraler Erzeugung innerhalb eines Elektrizitätsversorgungssystems, müssen dezentrale Anlagen verstärkt auch zu den energie- und netzwirtschaftlichen Aufgaben beitragen, die heute von Großkraftwerken erfüllt werden. Entsprechend werden sich die dezentralen Technologien zur Aufrechterhaltung der auch im internationalen Vergleich hohen Systemstabilität und Versorgungssicherheit in Österreich beispielsweise an der Spannungshaltung und Leistungs-Frequenz-Regelung beteiligen müssen. Daneben müssen die Anlagen auch einen Beitrag zur Sicherstellung stets ausreichend vorhandener Stromerzeugungskapazitäten leisten (dh zur gesicherten Leistung), um Nachfragespitzen zuverlässig abdecken zu können.

Einzelne dezentrale Anlagen sind oft zu klein, um die Aufgaben von Großkraftwerken effizient im Sinne einer kostenoptimalen und energiewirtschaftlich sinnvollen Einbindung in das Gesamtsystem erfüllen zu können. So wird beispielsweise ein Netzbetreiber zur Optimierung der Lastflüsse in seinem Netzbereich nicht in der Lage sein, hunderte PV-Anlagen oder BHKWs (Blockheizkraftwerke) einzeln zu steuern. Auch können dezentrale Anlagen auf Grund der notwendigen Mindestlosgrößen meist

Table 1: Dezentrale Erzeugungstechnologien und typische Energieträger

Technologie	Energieträger	el. Leistung
Dampfturbine	Feste Biomasse, Erdgas, Kohle	ab 50 kW
Gasturbine	Biogas*, Erdgas, Heizöl	ab 500 kW
Mikrogasturbine	Biogas*, Erdgas	25 – 500 kW
Gas-/Dieselmotor	Biogas*, Erdgas, Pflanzenöl, Flüssiggas, (Bio-)Diesel	1 kW – 20 MW
ORC-Prozess	Feste Biomasse, Geothermie	0,3 – 7,5 MW
Sterlingmotor	Feste Biomasse, Erdgas, (Bio-)Diesel	1 – 200 kW
Brennstoffzelle	Biogas*, Erdgas, Wasserstoff	1 – 250 kW
Dampfkolbenmotor	Feste Biomasse, Erdgas	2 kW – 1,5 MW

* inkl Klär- und Deponiegas

nicht an den Strom- und Regelenergiemärkten teilnehmen. Damit wird den Wettbewerbsmärkten ein immer größer werdender Anteil an Erzeugungskapazitäten entzogen, was letztlich im Widerspruch zu den Zielen der europäischen und nationalen Energiepolitik steht.

MEHR ALS DIE SUMME SEINER TEILE: VIRTUELLES KRAFTWERK

Damit dezentrale Stromerzeuger als Anlagenkollektiv ähnlich wie Großkraftwerke eingesetzt und in den Strommarkt integriert werden können, wurden und werden Konzepte zum „Pooling“ dezentraler Erzeugungseinheiten zu sog. virtuellen Kraftwerken (VKW) bzw. im Englischen **Virtual Power Plants (VPP)** entwickelt. Erst durch den Zusammenschluss vieler dezentraler Erzeuger werden diese im Markt sichtbar bzw. erreichen eine für die Marktakteure nutzbare Größe. Aber auch für die (kleinen) dezentralen Erzeuger selbst ist dies vielfach die einzige Möglichkeit, um am Strommarkt aktiv teilnehmen und damit entsprechende Zusatzerlöse generieren zu können.

Die Intelligenz eines virtuellen Kraftwerks liegt dabei im **zentralen Energiemanagementsystem (EMS)**, das bi-direktional mit den einzelnen Erzeugungsanlagen über ein Kommunikationsnetz verbunden ist und diese zentral steuert.

Durch die direkte Zugriffsmöglichkeit übernimmt das EMS des virtuellen Kraftwerks auch die Koordination der Erzeugungsbedürfnisse (zB Wärmebereitstellung aus BHKW) mit dem Erzeugungsziel (zB Spitzenlastglättung). Um aus diesen grundlegenden Randbedingungen das optimierte Einsatzprofil des virtuellen Kraftwerks bzw. der Einzelanlagen ableiten zu können, sind allerdings weitergehende Informationen und **Prozessschritte** erforderlich:

- Die Erzeugungsanlagen übermitteln Informationen ua über den Betriebszustand, bei KWK-Anlagen mit Wärmespeichern über den **Speicherzustand** und, falls zeitlich variabel, die Einsatzkosten an das EMS (Anbindung zB über GPRS oder Powerline).
- Auf Basis historischer Erzeugungs- und Nachfragedaten, aktueller meteorologischer Größen sowie bekannter Betriebszustände der dezentralen Komponenten erstellt ein Prognosealgorithmus automatisierte **Last- und Erzeugungsprognosen**. Für fluktuierende Erzeugung aus Wind- und PV-Anlagen sind dabei spezielle Prognosewerkzeuge erforderlich.
- **Optimierung** der Betriebsführung der dezentralen Anlagen zur Umsetzung ökonomischer Zielfunktionen bei gleichzeitiger Berücksichtigung system- und netztechnischer Restriktionen (zB Deckung der lokalen Wärmenachfrage, Ausfall von Netzbetriebsmitteln).
- Automatisierte Erstellung von **Fahrplänen** für steuerbare Erzeugungsanlagen (BHKW, Spitzenlast- und Notstromaggregate).
- Umsetzung der Fahrpläne mit kontinuierlichem **Prognose-Ist-Abgleich** durch Erfassung des Status der Erzeugungsanlagen und Wärmespeicher sowie der Marktverhältnisse (zB Abruf von Regelleistung) und Änderung externer Einflussparameter (zB Störungen im Netz).

Neben der bi-direktionalen Kommunikation zwischen der Leitwarte und den dezentralen Erzeugern stellt vor allem die zentrale Einsatzoptimierung der dezentralen Erzeuger ein wesentliches Merkmal virtueller Kraftwerke dar. Dadurch verhalten sich virtuelle Kraftwerke nach außen wie normale Großkraftwerke und können entsprechend ihren wirtschaftlichen und technischen Eigenschaften mit diesen in Wettbewerb treten.

STEUERBARE VERBRAUCHERLASTEN ALS VIRTUELLES KRAFTWERK

Ein virtuelles Kraftwerk muss dabei nicht notwendigerweise auf die Erzeugungsseite beschränkt bleiben. Grundsätzlich kann auch über zu- und abschaltbare Verbraucher die Flexibilität eines Erzeugungssystems erhöht bzw. auf kritische Netzsituationen reagiert werden, wobei idealerweise Erzeugung und Verbrauch in einem gemeinsamen virtuellen Kraftwerk zusammengeführt und durch dezentrale Speicher ergänzt werden. Für verbrauchsseitige virtuelle Kraftwerke wird häufig auch der Begriff **Demand Response (DR)** benutzt. Demand Response unterscheidet sich dabei von dem seit Jahrzehnten auch in Österreich üblichen Lastmanagement (Demand Side Management). Während beim Lastmanagement der Verbraucher in Abhängigkeit der vom Netzbetreiber oder Stromlieferanten vorgegebenen maximalen Bezugsleistung seinen Verbrauch regelt (dh er handelt kosten- oder netzkapazitätsgetrieben), bezeichnet Demand Response ein Programm, bei dem der Verbraucher einen finanziellen Anreiz erhält, seine Nachfrage für eine bestimmte Zeit zu reduzieren (dh er handelt preisgetrieben). Da mit Ausnahme sehr großer industrieller Verbraucher, wie zB Aluminiumschmelzen oder Chloralkali-Elektrolysen, die schaltbaren Lasten für eine direkte Vermarktung oft zu klein sind, müssen diese über ein zentral gesteuertes Netzwerk durch einen **Demand Response Aggregator** gepoolt und damit auch als virtuelles Kraftwerk vermarktet werden.

VIRTUELLE KRAFTWERKE IN DER PRAXIS

Die praktische Umsetzung virtueller Kraftwerke erfolgte in der Vergangenheit auf Grund von unterschiedlichen Motivationen. Während beispielsweise in den **USA** vor allem die Entlastung der Verteil- und Übertragungsnetze durch eine Reduktion der Spitzenlastnachfrage im Vordergrund steht, wird in Europa die Entwicklung virtueller Kraftwerke insbesondere im Zusammenhang mit dem Ausbau der dezentralen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sowie aus Mikro-KWK-Anlagen vorangetrieben. Im Gegensatz zu Deutschland, wo bereits eine Reihe von virtuellen Kraftwerken im oder kurz vor dem kommerziellen Betrieb stehen, wurde in Österreich bisher noch kein Demonstrationsprojekt umgesetzt. Allerdings gibt es in Österreich eine Reihe von wissenschaftlichen Institutionen, die gemeinsam mit Industriepartnern an der Realisierung virtueller Kraftwerke arbeiten. Die praktische Umsetzung virtueller Kraftwerke erfordert jedoch neben dem Aufbau einer entsprechenden Informations- und Kommunikationstechnologie (Smart Grid) auch den entsprechenden regulatorischen Rahmen, der in Österreich derzeit nur eingeschränkt gegeben ist. Hier ist die Politik gefordert dem Wunsch nach einer stärkeren Dezentralisierung die notwendigen Rahmenbedingungen für eine kommerzielle Umsetzung folgen zu lassen. ■ ■ ■