

Anforderungen an dezentrale Einspeiser bezüglich der Betriebsführung in „Virtuellen Kraftwerken“

Dr.-Ing. **Volker Bühner**, EUS GmbH, Dortmund

Kurzfassung:

Mit Virtuellen Kraftwerken (VK) werden dezentrale Einzelanlagen, insbesondere Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, so vernetzt und übergeordnet optimiert betrieben, dass sich die Wirtschaftlichkeit der umweltfreundlichen dezentralen Erzeugungsanlagen deutlich verbessert. Dieser Bericht stellt die Anforderungen an dezentrale Einspeiser hinsichtlich ihrer Betriebsführung und prozess- bzw. fernwirktechnischen Anbindung innerhalb des Virtuellen Kraftwerks dar.

1. Ausgangslage

Aufgrund der Liberalisierung der Energiemärkte nimmt der Wettbewerb innerhalb der Versorgungswirtschaft deutlich zu und verursacht einen enormen wirtschaftlichen Druck auf die handelnden Unternehmen. Eine vernetzte Betriebsführung existierender und zukünftiger Erzeugungskapazitäten im eigenen Versorgungsbereich ermöglicht eine übergeordnete Gesamtoptimierung dezentraler elektrischer und thermischer Erzeugungseinheiten in Verteilnetzen. Dieser wirtschaftlich optimierte Einsatz eröffnet eine zusätzliche Wertschöpfung ohne größere Investitionskosten.

Mit dem Pilotprojekt „Virtuelles Kraftwerk (VK) Unna“, das die EUS GmbH in Kooperation mit der Stadtwerke Unna GmbH errichtet hat, konnte gezeigt werden, dass die leittechnische Zusammenfassung von hier fünf Einzelanlagen die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems deutlich erhöhen kann. Die Vorteile eines Virtuellen Kraftwerks, die für verschiedene Betreiber in [1] dargestellt werden, sind:

- Deckungsbeitragsoptimaler Einsatz der verschiedenen Einspeiser
- Bereitstellung von Regelenergie (z.B. Minutenreserve)
- „Abfahren“ des angemeldeten Fahrplanes durch den Einsatz der steuerbaren Einspeiser bzw. durch Abschalten von Lasten
- Reduzierung der Stromspitzen, ggf. der Gasspitzen
- Visualisierung dezentraler Einspeiser (Betrieb, Monitoring, Störungsanalyse)
- Planungstool zur Einschätzung von veränderten Netzverhältnissen (z.B. Bau neuer Einspeiser, Netzausbauten, abschaltbare Lasten).

2. Funktionsweise eines Virtuellen Kraftwerks

Ein Virtuelles Kraftwerk verbindet leittechnisch dezentrale Einspeiser und optimiert deren Einsatz im Sinne des Deckungsbeitrages des Gesamtunternehmens. Dieses Optimierungsziel ist meist nicht deckungsgleich mit der „lokalen“ Optimierung eines Einzelerzeugers. Berücksichtigung finden bei dem VK-Einsatz auch alle relevanten Bezugs- und Lieferverträge des Unternehmens. Hierzu müssen einerseits komplexe Strom- und Brennstoffbezugsverträge, andererseits auch individuelle Lieferverträge einbezogen werden. Weiterhin müssen vertragliche Parameter aus geltenden Gesetzen, z. B. EEG, KWK, Mineralölsteuergesetz, CO₂-Zertifikate, sowie ökologische Aspekte berücksichtigt werden. Das Bild 1 zeigt den Informationsfluss bzgl. eines Virtuellen Kraftwerks.



Bild 1: Informationsfluss innerhalb eines Virtuellen Kraftwerks

Neben der Prognose des Strom-, Gas- und Wärmebedarfs sowie der erwarteten Preise steht somit die Modellierung der Einspeiser und der Vertragssituation im Vordergrund. Das Bild 2 zeigt am Beispiel des Projektes VK Unna eine Gesamtmodellierung mit fünf Blockheizkraftwerken (BHKW).

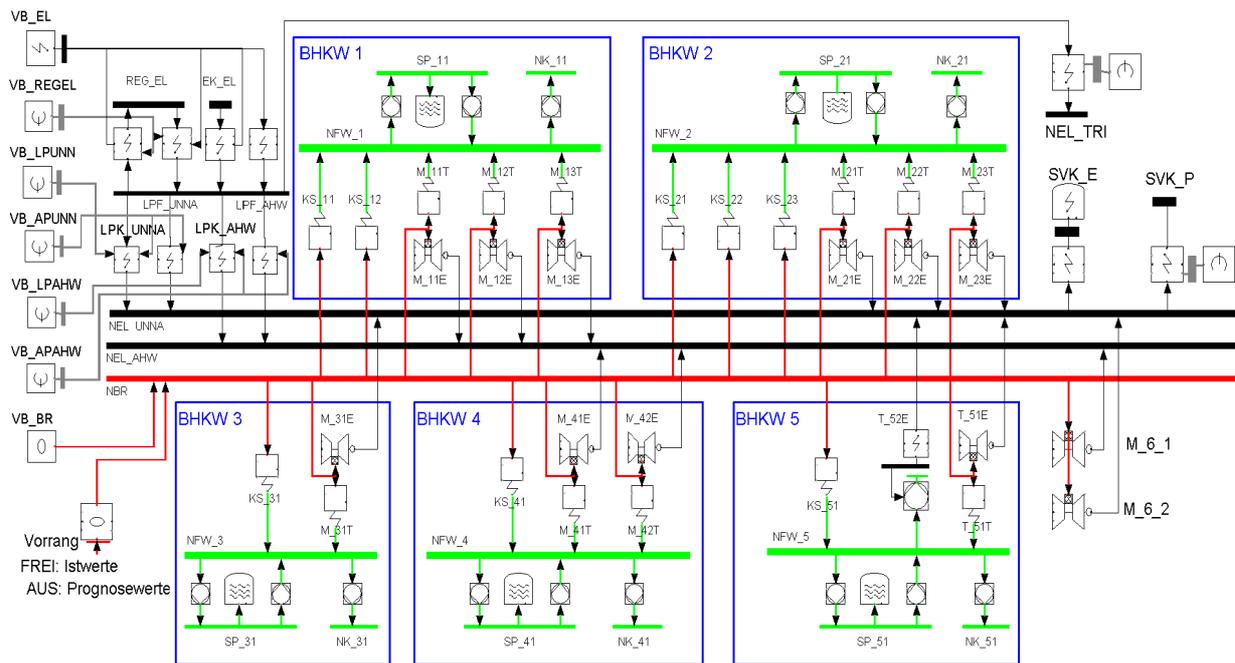
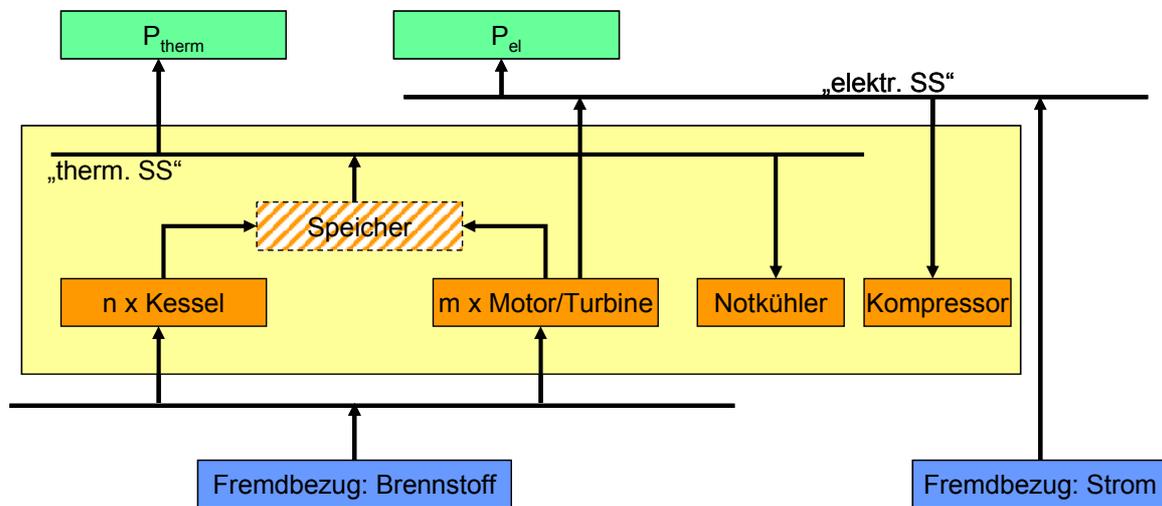


Bild 2: Gesamtmodellierung des Virtuellen Kraftwerks Unna

In Bild 3 sind die Eingangs- und Ausgangsgrößen für die Modellierung eines Einspeisers mit Strom- und Wärmeabgabe dargestellt.



Eingangsgrößen:

1. Motor: $m \times$ Istleistung
2. Kessel: $n \times$ Istleistung
3. Speicher: Füllstand
4. Notkühler: Zustand / Leistung
5. Kompressor: Zustand / Leistung
6. Preise: Brennstoffpreis, $K(t)$, Fremdbezug, elektr., $K_{el}(t)$
7. Prognosen: Last, elektrisch, $P_{el}(t)$. Last, thermisch, $P_{th}(t)$

Ausgangsgrößen:

1. elektrische Leistung: $P_{soll,el}(t)$
2. thermische Leistung: $P_{soll,th}(t)$
3. (Speicherbewirtschaftung)

Bild 3: Eingangs- und Ausgangsgrößen der Modellierung eines allgemeinen Einspeisers

Systemtechnisch müssen die Einspeiser mit einer Zentrale bidirektional verbunden werden, um die in Bild 3 aufgeführten Größen zu übertragen. Das Bild 4 zeigt die im Projekt VK Unna realisierte Lösung mit verschiedenen Regelungsebenen. Charakteristisch ist dabei die Existenz von vorhandenen Strukturen und Fernwirktechniken die in das Konzept mit einbezogen werden.

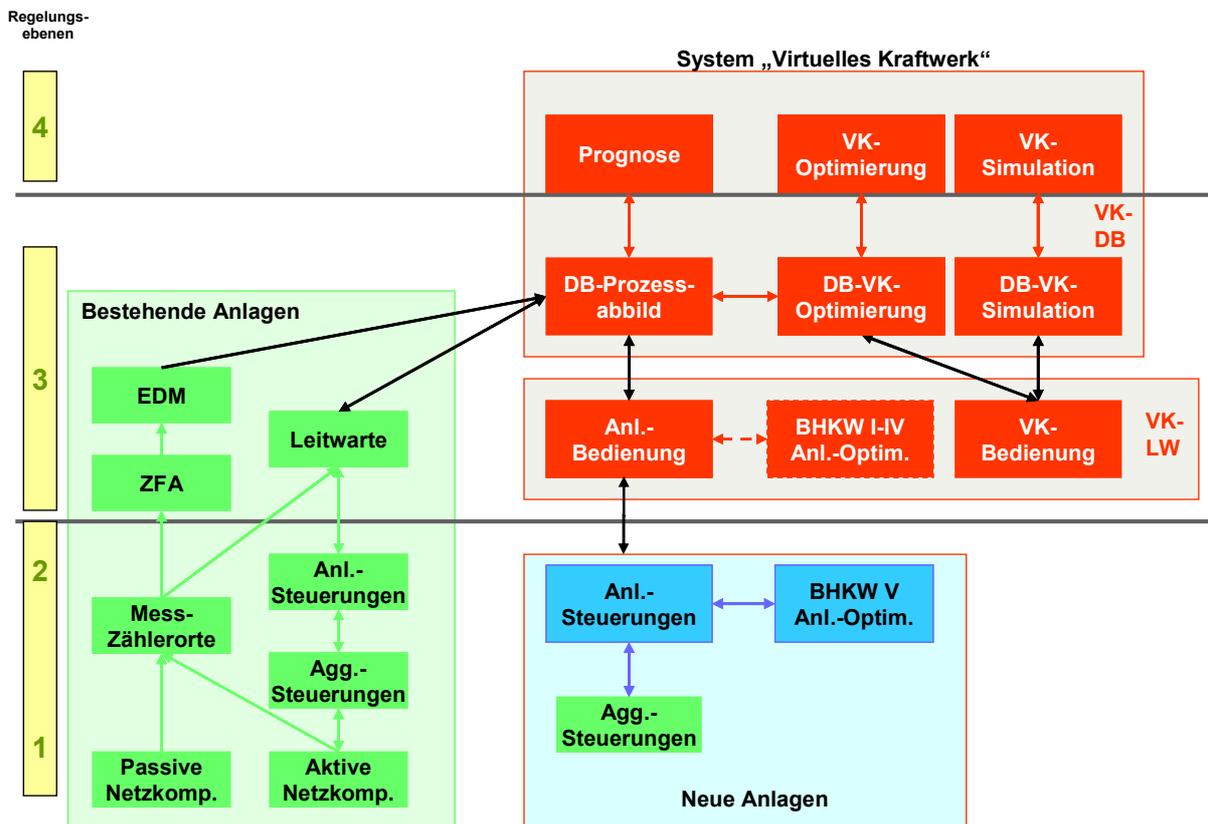


Bild 4: Leittechnische Verbindungen eines Virtuellen Kraftwerks, hier: VK Unna

Wird das Virtuelle Kraftwerk zum Ausregeln des eigenen Fahrplans oder zur Bereitstellung von Minutenreserve betrieben, bedarf es einer quasi Online-Verbindung der Einspeiser mit der VK-Zentrale. Die Ebenen stellen jeweils Rückfallstrategien beim Ausfall einer übergeordneten Ebene bzw. der Verbindung zwischen diesen dar. So fährt ein Einspeiser ohne Vorgabe von neuen Sollwerten aus dem Virtuellen Kraftwerk auf seinen eigenen in der Steuerung ermittelten Werten und somit einem definierten Zustand weiter.

3. Anforderungen an die Prozessankoppelung und Fernwirktechnik

Ein VK-tauglicher Einspeiser muss in definierten Grenzen flexibel vom VK steuerbar sein. Die VK- Leittechnik gibt Zielgrößen an die lokale Steuerung vor, die Umsetzung dieser Soll-

werte in die unterlagerten Regelkreise erfolgt vor Ort. Diese lokale Koordinierung zur Vereinfachung der globalen Optimierungsaufgabe ist im Hinblick auf das Ebenenmodell (vgl. Bild 4) notwendig. Die Bedienmöglichkeit der Anlage vor Ort für Diagnose- und Wartungszwecke muss vorhanden sein bzw. bleiben. Eine Störmeldeweiterleitung an das Virtuelle Kraftwerk zur Sicherstellung von Ersatzstrategien auf Anlagen- und VK-Ebene muss realisiert werden.

Bei einer Einbindung bestehender Anlagen in ein Virtuelles Kraftwerk ist zu berücksichtigen, dass die für den VK-Betrieb notwendigen Funktionalitäten in der Regel bei der Planung der Anlage nicht berücksichtigt wurden. Ältere Automationstechnik ist meist nicht entsprechend leistungsfähig und nicht, oder nur mit hohem Kostenaufwand erweiterbar. Somit sind die Eingriffe in die Altanlage zu minimieren mit dem Ziel, nicht alles Machbare, sondern nur das ökonomisch Sinnvolle zu realisieren. Bei der Kostenbetrachtung ist eine Kombination der Erweiterung für das VK mit ohnehin notwendigen Erneuerungsmaßnahmen sinnvoll. Dennoch ist der Funktionsumfang der bestehenden Anlagenautomation u. U. auch für eine minimale VK-Realisierung oft nicht ausreichend. Die Kommunikationsanbindung von Altanlagen zur Leitwarte ist entweder gar nicht vorhanden, oder wenig leistungsfähig. Als Lösung bieten sich hier die Erweiterung mit einer neuen übergeordneten Steuerung und die Nutzung bestehender Fernwirkkabel mit neuen Kommunikationsendgeräten an. Dies kann durch den Einsatz von flexiblen, dezentralen IO-Konzepten zur Ankoppelung der einzelnen Anlagenteile und durch ein Nachprogrammieren von Feldbusprotokollen erfolgen.

Hinsichtlich der lokalen Betriebsführung des Einspeisers gilt, dass der wärmegeführter Betrieb aktiv ist, solange keine Eingriffe durch das übergeordnete Virtuelle Kraftwerk erfolgen. Der elektrisch geführte Betrieb und die dazu notwendige Speicherbewirtschaftung erfolgen durch das VK unter der Randbedingung, dass die vertragsmäßige Versorgung der Verbraucher immer gewährleistet ist. Auf Ebene der Einzelaggregate bedeutet dies:

- den Einsatz eigener Regelkreise für Leistung und Vorlauftemperatur von Kesseln,
- Leistung von Motoren / Turbinen / Generatoren,
- die Ansteuerung von Netzpumpen,
- den Einsatz von Speichern,
- die Störungsüberwachung der Aggregate, etc.

Das nachfolgende Bild 5 zeigt das lokale Regelkonzept.

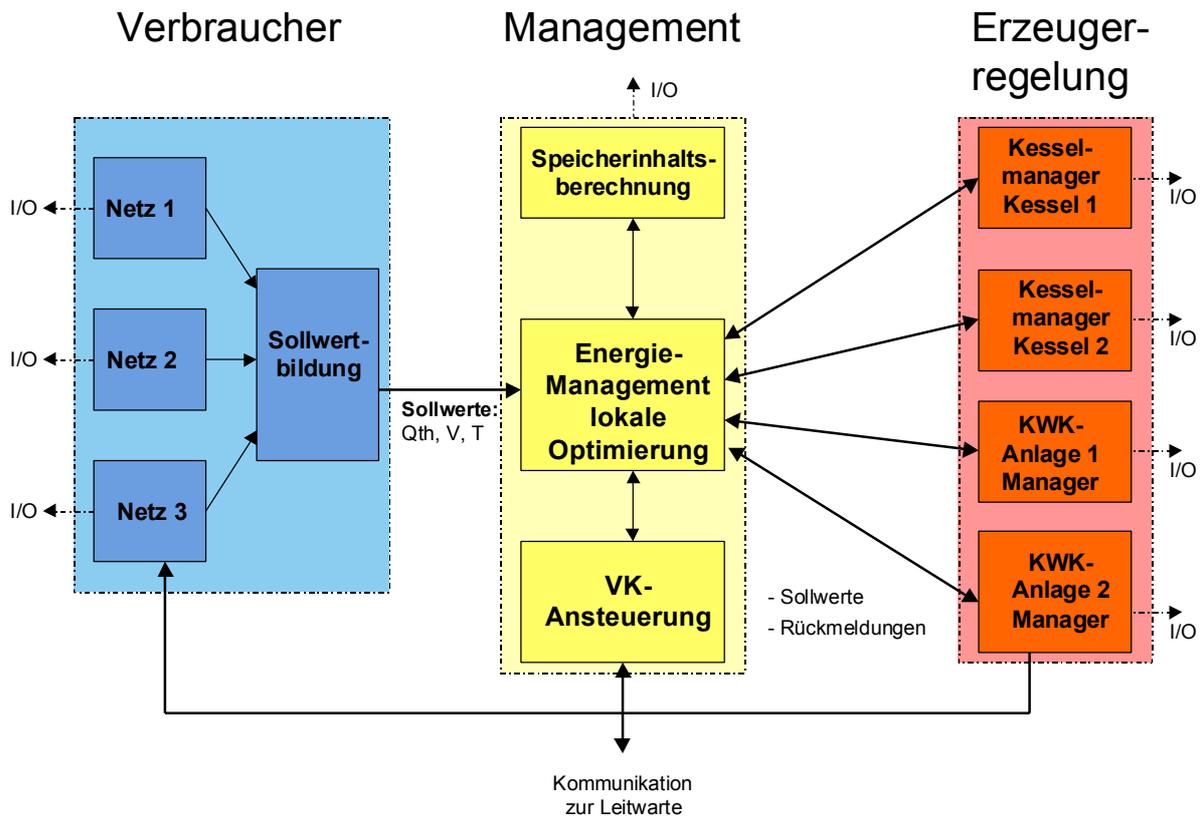


Bild 5: Lokales Regelkonzept eines Einspeisers

Im Bild 6 besteht ein BHKW beispielhaft aus den Energieerzeugern Mikrogasturbine, Gas-Brennwertkessel und Gas-Entspannungsturbine. Hinzu kommen die Nebenaggregate Druckhaltung und Neutralisation. Die Wärme wird an zwei Wärmenetze und eine Erdgas-Vorwärmung abgegeben.

Als Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) wird ein CPU Modul der Steuerungsbaureihe MAXIMUS CC der EUS GmbH eingesetzt. Die SPS hat die Aufgabe einer übergeordneten Steuerung (vgl. Bild 4, Ebene 2) der Einzelaggregate (Ebene 1) und führt alle Automationsaufgaben in der Anlage aus. Somit können mit einer kostengünstigen Steuerung verschiedene CAN- und M-Bussysteme angesprochen und adressiert werden.

Die Bedienung und die Ankoppelung an das VK-Leitsystem (Ebene 3 und 4) erfolgt mit einem Vor-Ort Leitrechner, auf dem ein MAXIMUS DSC System von EUS läuft. Dieser Leitrechner enthält u. a. einen Webserver, der die Bedienbilder in einem Browser darstellen kann. Somit kann z. B. von Laptops aus ein „Teleservice“ in Form von Fernbeobachten und

Fernsteuern geleistet werden. Im Störfall können für die Analyse notwendige Informationen direkt ausgelesen werden und somit ggf. Anfahrten und damit Kosten und Zeitverluste vermieden werden.

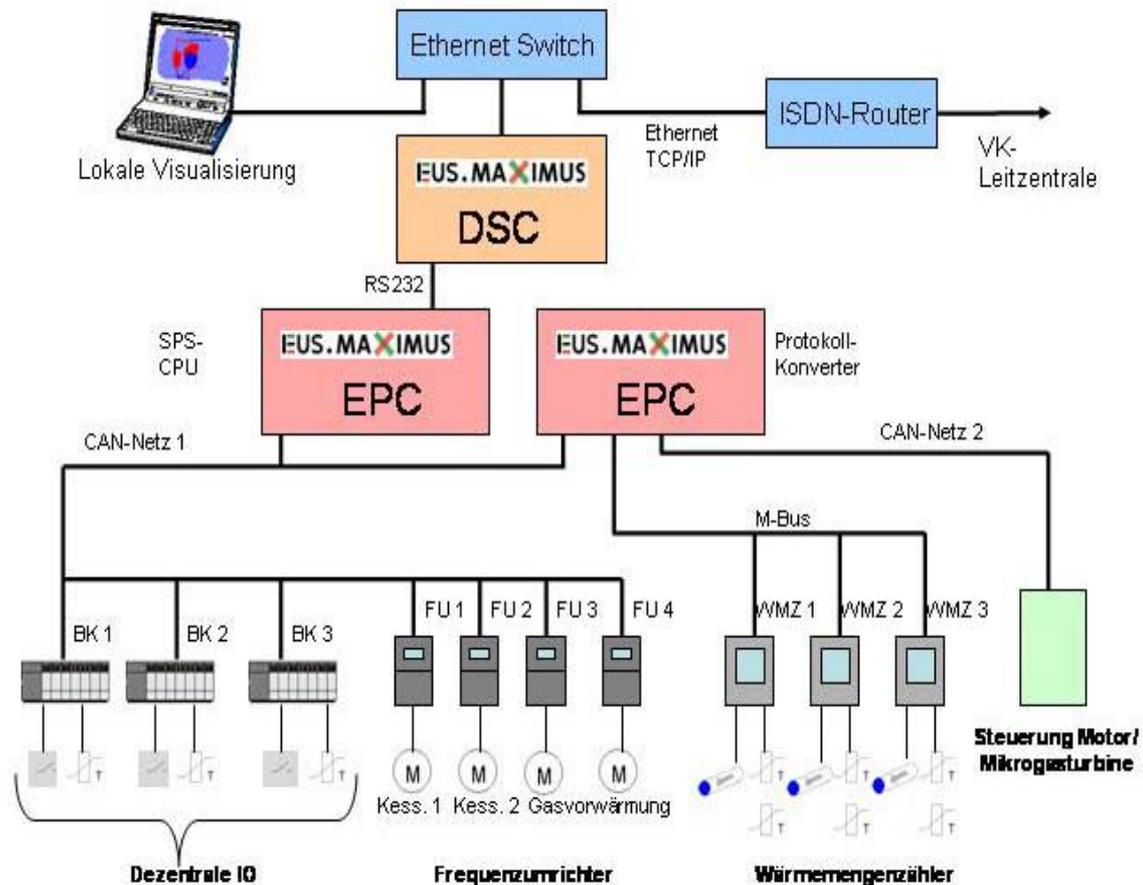


Bild 6: Prozessankoppelung

4. Betriebsführung im VK-Verbund

Für die Zielsetzung einer übergeordneten Optimierung, die primär auf die Ausreglung von Bilanzkreisabweichungen, die Bereitstellung von Minutenreserve oder die Vermeidung von Strombezugs- oder Gasbezugsspitzen (Leistungspreise) abzielt, ist ein flexibler Einsatz der Einspeiser notwendig. Dies bedeutet eine gezielte Steuerbarkeit der abgegebenen Leistung sowohl elektrisch als auch thermisch.

Im Falle von KWK-Anlagen stellt sich hier die Problematik, dass die Anlagen meist allein auf die Deckung der thermischen Lasten ausgelegt werden. Die elektrische Abgabe ist hier nicht die Steuerungsgröße, d. h. ein Nachfahren einer elektrischen Sollabgabe scheitert oft-

mals an der nicht äquivalenten Wärmeabnahme. So werden beispielsweise in den Sommermonaten oftmals nur thermische Grundlasten z. B. zur Warmwasserbereitstellung in Nahwärmenetzen verlangt. Abhilfe kann hier ein thermischer Speicher schaffen, der die elektrische und thermische Erzeugung für eine definierte Zeit entkoppeln kann. Meist reicht eine Speicherkapazität mit dem Äquivalent der lokalen Erzeugungsleistung einiger Stunden für die notwendige Flexibilität des VK aus. Bei größeren Wärmenetzen kann auch das Netz selbst begrenzt als Speicher verwendet werden.

Sind Wärmespeicher vorhanden so ist die lokale Fahrweise meist so, dass in Niedrigtarifzeiten des Brennstoffes der Speicher gefüllt wird, um den Wärmebedarf zu den Hochtarifzeiten des Brennstoffs aus dem Speicher zu decken. Für die gezielte elektrisch geführte Betriebsweise muss eine Speicherbewirtschaftung erfolgen, die eine Kenntnis der Wärmeabgabe für die Zukunft voraussetzt. Das Bild 7 zeigt den gezielten Eingriff der VK-Optimierung in die Speicherbewirtschaftung von lokalen Einspeisern.

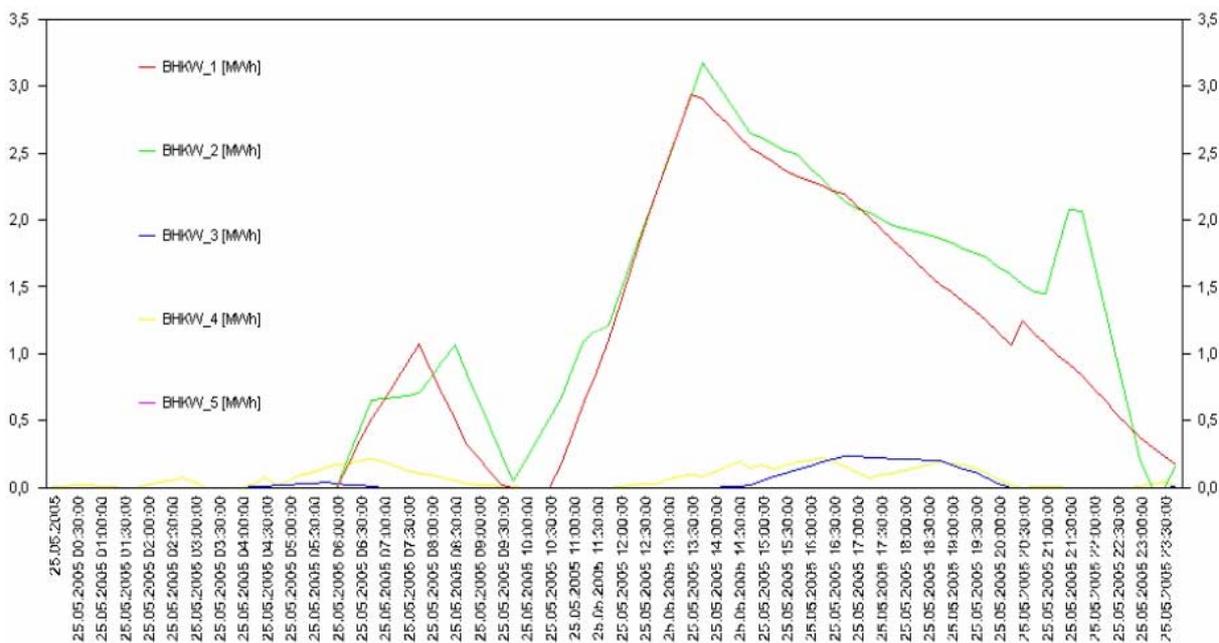


Bild 7: Speicherbewirtschaftung der einzelnen Einspeiser

Aufgrund einer durch die Kurzfristprognose erkannten Abweichung der erwarteten Stromlast von dem am Vortrag angemeldeten Stromfahrplan ist es

In diesem konkreten Fall wurde durch die Kurzfristprognose eine Abweichung der erwarteten Stromlast von dem am Vortrag angemeldeten Stromfahrplan bestimmt. Im Sinne der Ge-

samtoptimierung ist es daher hier günstiger die Speicher zu Hochtarifzeiten zu füllen. Die höheren Brennstoffpreise im Vergleich zur Niedrigtarifzeit sind hier geringer anzusetzen als die erwarteten Preise für die Bilanzkreisabweichung im Strombereich.

Im Falle von Anlagen die auf erneuerbaren Energien wie Wind, Sonne und Wasser basieren, ist die Prognose dieses teils stochastischen Primärenergieangebotes für den Einsatz innerhalb eines VK-Verbundes elementar. Bei Verfügbarkeit dieser Eingangsgröße können auch diese Einspeiser in Virtuelle Kraftwerke einbezogen werden.

5. Fazit

Voraussetzung für den Betrieb eines Virtuellen Kraftwerkes ist die zeitnahe Prognostizierbarkeit des Primärenergieangebotes und des Strom- bzw. Wärmebedarfes. Bei einer Koppelung der Strom- und Wärmeerzeugung (KWK) sind thermische Speicher die elementare Voraussetzung für einen zumindest kurzfristig elektrisch geführten Betrieb.

Für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes ist der Aufwand der zusätzlichen Prozessautomations- und Fernwirktechnik maßgebend. Mit Hilfe von flexiblen dezentralen IO-Konzepten und der Nachprogrammierung von Feldbusprotokollen können hier aber die einzelnen Anlagenteile kostengünstig an das Virtuelle Kraftwerk angekoppelt werden.

Das Virtuelle Kraftwerk kann sowohl mit diskreten als auch mit kontinuierlichen Leistungsabgaben der Einspeiser operieren. Es können sowohl nur in einzelnen Leistungsstufen verfügbare Aggregate wie Gasmotoren als auch in Grenzen variable verfügbare Erzeuger wie Turbinen oder Windkraftanlagen Berücksichtigung finden. Darüber hinaus können auch „negative“ Einspeiser also schaltbare Lasten einen wertvollen Beitrag zum Potential eines Virtuellen Kraftwerks leisten.

6. Literatur

- [1] Hennig, E.: Virtuelle Kraftwerke nicht nur für Energieversorger interessant. *Energie-wirtschaft* Jg. 104 (2005), Heft 13, S. 38-40