

# Dynamischer Aufbau Virtueller Kraftwerke (TP 10)

Dipl.-Inform. (FH) Astrid Nieße, OFFIS – Institut für Informatik  
Dipl.-Inform. Martin Tröschel, OFFIS – Institut für Informatik  
Prof. Dr. Dr. h.c. H.-Jürgen Appelrath, OFFIS – Institut für Informatik

## 1 Motivation

Im Forschungsverbund Energie Niedersachsen (FEN) wird untersucht, wie sich eine zunehmende Anzahl dezentraler Energieerzeuger, insbesondere erdgasbefeuerten Mikro-BHKW, optimal in das Niederspannungsnetz einbinden lässt. Für diese soll unter anderem die Frage beantwortet werden, wie sich die Erzeugung der Anlagen und die daraus resultierende Einspeisung in das Niederspannungsnetz gestalten lässt. Aus Sicht der Netzauslastung ist eine Vergleichmäßigung des Lastprofils auf Niederspannungsebene anzustreben. Im FEN wurde der Begriff der ‚netzorientierten Betriebsweise‘ für diese Einsatzmöglichkeit von KWK-Anlagen gewählt [1]. Sie steht im Gegensatz zum herkömmlichen wärmegeführten Betrieb, bei dem der Einsatz der KWK-Anlagen ausschließlich durch den Wärmebedarf der entsprechenden Haushalte bestimmt wird. Um einen netzorientierten Betrieb zu ermöglichen, können zwei prinzipiell unterschiedliche Ansätze verfolgt werden: Entweder wird im Rahmen eines Virtuellen Kraftwerks<sup>14</sup> durch eine Kontrollinstanz Einfluss auf das Betriebsverhalten der Anlagen genommen, oder der Betrieb von Anlagen wird auf der Basis dezentraler Entscheidungen durch autonome Einheiten auf ein übergeordnetes Ziel hin optimiert. Dieser Beitrag beschränkt sich dabei auf das Konzept der Virtuellen Kraftwerke. Die Entwicklung geeigneter Algorithmen für eine Verbundsteuerung im Sinne eines Virtuellen Kraftwerks sowie die Erstellung dafür geeigneter Kommunikationsmechanismen stellen daher Kernaufgaben für die Integration der zukünftig erwarteten Vielzahl dezentraler Energiesysteme dar.

---

<sup>14</sup> Unter einem Virtuellen Kraftwerk (VK) wird im Rahmen dieses Beitrags eine informationstechnische Verknüpfung dezentraler Energiesysteme mit dem Ziel eines optimalen Betriebs dieser Anlagen verstanden. Das Optimalitätskriterium ist dabei anwendungsabhängig.

## 2 Simulierte Verbundsteuerung von Mikro-BHKW

Um die Möglichkeiten und Grenzen einer Verbundsteuerung bzw. der dafür entwickelten Algorithmen schon vor einem Einsatz im Feld untersuchen zu können, ist die Durchführung geeigneter Simulationen ein probates Mittel. Im Rahmen des FEN ist daher in interdisziplinärer Anstrengung ein auf MATLAB/Simulink basierendes Simulationsmodell entstanden, das einerseits Energieinfrastrukturen – d.h. Gebäude- und Anlagentechnik sowie Netzstrukturen<sup>15</sup> – und andererseits die für eine Verbundsteuerung notwendigen Kommunikationsmechanismen abbildet.

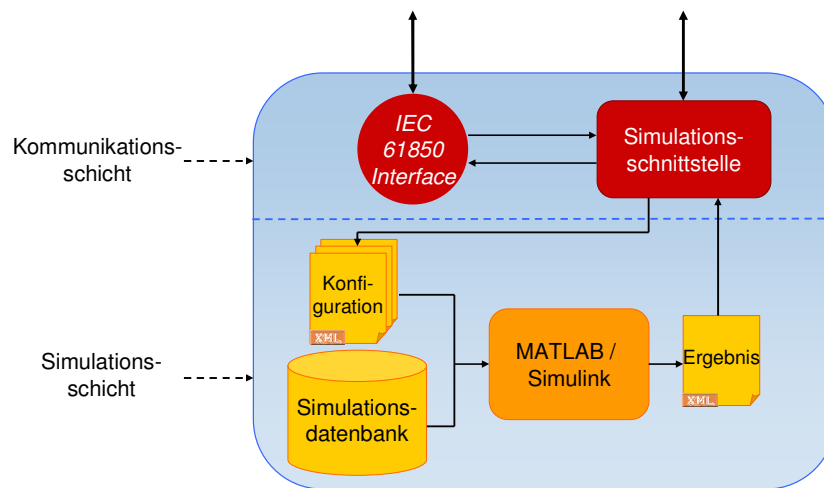


Bild 1: Architektur des Simulationsmodells

Bild 1 zeigt den prinzipiellen, in zwei Schichten unterteilten Aufbau des Simulationsmodells. Die *Kommunikationsschicht* dient sowohl der Interaktion mit dem Simulationsmodell als auch der Nachbildung der für eine Verbundsteuerung notwendigen Kommunikation auf Basis des in Kapitel 3 vorgestellten internationalen Standards IEC 61850. Die *Simulationsschicht* umfasst sämtliche für den eigentlichen Simulationvorgang erforderliche Komponenten: Eine Simulationsdatenbank, die im Wesentlichen statische, häufig benötigte Information wie Anlagentypen, Speicherkonfigurationen und Gebäudelastprofile nach VDI 4655 [2] enthält; ein oder mehrere Konfigurationen in Form spezifischer Definitionen von Niederspannungsnetzbezirken; und den Kern des Simulationsmodell, ein in MATLAB/Simulink umgesetztes Simulationsmodul, das die eigentlichen Simulationläufe und Berechnungen durchführt.

<sup>15</sup> Beschränkt auf elektrische Netze – Gasnetze oder Nahwärmenetze werden bisher nicht betrachtet.

Durch einen – wie in Bild 2 dargestellten – modular gestalteten Aufbau ist es dabei möglich, durch Projektpartner erstellte, externe Erweiterungsmodule in das Simulationsmodell einzubinden. Aktuell sind etwa ein Modul für den netzorientierten Betrieb von Mikro-BHKW sowie ein Leistungsflussberechnungsmodul zur Beurteilung der Auswirkungen der dezentralen Einspeisung auf die Niederspannungsnetze integriert.

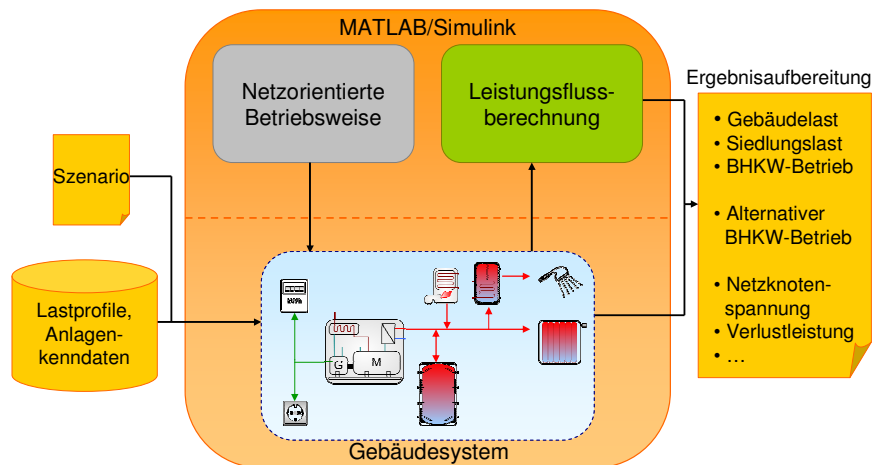


Bild 2: Berechnungsmodule des Simulationsmodell

Als erstes Referenzszenario wurde ein Braunschweiger Siedlungsgebiet, dessen elektrische und thermische Gesamtbedarfe in geeigneter zeitlicher Auflösung über ein Jahr hinweg aufgezeichnet wurden und damit als Datenbasis zur Verfügung standen, mit verschiedenen Durchdringungsgraden<sup>16</sup> an KWK-Anlagen<sup>17</sup> simuliert. Jedes Mikro-BHKW wurde dabei über einen geeigneten thermischen Pufferspeicher<sup>18</sup> in das thermohydraulische Gebäudesystem integriert. Dabei zeigte sich für den wärmegeführten Betrieb insbesondere bei Durchdringungsgraden über 20% durch die ungesteuerte Einspeisung elektrischer Energie eine deutlich negative Beeinflussung des Gesamtlastgangs des Siedlungsgebiets. Diese zeichnet sich insbesondere durch eine Zunahme der Schwankungen im elektrischen Siedlungs-lastgang – ausgedrückt durch eine negative Vergleichmäßigung – aus. Im netzorientierten Betrieb konnten diese negativen Effekte durch eine koordinierte Einspeisung

<sup>16</sup> Der Durchdringungsgrad wird hier als der prozentuale Anteil der durch die KWK-Anlagen erzeugten elektrischen Energie am Gesamtenergiebedarf verstanden.

<sup>17</sup> Als Leistungseckdaten wurden für das Mikro-BHKW 12,5 kW thermische bzw. 4,7 kW elektrische Maximalleistung angenommen.

<sup>18</sup> Der Pufferspeicher umfasste ca. 950 Liter und besaß damit eine Wärmespeicherkapazität von ca. 34 kWh an thermischer Energie.

der dezentralen Anlagen aber vermieden und sogar in – aus Sicht des Netzes – positive Effekte umgewandelt werden (siehe Tabelle 1). Die Spitzenlastabsenkung – d.h. die Verminderung der Spitzenlast bezogen auf den Gesamtjahreslastgang – konnte im Vergleich zum wärmegeführten Betrieb deutlich gesteigert werden, jedoch ohne eine unerwünschte negative Beeinflussung der Lastgangvergleichmäßigung.

Tabelle 1: Exemplarische Simulationsergebnisse bei einem Durchdringungsgrad von 20%

	Wärmegeführt	Netzorientiert
Spitzenlastabsenkung	8,4%	17,4%
Vergleichmäßigung	-10,7 %	0,2%
Rückspeisung	0 kWh	0 kWh

Diese exemplarischen Ergebnisse unterstreichen den Nutzen einer Verbundsteuerung, der insbesondere bei höheren Durchdringungsgraden von KWK-Anlagen zutage tritt. Um die hier untersuchte netzorientierte Betriebsweise in Zukunft auch auf weitere dezentrale Energiesysteme ausweiten und im Feld umsetzen zu können, bedarf es aber zunächst einer geeigneten, auf internationalen Standards basierenden Kommunikationsinfrastruktur.

### 3 Standardkonforme Kommunikationsinfrastrukturen

Der internationale Standard IEC 61850 wird zunehmend als Grundlage für die Kommunikation mit Umspannwerken und Schaltanlagen des Stromnetzes auf unterschiedlichen Spannungsebenen verwendet. Über Erweiterungen wurde der Einsatzbereich dieses Standards von der Schutz- und Stationsautomatisierung auf den gesamten Bereich der Automatisierung innerhalb des Stromnetzes ausgedehnt. Über das Konzept, die Motivation und den generellen Aufbau des Standards finden sich Veröffentlichungen, die den Zugang zum Standard erleichtern, ebenso über die Bedeutung für den Aufbau unterschiedlicher Topologien, so wie sie z.B. für Virtueller Kraftwerke erforderlich ist [3, 4]. Innerhalb des FEN wurden Arbeiten zu einer

Kommunikation für dezentrale Energieerzeuger auf der Basis dieses Standards durchgeführt und in Hard- und Software umgesetzt [1] (siehe auch Artikel zu TP 6 in diesem Band). Hier soll daher nur ein kurzer Überblick in die durch den Standard abgebildeten Aspekte gegeben werden.

**A) Beschreibung des Gerätes – Konfiguration:** Mit was für einem Gerät soll eine Kommunikation aufgebaut werden? Was bietet das Gerät für Informationen an? Welche Parameter können dem Gerät übermittelt werden?

==> Eine XML-basierte Konfigurationsbeschreibung wird in IEC 61850-6 normiert.

**B) Gemeinsame Semantik – Information:** Was für eine Bedeutung haben die Informationen, die vom Gerät erhalten werden können oder ihm übermittelt werden können?

==> Die definierten Datenmodelle und das zugrunde liegende Metamodell werden in den Abschnitten IEC 61850-7-1 bis 4 dargestellt. Datenmodelle für verteilte Energieumwandlungsanlagen wurden der IEC Mitte 2008 zur Verabschiedung vorgelegt (IEC 61850-7-420).

**C) Zugriffsmöglichkeiten – Dienste:** Wie kann auf die Werte zugegriffen werden? Wie können Werte übermittelt werden?

==> In IEC 61850-7-2 werden Dienste zum Zugriff auf Informationen und zur Übermittlung von Parametern technologieunabhängig definiert.

**D) Abbildung auf Technologien – Kommunikation:** Wie werden Dienste und Informationen in einem spezifischen Kommunikationsprotokoll umgesetzt?

==> Eine erste Bild stellt der Teil IEC 61850-8-1 mit der Übertragungsmöglichkeit nach MMS dar. Eine Abbildung auf WebServices ist für die Erweiterung des Standards auf Windenergieanlagen bereits normiert (IEC 61400-25-4).

In Bild 3 werden unterschiedliche Informationen, die für einen Kolbenmotor gemäß IEC 61850-7-420 angegeben werden können, vereinfacht dargestellt. Statuswerte, Einstellungen, Steuerungseinstellungen und Messwerte sind darstellbar. Auf Basis dieser Möglichkeiten kann ein spezifischer Kolbenmotor durch Auswahl, Einschränkung und Erweiterungen von Attributen modelliert werden. Diese Modellierung wird mit der *Substation Configuration Language* (SCL, IEC 61850-6) formal beschrieben. Ein Engineering-Prozess wurde definiert, der sowohl die Abstimmung der Systemschnittstellen als auch die Dokumentation des verwendeten Datenmodells für die Parametrierung unterstützt. Dieser Engineering-Prozess ist eng an die Bedarfe aus dem Bereich der Stationsautomatisierung angelehnt. Für den Aufbau Virtueller Kraftwerke sind Erweiterungen und Anpassungen erforderlich, deren Bedeutung im Folgenden dargelegt wird.

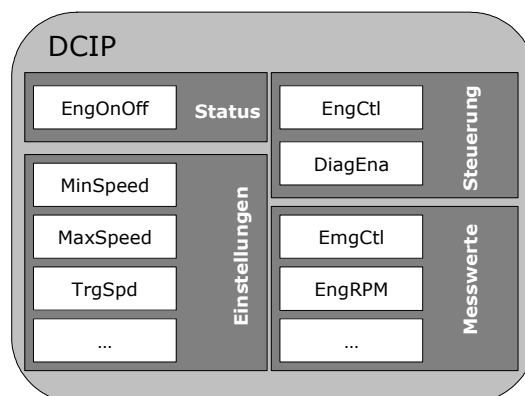


Bild 3: Attribute des logischen Knotens DCIP nach IEC 61850-7-420 (Ausschnitt)

## 4 Dynamische virtuelle Kraftwerke

Der Nutzen einer Verbundsteuerung von KWK-Anlagen wurde mit Hilfe von Simulationen im FEN ermittelt und bereits in Kapitel 2 dargelegt. Grundlage für ein solches Energiemanagement stellt eine durchgängige, leistungsfähige Kommunikation im Verteilnetz dar, die sowohl die vertikalen Prozesse – d.h. von der Managementebene zur Primärtechnik – als auch die horizontalen Prozesse – d.h. die unterschiedlichen Geschäftsprozesse innerhalb eines und zwischen unterschiedlichen Unternehmen – integriert [5]. Die Wichtigkeit von Prognosen für die Einspeisung regenera-

tiver fluktuierender Erzeuger, die Einbindung steuerbarer Lasten und auch die Glättung von Lastprofilen durch Einbindung elektrischer Speicher mit gesteuerter Be- und Entladung wurde früh diskutiert [6]. Auch unter dem Gesichtspunkt der Wettbewerbsfähigkeit dargebotsabhängiger Energieerzeugung mit Großkraftwerken im Grundlastbereich wurden Ansätze entwickelt, die die lokale Optimierung von Erzeugung und Verbrauch thematisch ergänzen. So wurde das Konzept des Virtuellen Kraftwerks entwickelt, bei dem verteilte Erzeugungsanlagen über Kommunikationsnetze für Zwecke des Energiemanagements zusammengefasst werden und „durch Funktionen des Bedienens und Beobachtens ergänzt“ werden [7]. Ziel einer solchen Aggregation ist nicht nur der optimierte lokale Ausgleich, sondern zusätzlich eine marktorientierte Betriebsführung des gesamten Anlagenclusters, die den Aufbau von an der Börse handelbaren Stromprodukte erst ermöglicht. Virtuelle Kraftwerke werden somit durch Aufbau einer Kommunikationsinfrastruktur und Einbindung in ein Energiemanagementsystem mit Fahrplanvorgabe und Online-Optimierung technisch realisiert. Der Aufbau einer Kommunikationsinfrastruktur erfolgt über die zur Verfügung stehenden Schnittstellen der dezentralen Anlagen, die proprietäre Protokolle z.B. zu Wartungszwecken implementieren. Erweiterungen der Schnittstellen sind dann nötig, wenn neue Anlagen in das VK eingebracht werden oder Funktionen des Energiemanagement erweitert werden sollen. Wegen der festen Anlagenzusammensetzung solcher Aggregationen wird dieser Ansatz hier als *statisches Virtuelles Kraftwerk* bezeichnet.

Durch diesen statischen Ansatz ergeben sich andere Restriktionen als bei konventionellen Kraftwerken, da die Einzelkraftwerke Beschränkungen unterliegen, auf die der VK-Betreiber keinen Einfluss hat:

- A) Der VK-Betreiber muss mögliche Leistungsvarianzen akzeptieren, die sich aus den Gegebenheiten verteilter Erzeugungsanlagen ergeben. Als Beispiel seien hier die fluktuierende Erzeugung mit den einhergehenden Prognoseabweichungen und -fehlern genannt.
- B) Virtuelle Kraftwerke umfassen zunehmend auch die Integration von steuerbaren Verbrauchern und Anlagen, bei denen die Stromeinspeisung nur einen

Nebeneffekt darstellt. Für das VK ergeben sich daraus Steuerungsbeschränkungen, die sich wesentlich von den Beschränkungen konventioneller Kraftwerke unterscheiden. Diese sind dadurch bedingt, dass die Einbindung der Anlagen in ein VK aus Sicht des Anlagenbetreibers nur einem untergeordneten Zweck dient. So steht z.B. der thermische Lastbedarf beim Einsatz von Mikro-BHKW in Wohngebäuden wie im FEN betrachtet klar im Vordergrund.

Durch die dargestellten Einschränkungen sowohl auf Erzeugungs- als auch auf Lastverschiebungsseite könnte ein kleines Virtuelles Kraftwerk daher nur bedingt ein konventionelles Kraftwerk ersetzen. Daher ist eine große Anzahl von Anlagen Voraussetzung für das Konzept des statischen Virtuellen Kraftwerks.

Als alternativer Ansatz soll hier vorgestellt werden, Virtuelle Kraftwerke dynamisch aus einem Pool dezentraler Verbrauchs- und Erzeugungsanlagen aufzubauen. Dabei ist es nicht das Ziel eines einzelnen VK, möglichst große Leistungsmengen zu bündeln, sondern jeweils marktgeeignete möglichst ertragreiche Stromprodukte zu erzeugen. Dafür wird das *dynamische Virtuelle Kraftwerk* nach Ablauf einer vertraglich geregelten Laufzeit neu aufgebaut. Somit kann die Zusammensetzung eines VK bezogen auf seine Komponenten z.B. an zwei aufeinander folgenden Tagen unterschiedlich sein. Der VK-Betreiber kann so auf aktuelle Entwicklungen auf dem Strommarkt reagieren, indem er versucht, genau die Produkte zu bilden, für die er z.B. die höchsten Gewinne erwartet. Damit ist es möglich, auch kleinere Virtuelle Kraftwerke aufzubauen, was z.B. für Gruppen privater Anlagenbetreiber eine interessante Möglichkeit sein könnte.

Voraussetzung für die Verbreitung eines solchen Konzeptes ist zum einen eine bestimmte Menge verfügbarer Anlagen in einem Pool, um die erforderliche Diversität in den Leistungsprofilen der Anlagen zur Verfügung zu haben. Weiterhin muss ein durchgehender kostengünstiger Aufbauprozess entwickelt werden, der den erforderlichen Datenaustausch über eine Kommunikationsinfrastruktur gewährleistet und die Aggregationsbildung somit überhaupt erst ermöglicht. Während Ersteres durch die zunehmende, auch politisch geförderte Verbreitung dezentraler, vor allem regenerativer Energieumwandlungsanlagen innerhalb der nächsten 10 Jahre denkbar ist,

bedarf der zweite Punkt – die Entwicklung eines geeigneten Prozesses zum Aufbau eines dynamischen VK – genauerer Betrachtung.

Die Umsetzung eines solchen Konzepts sollte auf weitestgehend automatisierten Prozessen beruhen, zum einen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, zum anderen, da es zwar Hauptaufgabe des VK-Betreibers ist, diesen Prozess zu gestalten, sich aber der Anlagenbetreiber vermutlich nicht häufig und intensiv damit befassen will.

Hier wird daher vorgeschlagen, den Prozess des Aufbaus und des Betriebs eines solchen dynamischen Virtuellen Kraftwerks auf der Basis internationaler Standards aus der Domäne zu realisieren. Die bereits vorgestellten Standards IEC 61850 und die Erweiterung IEC 61850-7-420 für dezentrale Energieumwandlungsanlagen stellen bereits einige der erforderlichen Dienste und Datenmodelle bereit. Gerade für den Aufbau des VK muss hier aber noch erweitert werden. Die erforderliche Selbstbeschreibung einer Anlage sollte auf Basis des IEC 61850-6 (*Substation Configuration Language*) erfolgen, wobei Erweiterungen für den Informationsbedarf beim Aufbau eines virtuellen Kraftwerks erforderlich sind. In Bild 4 wird ein Konzept für die Automatisierung des dynamischen Aufbaus virtueller Kraftwerke vorgestellt.

Im ersten Schritt registriert sich eine Anlage, die für ein virtuelles Kraftwerk zur Verfügung steht, im DER Repository (DER – *distributed energy resource*). Dazu wird eine Selbstbeschreibung auf Basis von IEC 61850-6 verwendet. Die Datenmodelle des Standards müssen so erweitert werden, dass auch Betriebsbeschränkungen mit zeitlicher Dimension definiert werden können. Das DER Repository erfasst die gemeldete Anlage und katalogisiert diese. Im zweiten Schritt beauftragt ein Virtuelles Kraftwerk einen sogenannten Energy Resource and Load Broker mit der Vermittlung einer geeigneten Anlage für spezifische Teilprodukte, z.B. Lastverschiebung von 30 kW von 14 – 16 Uhr am Folgetag. Der Energy Resource and Load Broker durchsucht einen oder mehrere DER Repositories nach einer Anlage (3), die der Anfrage entspricht und übermittelt diese an das VK (4, 5). Im letzten Schritt schließt das VK einen Vertrag über das spezifizierte Teilprodukt mit der Anlage ab (6).

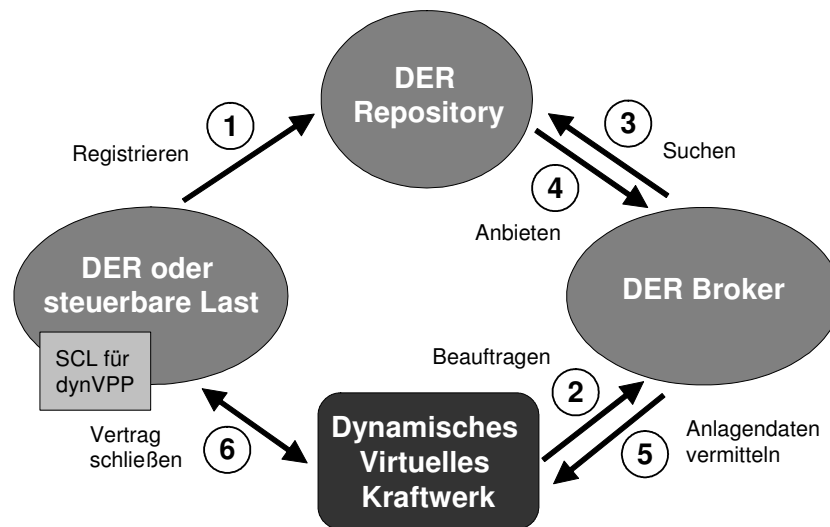


Bild 4: Konzept für den Aufbau dynamischer VK auf der Basis der SCL (IEC 61850-6)

Im Gegensatz zu einem virtuellen Marktplatz steht bei diesem Konzept nicht der Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch im Mittelpunkt – die Virtuellen Kraftwerke können auf einem virtuellen Marktplatz auftreten und dort jeweils tagesaktuellen Produkte anbieten. Über den Marktplatz wird dann der Ausgleich des Gesamtsystems realisiert.

Im Sinne eines integrierten Konzepts sollten die für den dynamischen Aufbau des VK erforderlichen Teilschritte möglichst gemäß einem einzelnen Standard durchgeführt werden. Es soll erprobt werden, die Schritte mit IEC 61850-konformer Kommunikation umzusetzen. Viele der erforderlichen Informationen und Dienste lassen sich mit der aktuellen Version des Standards bereits abdecken. Erweiterungsbedarf besteht mindestens bezüglich der folgenden Aspekte:

- A) Beschreibung eines virtuellen Kraftwerks mit IEC 61850-6 (Substation Configuration Language) mit Abbildung der Anlagen des virtuellen Kraftwerks
- B) Beschreibung von Verbrauchern z.B. nach IEC 61850-7-420
- C) Dienst zur Auftragserteilung einer Suche vom VK an den Broker

Das Repository stellt einen zentralen Aspekt des Ansatzes dar. Hier werden die verfügbaren Anlagen auf der Basis ihrer Selbstbeschreibungen erfasst und als Profil abgelegt. Die Entwicklung geeigneter technologischer Konzepte für eine optimale Integration von standardkonformer Kommunikation und diesem Repository ist eine Kernaufgabe bei der weiteren Erarbeitung des Konzepts.

Es wird untersucht werden, inwieweit sich das hier vorgestellte Konzept mit der S-TEN-Technologie verbinden lässt, die mit Möglichkeiten des semantic web eine Prototyp-Applikation zur Überwachung verteilter Ressourcen in elektrischen Verteilnetzen erlaubt [8]. Im Fokus des hier vorgeschlagenen Konzepts steht die informationstechnische Umsetzung eines solchen dynamischen VK-Aufbaus. Weitergehende Fragen müssen zur Erstellung eines validen Gesamtkonzepts bearbeitet werden, z.B. bezüglich der Frage, wann ein manuelles Eingreifen in den Prozess aus vertragsrechtlicher Sicht erforderlich ist und wie dieses umgesetzt werden kann. Der Prozess der Auswahl einer Anlage durch den Broker kann unterschiedlichen Ansätzen folgen, hier sind sowohl einfache regelbasierte Ansätze als auch komplexe marktähnliche Mechanismen denkbar. Simulationen sollten hier entwickelt werden, um die Effekte unterschiedlicher Ansätze zu bewerten.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Mit Hilfe des in MATLAB/Simulink erstellten Simulationsmodells konnte aufgezeigt werden, dass durch die Verbundsteuerung von Mikro-BHKW positive Effekte sowohl in Bezug auf eine Spitzenlastabsenkung als auch auf eine Lastgangvergleichmäßigung erzielt werden können. Insbesondere bei höheren Durchdringungsgraden von KWK-Anlagen sind diese positiven Auswirkungen einer koordinierten Einspeisung auf Niederspannungsebene zu erwarten. Zur Umsetzung solcher Steuerungsansätze ist eine auf internationalen Standards basierende Kommunikationsinfrastruktur erforderlich, wie sie auch für den Betrieb Virtueller Kraftwerke genutzt werden kann. Statische Virtuelle Kraftwerke mit fester Anlagenzusammensetzung unterliegen Beschränkungen, die eine aktive Teilnahme am Energiemarkt erschweren. Ein IT-

gestützter dynamischer Aufbau Virtueller Kraftwerke auf Basis des IEC 61850 würde auch kleineren Anlagen-Aggregationen die Zusammenstellung marktgeeigneter Produkte ermöglichen. Ein Konzept für einen dynamischen VK-Aufbau wurde vorgeschlagen und soll in weiterführenden Arbeiten untersucht werden.

## Literatur

[ 1 ]	Korte, M., Tröschel, M., Schulz, Ch., Slomka, F.: Koordination dezentraler Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen für die Verwendung einer netzorientierten Betriebsweise im Verbund. In: Tagungsband zum ETG-Kongress 2007, Berlin, VDE-Verlag, 2007.
[2]	VDI e.V.: Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen. VDI 4655. Düsseldorf: Beuth Verlag, 2007.
[3]	Schwarz, K.H. u.a.: Offene Kommunikation nach IEC 61850 für die Schutz- und Stationsleittechnik. etz-Report 34, Berlin, VDE-Verlag, 2004.
[4]	Schäffler, Th., Bauer, H., Fischer, W. u.a.: Prozessname Kommunikation in Schaltanlagen mit IEC 61850. In: Tagungsband zum ETG-Kongress 2007, Berlin, VDE-Verlag, 2007.
[5]	Aumayr, G., Bitsch, R., Feldmann, W.: Dezentrale Energieversorgungskonzepte optimieren Ressourcen. etz, H. 3-4, S. 20 - 23, Berlin, VDE-Verlag, 1999.
[6]	Bitsch, R., Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) Verein an der Universität Gesamthochschule Kassel e. V. (Hrsg.): Perspektiven im Energiemanagement bei Stromversorgungsnetzen mit dezentraler Einspeisung. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik 2000, 178 – 189, Kassel, 2000.
[7]	Bitsch, R., Feldmann, W., Aumayr, G.: Virtuelle Kraftwerke - Einbindung dezentraler Energieerzeugungsanlagen. etz, H. 9, 16 – 23, Berlin, VDE-Verlag, 2002.
[8]	<a href="http://www.s-ten.eu">http://www.s-ten.eu</a> , letzter Abruf: 26.09.2008.