

## **Automatisierte Steuerung von virtuellen Biogas-Kraftwerksverbänden für den netzorientierten Betrieb**

### **Entwicklung und Pilotierung eines Steuerungssystems im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens VKV Netz**

Chris Eicke<sup>1</sup>, Daniel Schirmer<sup>1</sup>, Marco Iezzi<sup>1</sup>, Andreas Daum<sup>1</sup>, Manfred Krause<sup>1</sup>

**Abstract:** Das Steuerungssystem VKV Netz ermöglicht den auf die Erbringung regionaler Systemdienstleistungen ausgerichteten Betrieb virtueller Biogas-Kraftwerksverbände. Damit leistet es sowohl einen Beitrag zum zukünftig gesteigerten Bedarf an Regelenergie durch regenerative Kraftwerke als es auch alternative, zukunftsfähige Erlöspotenziale für die zumeist landwirtschaftlichen bzw. landwirtschaftsnahen Biogas-Anlagenbetreiber abseits des EEG aufzeigt. Das Steuerungssystem wurde im Rahmen des BMWi-Verbundforschungsvorhabens VKV Netz (Förderkennzeichen 0325943A) durch die Hochschule Hannover, die SLT-Technologies GmbH & Co. KG sowie die Überlandwerk Leinetal GmbH in Kooperation mit assoziierten Biogasanlagen im Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2018 entwickelt und pilotiert.

**Keywords:** Biogas, EEG, Erneuerbare Energien, Regelenergie, Systemdienstleistungen, Steuerungssystem, Automation

## **1 Motivation und Zielsetzung**

Das Energieversorgungssystem der Bundesrepublik Deutschland befindet sich in einem fundamentalen Wandlungsprozess. Seit dem Jahr 2000 hat sich der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung von 6,4 % auf etwa derzeit etwa 36,3 % erhöht und damit mehr als verfünffacht [Um18]. Diese Entwicklung entspricht den von der Bundesregierung im EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) verankerten Zielen zur Erhöhung des Anteils regenerativer Stromerzeugung bis zur mindestens 80%igen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2050, wobei eine vollständige regenerative Versorgung angestrebt wird [Bd18].

Während die Bundesregierung mit dieser Zielsetzung rein auf den mengenbezogenen Anteil von erneuerbarer Stromproduktion an der Gesamtstromproduktion abzielt, ergibt sich im praktischen Betrieb von Stromnetzen die Herausforderung, dass die in der Vergangenheit vorwiegend von konventionellen Kraftwerken erbrachten Systemdienstleistungen zukünftig proportional zum Anteil an der Gesamtstromproduktion durch erneuerbare Kraftwerke erbracht werden müssen. Systemdienstleistungen stellen

---

<sup>1</sup> Hochschule Hannover, Fakultät IV – Wirtschaft und Informatik, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, [chris.eicke@hs-hannover.de](mailto:chris.eicke@hs-hannover.de), [daniel.schirmer@hs-hannover.de](mailto:daniel.schirmer@hs-hannover.de), [marco.iezzi@hs-hannover.de](mailto:marco.iezzi@hs-hannover.de), [andreas.daum@hs-hannover.de](mailto:andreas.daum@hs-hannover.de), [manfred.krause@hs-hannover.de](mailto:manfred.krause@hs-hannover.de).

regulierende Hintergrundprozesse im Stromnetz dar, die Aufgaben des Überwachens, frequenzbezogenen Ausbalancierens und Reparierens der Energieinfrastruktur erfüllen [De17]. Insbesondere die Gewährleistung der Stromnetzstabilität durch sogenannte Regelernergie stellt eine zentrale Systemdienstleistung dar. Nach derzeitigem Kenntnisstand werden erneuerbare Kraftwerke diese Systemdienstleistung auch in einem Szenario mit 100%iger Stromversorgung durch regenerative Energien erbringen können – vorausgesetzt, Strom-Erzeugung, -Abnahme und -Speicherung wirken intelligent mit erneuerbaren Biogaskraftwerken zusammen [Fr14].

Das in Biogasanlagen produzierte Gas kann für mehrere Stunden gespeichert und in Abhängigkeit von regionalen Netzanforderungen durch Blockheizkraftwerke (BHKW) verstromt werden. Damit können Biogasanlagen sowohl das schwankende Verhalten von Stromabnehmern als auch die volatile Einspeisung von Photovoltaik- und Windkraftanlagen ausgleichen. Mit Blick auf die zeitlich begrenzte EEG-Vergütung von 20 Jahren sind Betreiber von Biogasanlagen darüber hinaus angehalten, alternative Erlöskonzepte zu realisieren, um einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb ihrer Anlagen zu ermöglichen.

Im Verbundforschungsvorhaben VKV Netz wurde im Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2018 ein Steuerungssystem für den automatisierten Betrieb virtueller Biogas-Verbundkraftwerke mit dem Fokus auf die Sicherstellung einer regionalen Stromnetzstabilität entwickelt und unter Einbindung von kooperierenden Biogas-Standorten pilotiert. Das Vorhaben mit einem Projektvolumen von etwa EUR 1,1 Mio. wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Förderkennzeichen 0325943A). Während die Hochschule Hannover die relevanten Entscheidungs- und Wirtschaftlichkeitsmodelle entwickelt und die Konsortialführung übernimmt, werden die Modelle durch die SLT-Technologies GmbH & Co. KG in ein IT-System implementiert. Der Netzbetreiber Überlandwerk Leinetal GmbH verantwortet die Systemintegration in das Bestandsnetz.

## 2 Das Steuerungssystem VKV Netz

Das Steuerungssystem VKV Netz verbindet Biogas-Standorte virtuell zu einem Gesamtkraftwerk und steuert dieses teilautomatisiert mit dem Ziel der Regulierung der Netzstabilität in einer zuvor definierten Region, z. B. dem Stromnetz eines Netzbetreibers oder Bilanzkreisverantwortlichen. Der Vorteil der Steuerung eines virtuellen Kraftwerkverbunds liegt im Vergleich zu der ausschließlichen Betrachtung einzelner Standorte in der Entkoppelung bzw. Verminderung standortindividueller Restriktionen. So können z. B. Ausfallzeiten eines Standorts durch die übrigen Anlagen im Verbund kompensiert werden. Abb. 1 visualisiert die einzelnen Komponenten und deren Zusammenspiel im Steuerungssystem:

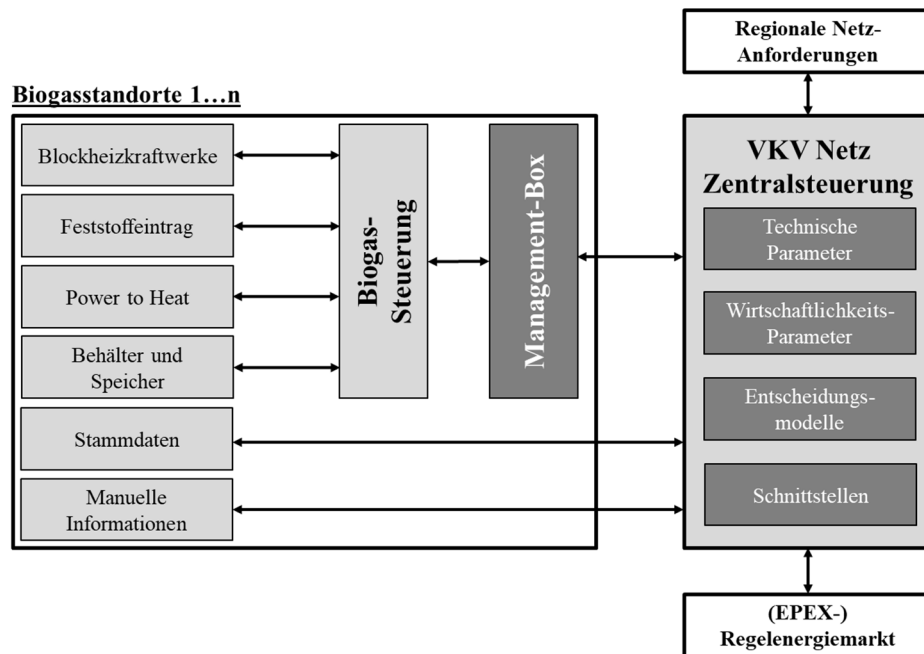


Abb. 1: Aufbau des Steuerungssystems VKV Netz

Das virtuelle Verbundkraftwerk setzt sich zusammen aus einer Menge von Biogasanlagen und einer Zentralsteuerung. Die steuerungsrelevanten Informationen jedes Standorts werden aus der standortindividuellen Biogas-Steuerung über eine Management-Box mit der VKV Netz Zentralsteuerung synchronisiert. Darüber hinaus werden die standortindividuellen Stammdaten und manuelle Informationen hinterlegt. Als steuerungsrelevante Informationen sind insbesondere zu benennen:

- **Installierte Leistung:** die elektrische Gesamtleistung eines Standorts
- **Bemessungsleistung:** die durchschnittliche elektrische Leistung im Kalenderjahr.
- **Höchstbemessungsleistung:** die vom Gesetzgeber maximal geförderte Einspeiseleistung im Jahresmittel.
- **Elektrische Mindestleistung:** die mindestens und stets zu erbringende elektrische Leistung, die sich vorwiegend aus thermischen Bedarfen ergibt, z. B. aufgrund vertraglicher Vereinbarungen mit Wärmenetzkunden.
- **Gaspeicher-Füllstände:** die Menge des derzeit eingelagerten Biogases sowie die sich daraus ergebende verbleibende Speicherkapazität.
- **Gasproduktionskapazität:** die insbesondere vom Rohstoff-Input abhängige Produktionskapazität von Biogas je Zeiteinheit.

- Gasverbrauch der BHKW: der Biogas-Verbrauch je kWh erzeugter elektrischer Energie.
- Reaktionsgeschwindigkeit der BHKW: der zeitliche Versatz der Reaktion auf Fernsteuerungs-Maßnahmen.
- Ausfallzeiten: geplante Ausfälle, z. B. aufgrund von Wartungsarbeiten, die in Soll-Fahrplänen manuell durch die Betreiber hinterlegt werden.

In der VKV Netz Zentralsteuerung werden die steuerungsrelevanten Parameter der einzelnen Biogasstandorte ausgewertet und in den Steuerungsentscheidungen gewürdigt. Eine einzelne Steuerungsentscheidung läuft dabei nach dem in Abb. 2 dargestellten Prozess ab.



Abb. 2: Ablauf des Steuerungsprozesses

Nach erkanntem Steuerungsbedarf werden die steuerungsrelevanten Parameter dahingehend geprüft, welche Anlagen den Bedarf technisch erfüllen können. Sollte z. B. ein Bedarf nach zusätzlicher Einspeiseleistung bestehen, so entfallen in diesem Schritt sämtliche Anlagen, die zum relevanten Zeitpunkt bereits unter Vollast betrieben werden. Anschließend werden die wirtschaftlichen Implikationen eines Steuerungsvorgangs kalkuliert. Dabei ist insbesondere zu prüfen, ob durch die geplante Steuerung ein Schaden durch entgangene EEG-Erlöse realisiert würde und wie hoch dieser wäre. Abschließend erfolgt die Steuerung einer oder mehrerer Anlagen des virtuellen Verbunds. Sollte die Steuerung einer einzelnen Anlage nicht zur Deckung des Steuerungsbedarfs genügen, wird der Bedarf inkrementell durch Steuerung weiterer Anlagen gedeckt. Neben den beschriebenen technischen und wirtschaftlichen Parametern wird hierbei eine faire Auswahl im Sinne einer möglichst gleichmäßigen Verteilung von Steuerungsentscheidungen im virtuellen Kraftwerk berücksichtigt.

Zusätzlich zur Auswahl der zu steuernden Anlagen ist die Festlegung der konkreten Steuerungs-Maßnahmen nötig. Abb. 3 visualisiert dabei die zu berücksichtigenden Parameter.

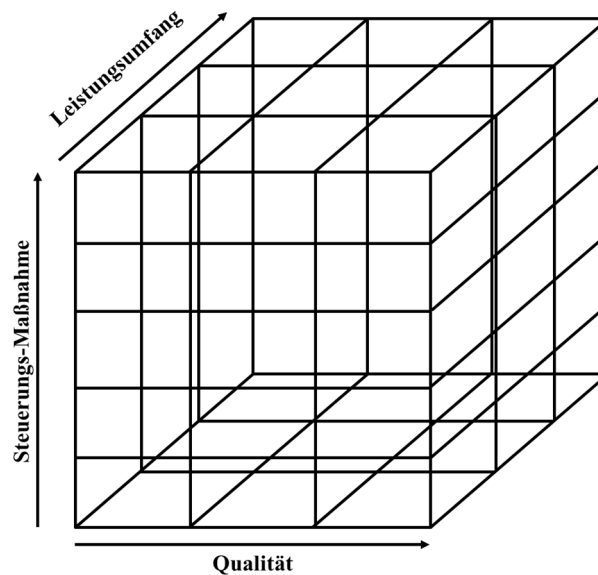


Abb. 3: Maßnahmenraum im Steuerungssystem

Potenziell können zur Erfüllung von Steuerungsbedarfen folgende Maßnahmen ausgewählt werden:

- Abschaltung eines BHKW: Ein aktives BHKW eines Standorts wird vollständig abgeschaltet.
- Zuschaltung eines BHKW: Ein inaktives BHKW wird zugeschaltet.
- Leistungsreduktion BHKW: Ein aktives BHKW wird abhängig von seinen technischen Restriktionen in seiner Leistung gedrosselt.
- Leistungserhöhung BHKW: Ein aktives BHKW wird entdrosselt.
- Aktivierung eines Power-to-Heat-Moduls: Ein Power-to-Heat-Modul wird aktiviert.
- Aktivierung lokalen Verbrauchs: Andere lokale Verbraucher werden am Standort der Biogasanlage aktiviert.

Die individuellen technischen Restriktionen eines Biogas-Standorts beeinflussen die Eignung der einzelnen Steuerungsmaßnahmen. Es ist einerseits der notwendige Umfang der Steuerungs-Maßnahme zu würdigen („Leistungsumfang“, z. B. Zuschaltung von 1.500 kW<sub>e</sub>), andererseits ist die Qualität der Anforderung zu berücksichtigen. Die Qualität beschreibt die benötigte Reaktionsgeschwindigkeit zur Umsetzung einer Steuerungsmaßnahme. Das Steuerungssystem VKV Netz ist integrierbar mit dem

bestehenden EPEX-Börsensystem zum Handel von Regelernergie, sodass äquivalent dazu drei Qualitätsstufen unterschieden werden:

- Regelungs-Anforderungen der ersten Qualitätsstufe sind binnen 30 Sekunden zu erfüllen („Primärregelung“) und bis zum Einsetzen der zweiten Stufe zu halten.
- Anforderungen der zweiten Qualitätsstufe („Sekundärregelung“) werden binnen 5 Minuten erfüllt.
- Regelungsbedarfe, die länger als 15 Minuten bestehen, werden von der dritten Qualitätsstufe („Minutenreserve“) abgelöst.

### 3 Fazit und Ausblick

Mit der Fokussierung auf den netzorientierten Betrieb von virtuellen Biogas-Kraftwerksverbänden leistet das Steuerungssystem VKV Netz einen Beitrag zur Gestaltung zukünftiger, wirtschaftlicher Betriebsmodelle für Biogasanlagen. Durch die Fokussierung auf die Erbringung von Systemdienstleistungen werden dabei zudem die im Vergleich zur Windkraft und Photovoltaik höheren Stromgestehungskosten von Biogasanlagen legitimiert. Die Pilotierung des Steuerungssystems erfolgte im Zeitraum Oktober 2017 bis September 2018 und konnte die technische Realisierbarkeit des Konzepts nachweisen. Zukünftige Forschungs- und Entwicklungsbedarfe sind insbesondere bei der Weiterentwicklung der gesetzlichen Rahmenwerke zu sehen. Aus technischer Sicht sind die zunehmende Intelligenz von Stromabnehmern und die Entwicklung von Speichertechnologien bei der Weiterentwicklung des VKV Netz Systems zu berücksichtigen.

#### Literaturverzeichnis

- [Bd18] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.: Bruttostromerzeugung im ersten Halbjahr 2018, online verfügbar unter: [https://www.bdew.de/media/documents/2018-0710\\_Stromerzeugungsmix-Hj1.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/2018-0710_Stromerzeugungsmix-Hj1.pdf), Stand: 02.11.2018.
- [De17] Deutsche Energie-Agentur: Innovationsreport Systemdienstleistungen, online verfügbar unter: <https://www.dena.de/themen-projekte/energiesysteme/stromnetze/systemdienstleistungen/>, Stand: 02.11.2018.
- [Fr14] Fraunhofer IWES: Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Kombikraftwerk 2, online verfügbar unter: [http://www.kombikraftwerk.de/fileadmin/Kombikraftwerk\\_2/Abschlussbericht/Kurzbericht\\_Kombikraftwerk2\\_final.pdf](http://www.kombikraftwerk.de/fileadmin/Kombikraftwerk_2/Abschlussbericht/Kurzbericht_Kombikraftwerk2_final.pdf), Stand: 31.08.2014.
- [Um18] Umweltbundesamt: 2050: 100%, Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/energieziel\\_2050.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/energieziel_2050.pdf), Stand: 02.11.2018.