



Erneuerbare Energie

# Von einer fluktuierenden zur verlässlichen Stromerzeugung?

von Dodiak Ika Candra M. Sc., Prof. Dr. Kilian Hartmann und Prof. Dr. mont. Michael Nelles

# Von einer fluktuierenden zur verlässlichen Stromerzeugung?

Erneuerbare-Energien-Anlagen speisen ihren Strom bisher vorwiegend fluktuierend in die Stromnetze ein. Durch Kombination dieser fluktuierenden Erzeugung zum Beispiel aus Photovoltaik oder Windenergie mit flexibler Erzeugung aus Biogas in einem virtuellen Kraftwerk können diese Herausforderungen jedoch gelöst werden. Geeignete Technologien und IKT-Infrastrukturen vorausgesetzt, können erneuerbare Energien damit künftig zu einer verlässlichen Stromerzeugung werden.

Ein Großteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist wetterabhängig – vor allem bei Photovoltaik- und Windenergieanlagen. Strom aus PV-Anlagen lässt sich nur tagsüber erzeugen, Windenergieanlagen produzieren entsprechend den vorherrschenden Windverhältnissen. Dies beeinträchtigt aus Sicht der Netzbetreiber die Verlässlichkeit von Strom aus erneuerbaren Energien: Diese Anlagen können nicht dauerhaft Strom liefern, und somit lässt sich die Stromversorgung über das Stromnetz je nach Last nicht immer zuverlässig gewährleisten.

Auch der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien und die damit einhergehende zunehmende Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien wird das Problem der Verlässlichkeit nicht lösen. Der Umgang mit wetterabhängiger Stromerzeugung bleibt also eine Herausforderung für die Netzbetreiber, die nur mit der Entwicklung innovativer Technologien gelöst werden kann.

### Technologischer Wandel unterstützt erneuerbare Energien

Aktuelle Entwicklungen bei Erneuerbare-Energien-Technologien sowie in der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) führen dazu, dass durch das Zusammenwirken unterschiedlicher volatiler Erzeugungsstrukturen Strom aus diesen Anlagen flexibel entsprechend der Lastanforderungen eingespeist werden kann. Damit lässt sich die Erzeugung den Netzanforderungen anpassen.

Ein virtuelles Kraftwerk ist eine solche Zusammenführung dezentraler Erzeugungsanlagen zu einem einzigen »Kraftwerk«, das netzdienlich eingesetzt werden kann – zum Beispiel zur Stabilisierung der Netzfrequenz. In

wirtschaftlicher Hinsicht wird ein virtuelles Kraftwerk also zur Optimierung des Energieportfolios im Netz eingesetzt. Virtuelle Kraftwerke können im Niederspannungs- (<20 kV), im Mittelspannungs- (<50 kV) und im Hochspannungsbereich (110 kV und mehr) oder in einer entsprechenden Kombination eingesetzt werden. Sie unterstützen sowohl die Übertragungs- als auch die Verteilnetzbetreiber dabei, das Stromnetz optimal zu betreiben. Zudem können sie die Preise am Strommarkt beeinflussen.

Das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik und die Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst zeigen darüber hinaus im Rahmen des Projekts »Regelbare Biogaserzeugung (ReBi)«, wie erneuerbare Energien flexibel in das Energiesystem integriert werden können. Dabei ging es vor allem um die flexible Nutzung von Biogas. Ergebnis dieses Projekts waren optimierte technische und biologische Prozesse für die flexible Erzeugung von Biogas [1]. Dies zeigt, dass Biogas nicht nur zum Ausgleich einer volatilen Stromerzeugung eingesetzt werden kann, sondern generell als eine flexibel nutzbare Art der Stromerzeugung.

### Kombination von flexibler und fluktuierender Energieerzeugung in einem virtuellen Kraftwerk

Die Kombination einer flexiblen Energieerzeugung (Biogas und Batterie) mit einer fluktuierenden Erzeugung aus erneuerbaren Energien wie Windenergie in einem virtuellen Kraftwerk hat großes Potenzial, die künftigen Netzanforderungen erfüllen zu können – zum Beispiel die flexible Stromversorgung für schwankende Lasten (**Bild 1**). Ein virtuelles Kraftwerk bestehend aus einer

Kombination aus Batterie, Photovoltaik- und Biogasanlage kann planmäßige Lasten auffangen (als Lastfolger) und kommt auch mit ungeplanten Lasten zurecht (flexible Energieerzeugung). Die abzudeckenden Lastanforderungen reichen von variablen oder konstanten Lastanforderungen bis hin zu festgelegten Lastverteilungen, wie sie zum Beispiel am Spotmarkt auftreten [2].

Innerhalb eines virtuellen Kraftwerks kann die flexible Erzeugung oder Bereitstellung von Strom (Biogas und Batterie) Restlasten fluktuierender erneuerbarer Energien auffangen. Dabei verwaltet ein virtuelles Kraftwerk nicht nur verschiedene Stromerzeugungsanlagen zur Erfüllung der Netzanforderungen, sondern sorgt auch für die optimale wirtschaftliche Einspeisung von Strom.

### Festlegung charakteristischer Kraftwerksmerkmale ist Voraussetzung für Integration

Die Integration einer flexiblen Stromerzeugung (Biogas und Speicherung) und fluktuierender erneuerbarer Energien (Photovoltaik- und Windenergieanlage) in ein virtuelles Kraftwerk ohne Kenntnis der jeweiligen spezifischen Eigenschaften und Merkmale ist eine Herausforderung. Die Integration kann nur gelingen, wenn zur Erfüllung der Aufgaben des virtuellen Kraftwerks eine Synergie zwischen den einzelnen Anlagen entsteht. Der Biogasanlage ist zum Beispiel Menge und Zeit, die erforderlich ist, um ausreichend Energie zur Deckung der Restlast der PV-Anlage zu erzeugen, bekannt, wenn im Vorfeld die verfügbare Leistung der PV-Anlage prognostiziert wurde.

Eine Methode zur Bestimmung der Leistungskennzahlen von Kraftwerken

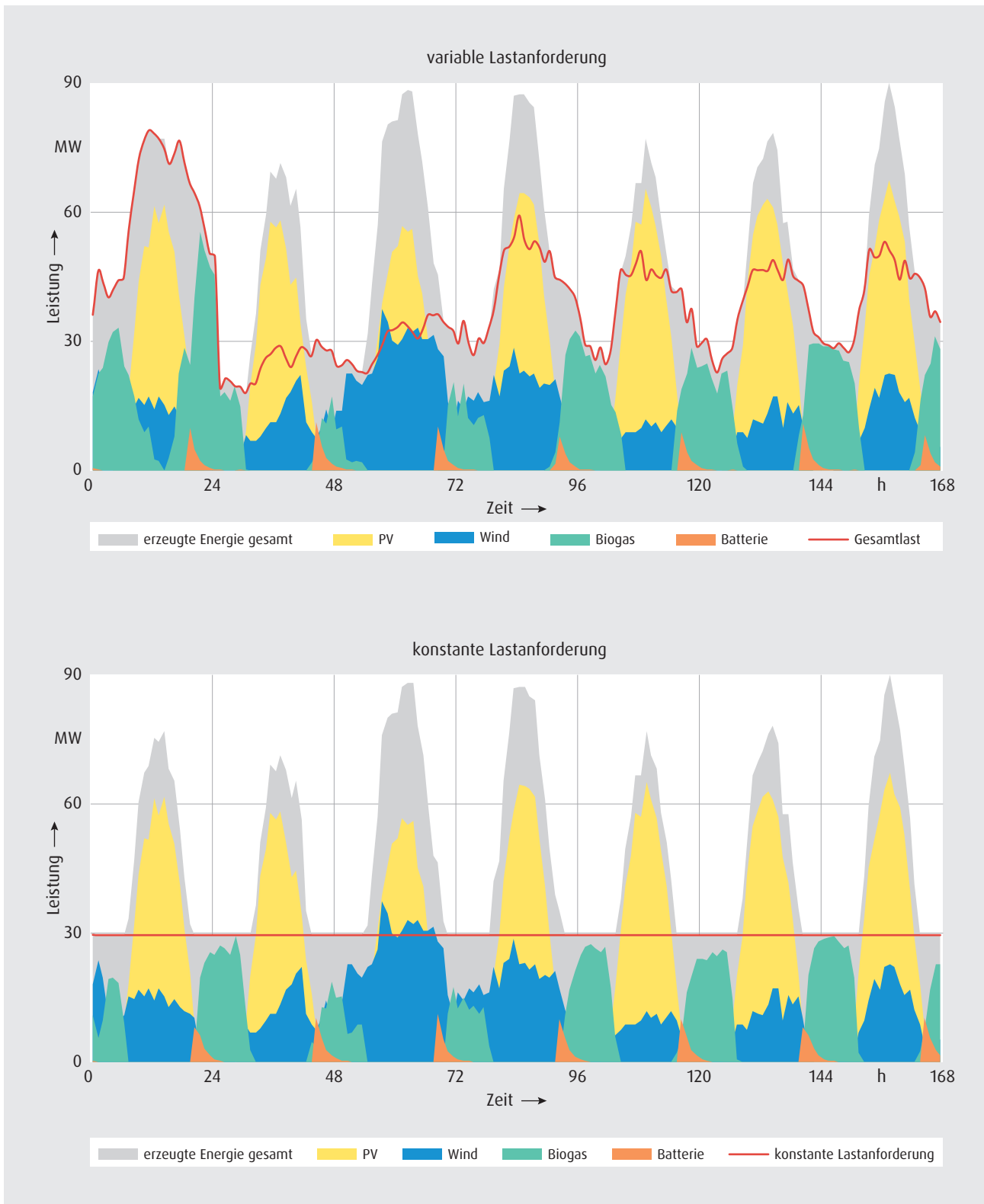


Bild 1. Flexibler Einsatz eines virtuellen Kraftwerks bestehend aus der Stromerzeugung aus fluktuierenden erneuerbaren Energien und aus Biogas zur Deckung von Lastanforderungen: a) variable Lastanforderung; b) festgelegte Lastanforderung.

ist ihre Modellierung. Die Modellkraftwerke enthalten eine Modellierung des Profils und der prognostizierten Leistung der Kraftwerke. Aufgrund der Tatsache, dass die meisten erneuerbaren Energien wetterabhängig sind, ist eine

Prognose der Verfügbarkeit dieser Anlagen unabdingbar.

Außer der Bestimmung der charakteristischen Kennzahlen von Kraftwerken werden die folgenden beiden Kompo-

nenten zusätzlich benötigt, um verschiedene Anlagen in ein virtuelles Kraftwerk integrieren zu können:

- Optimierungstools zur Gewährleistung eines technisch-wirtschaftlich

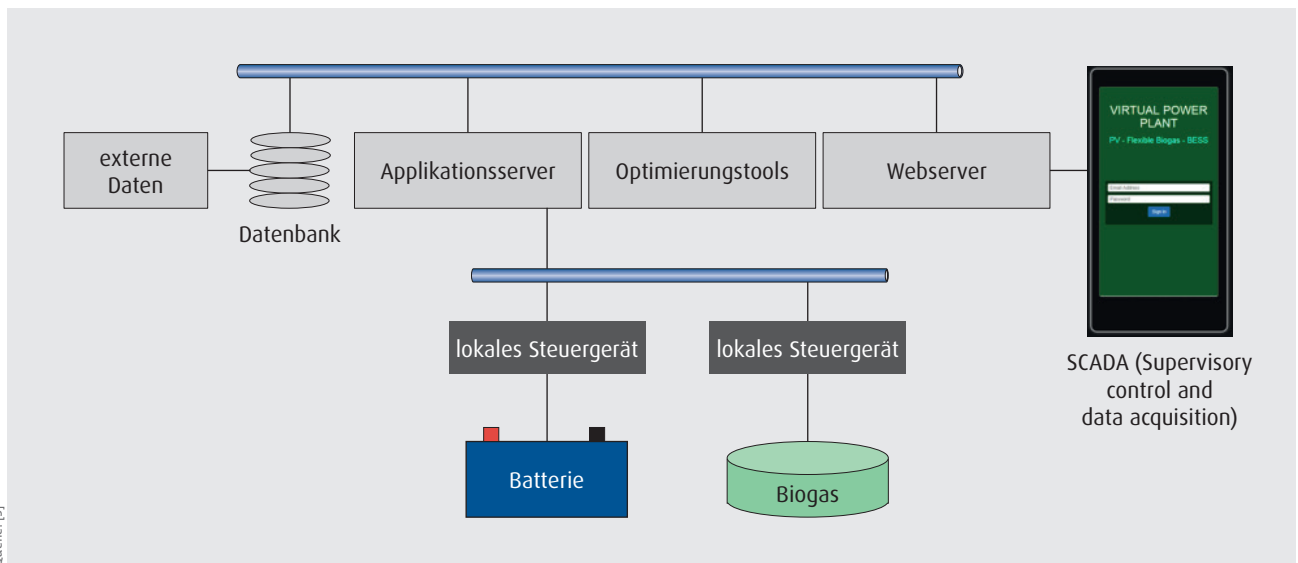


Bild 2. Kommunikationsstruktur eines virtuellen Kraftwerks, in dem eine Kombination aus Photovoltaikanlage (externe Daten), Biogasanlage und Batterie zum Einsatz kommt.

optimierten Energiemanagements in einem virtuellen Kraftwerk

- IKT-Infrastruktur zur Bündelung unterschiedlicher Erzeugungsanlagen in einem virtuellen Kraftwerk.

Weiterhin kommen in einer IKT-Architektur für virtuelle Kraftwerke ein oder mehrere Server (Anwendung und Webserver) zum Einsatz (Bild 2). Der Anwendungsserver verwaltet die Interaktion der einzelnen Komponenten eines virtuellen Kraftwerks, während der Webserver die Steuerung der webbasierten Schnittstelle übernimmt. So wird die Teilnahme der unterschiedlichen Interessengruppen (Eigentümer der Kraftwerke, Bediener etc.) an der virtuellen Bedienung und Überwachung der Kraftwerke gewährleistet.

### Technische Einschränkungen

Die integrierte, flexible Energieerzeugung und die fluktuierende Erzeugung aus erneuerbaren Energien unterliegen in einem virtuellen Kraftwerk einigen technischen Einschränkungen. Sie betreffen hauptsächlich die Kenndaten der erneuerbaren Energien. Die Leistungsfähigkeit einer Biogasanlage wird auch in einem virtuellen Kraftwerk nach wie vor durch die Effizienz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und der Speicherkapazitäten bestimmt [4]. Die Leistungsfähigkeit der Photovoltaik hängt in einem virtuellen Kraftwerk dagegen von der Qualität der prognostizierten Leistung der PV-Komponenten ab. Technische Einschränkungen sind bei einer Kombination aus fluktuierenden erneuerbaren

Energien und flexibler Energieerzeugung zwar nicht zu vermeiden, sollten jedoch durch die Entwicklung künftiger Erneuerbarer-Energien-Technologien zu lösen sein.

### Standards für virtuelle Kraftwerke in Deutschland

Die Arbeitsgruppe für dezentrale elektrische Energiesysteme der Internationalen elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet zurzeit eine Norm für virtuelle Kraftwerke: IEC 63189-1 ED1 zur Architektur und zu den funktionalen Anforderungen für virtuelle Kraftwerke sowie die IEC TS 63189-2 ED1 zu Anwendungsfällen virtueller Kraftwerke [5]. Diese Normen werden in Deutschland vom Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE) und der Deutschen Kommission für Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (DKE) übernommen.

### Literatur

- [1] Ganagin, W.; Loewen, A.; Hahn, H.; Nelles, M.: Flexible Biogaserzeugung durch technische und prozessbiologische Verfahrensanpassung. 8. Rostocker Bioenergieforum, Rostock, 2014, S. 79-93.
- [2] Marktdaten der Expe Spot: [www.expepot.com/en/market-data/dayaheadauction](http://www.expepot.com/en/market-data/dayaheadauction)
- [3] Candra, D. I.; Hartmann, K.; Nelles, M.: Conceptual and Practical Implementation of Integrated Flexible Biogas-Intermittent RE-Battery Storage for Reliable and Secure Power Supply to Meet Actual Load Demand at Optimal Cost. 25<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition, Stockholm, 2017, S. 1863-1872.

- [4] Wellinger, A.; Murphy, J.; Baxter, D.: The Biogas Handbook: Science, Production and Applications. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, 2013.

- [5] International Electrotechnical Commission: SC 8B Decentralized Electrical Energy Systems: SC 8B Work programme (5). [www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:23:17590872606960:::FSP\\_ORG\\_ID,FSP\\_LANG\\_ID:20639,25](http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:23:17590872606960:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:20639,25).



**Dodiek Ika Candra M. Sc.**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Rostock



Prof. Dr. **Kilian Hartmann**, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Hochschule Aschaffenburg, Aschaffenburg



Prof. Dr. mont. **Michael Nelles**, Inhaber der Professur für Abfall- und Stoffstromwirtschaft, Universität Rostock, Rostock, sowie wissenschaftlicher Geschäftsführer, Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (DBFZ), Leipzig

- >> [dodiek.candra@uni-rostock.de](mailto:dodiek.candra@uni-rostock.de)  
[kilian.hartmann@h-ab.de](mailto:kilian.hartmann@h-ab.de)  
[michael.nelles@uni-rostock.de](mailto:michael.nelles@uni-rostock.de)

- >> [www.auf.uni-rostock.de](http://www.auf.uni-rostock.de)  
[www.h-ab.de](http://www.h-ab.de)  
[www.dbfz.de](http://www.dbfz.de)