

# **BalanceE - eine Fallstudie zu Integrationsoptionen erneuerbarer Energien mittels Stromspeicher, flexibler Bioenergie und systemfreundlichen Erneuerbaren**

## **(3) Integrierte Netze der Zukunft**

Philip TAFARTE<sup>1(1)</sup>, Markus MILLINGER<sup>(1)</sup>, Annedore KANNIGIESSER<sup>(2)</sup>, Benedikt MEYER<sup>(3, 4)</sup>, Martin DOTZAUER<sup>(5)</sup>, Katja OEHMICHEN<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, <sup>(2)</sup> Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, <sup>(3)</sup> Universität Bremen Fachgebiet Resiliente Energiesysteme, <sup>(4)</sup> Advanced Energy Systems Institute, <sup>(5)</sup> Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH

## **Motivation und zentrale Fragestellung**

Mit steigenden Anteilen fluktuierender erneuerbarer Energiequellen, insbesondere der Wind- und Solarenergie, entstehen neue Herausforderungen für die Einbindung dieser Energiequellen in das Stromversorgungssystem der Zukunft [1-4]. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sind flexible Stromerzeugung aus Bioenergie sowie verschiedene Stromspeichertechnologien einer integrativen Analyse und Bewertung unterzogen worden. Kernziel der Fallstudie ist die Beantwortung der Fragestellung, welche Rolle dabei absehbar eine bedarfsgerechte Bioenergieerzeugung und Speichertechnologien bei der Systemintegration spielen und inwieweit die Optimierung der Stromerzeugung mittels systemfreundlicher Auslegung fluktuierender Erneuerbarer selbst bereits einen Beitrag zur Systemintegration leisten kann.

## **Methodische Vorgangsweise**

Zunächst wurden 12 Szenarien des Stromsystems mit hohem Anteil fluktuierender Erzeugung erstellt, welche die grundlegenden Informationen und Daten zur Stromsystemcharakteristik bei einem steigenden Anteil fluktuierender Erzeugung bereitstellen. Hierbei wurden unterschiedliche EE-Anteile (50%, 65% und 80% entsprechend der Jahre 2030, 2040 und 2050) und auch das regionale EE-Dargebot berücksichtigt, welches sich mit großen Solarpotenzialen an das Übertragungsnetz der TRANSNET-BW im Süden Deutschland bzw. an das mit starken Windenergiopotenzialen ausgestattete Übertragungsnetzgebiet der 50Hertz anlehnt. Zudem wurden mit dem am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung entwickelten Modell VAREO [5] die Optionen einer systemfreundlichen Auslegung von Wind und Solarstrom berücksichtigt, welche potenziell den Ausgleichsbedarf an Speichern und Bioenergie reduzieren kann. Die Szenarien orientierten sich dabei an den Szenarien des Netzentwicklungsplans [6] und basieren auf angepassten viertelstündlich aufgelösten Zeitreihendaten der Übertragungsnetze von 50Hertz und TRANSNET-BW in Deutschland [7].

Anschließend wurden für die Modellierung der bedarfsgerechten Stromerzeugung aus Bioenergie und den Stromspeichertechnologien deren Potenziale und technisch-ökonomische Weiterentwicklung erfasst und parametrisiert [8-13], inklusiver der mit Errichtung und Betrieb verbundenen THG-Emissionen. Die Zeitreihendaten und technisch-ökonomischen Parameter wurden anschließend in die Einsatzoptimierung aller Elemente des Erzeugerparks beider Übertragungsnetze eingespeist. Hierzu wurde das bei Fraunhofer UMSICHT entwickelte generische Optimierungsmodell GOMES [14] genutzt (Abbildung 1). Als Zielfunktion wurde dabei die Minimierung der THG-Emissionen gewählt.

## **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Aus der Vielzahl an Analysen der umfangreichen Ergebnisse [15] sind nachfolgend einige wesentliche Erkenntnisse zusammengestellt.

Ein systemfreundlich optimierter Solar- und Windkraftanlagenpark führt zu einer gleichmäßigeren Erzeugung und einem gleichmäßigeren Residuallastgang, was den Bedarf an Flexibilitätsoptionen wie

<sup>1</sup> Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ | Department Ökonomie und Department Bioenergie | Permoserstraße 15 | 04318 Leipzig | Tel. ++49 341 97 33608 | philip.tafarte@ufz.de | <https://www.ufz.de/index.php?de=39723>

Stromspeichern reduziert. Im Ergebnis erfordern diese sowohl weniger erneuerbare Erzeugungskapazitäten als auch einen geringeren Bedarf an Speicherkapazitäten. In der Region mit starken Windpotenzialen ist dies am deutlichsten zu sehen (Abbildung 2), wo in 2050 mit einer deutlich geringeren Erzeugungskapazität die gleichen EE-Anteile erreicht werden können.

In der eher sonnengeprägten Region ist die Einspeicherung von Solar-PV-Mittagsspitzen besonders wichtig, um hohe Anteile fluktuierender erneuerbarer Erzeugung zu erreichen und erfordert einen Verbund aus Kurz- und Mittelfristspeichern. Zudem kann dort ein Synergieeffekt zwischen Bioenergieanlagen und Stromspeichern auftreten, insofern als dass Stromspeicher die Flexibilitätsanforderungen von Bioenergieanlagen durch eine entsprechende Mehrverlagerung reduziert. Erst bei sehr hohen EE-Anteilen von 80% ist keine vollständige Kompensation mehr möglich, so dass der unflexible Bioenergieanlagenbetrieb eine geringe Reduktion des EE-Anteils verursacht.

In windenergiegeprägten Regionen ist dagegen eine Flexibilisierung von Bioenergieanlagen ab spätestens 2040 elementar, da der notwendige Energieausgleich nicht durch Stromspeicher geleistet werden kann. Biomasse stellt zudem eine Alternative zu Langfristspeicheroptionen dar.

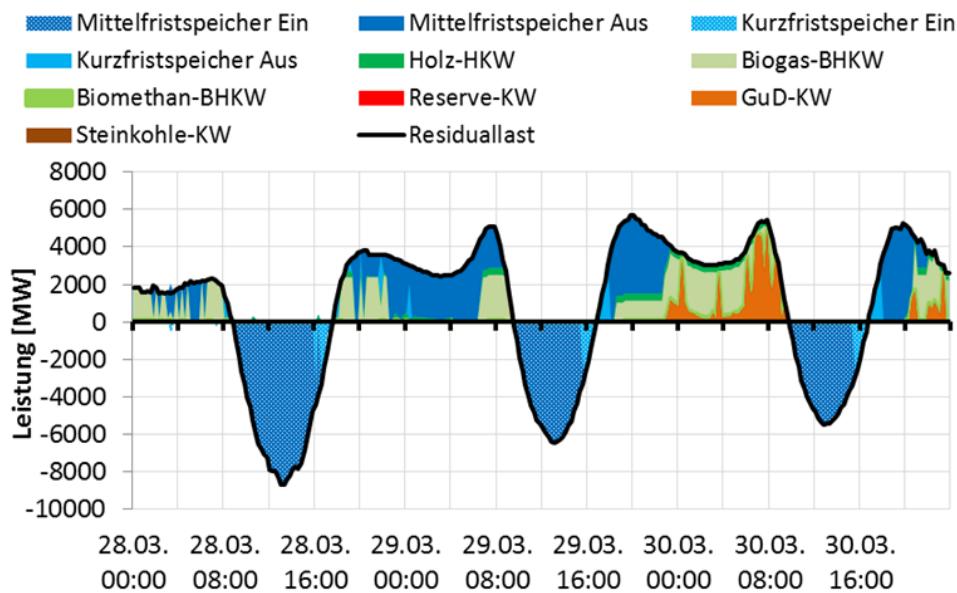


Abbildung 1: Beispielhafte Lastdeckung durch flexible Erzeuger und Stromspeicher in der sonnengeprägten Modellregion im Jahr 2050 (3 Tage im September).

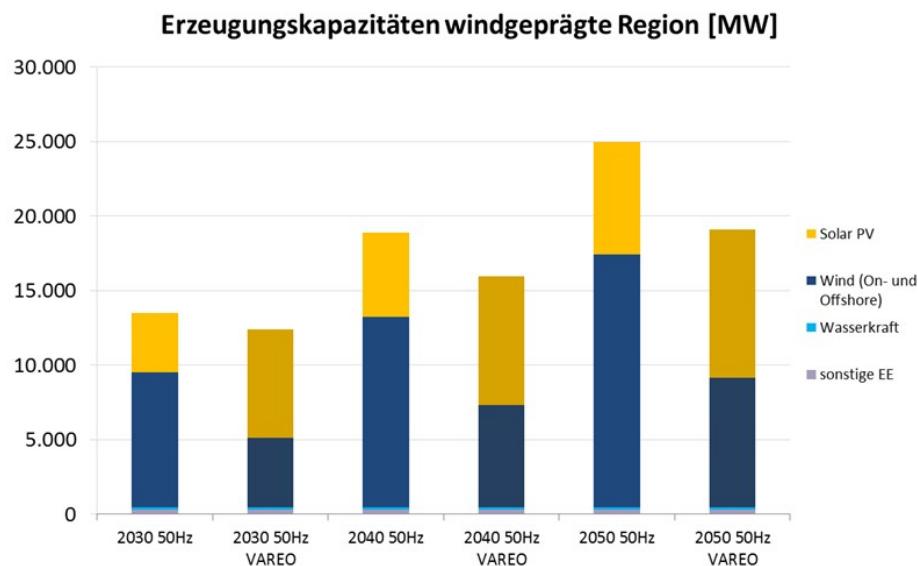


Abbildung 2: Unterschiede in den installierten Leistungen zwischen den Classic und VAREO-Szenarien in MW für die windgeprägte Untersuchungsregion.

## Literatur

- [1] Solomon, A.A., D.M. Kammen, and D. Callaway, The role of large-scale energy storage design and dispatch in the power grid: a study of very high grid penetration of variable renewable resources. *Appl Energy*, 2014. 134.
- [2] Ueckerdt, F., et al., Representing power sector variability and the integration of variable renewables in long-term energy-economy models using residual load duration curves. *Energy*, 2015.
- [3] Lund, P.D., et al., Review of energy system flexibility measures to enable high levels of variable renewable electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015. 45: p. 785-807.
- [4] Schill, W.-P. and A. Zerrahn, Long-run power storage requirements for high shares of renewables: Results and sensitivities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018. 83: p. 156-171.
- [5] Tafarte, P., et al., Small adaptations, big impacts: Options for an optimized mix of variable renewable energy sources. *Energy*, 2014. 72(0): p. 80-92.
- [6] NEP, Netzentwicklungsplan Strom 2012. 2.Überarbeiteter Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber. 50Hertz, Amprion, TenneTTSO, TransnetBW, 2012, 50Hertz, Amprion, TenneT TSO, TransnetBW.
- [7] Europa-Universität Flensburg, et al. Open Power System Data. Wind and solar power time series 2016 [cited 2016 16.07.2016]; Available from: [http://open-power-system-data.org/data-sources#8\\_Wind\\_and\\_solar\\_power\\_time\\_series](http://open-power-system-data.org/data-sources#8_Wind_and_solar_power_time_series).
- [8] Pape, C., et al., Roadmap Speicher. Bestimmung des Speicherbedarfs in Deutschland im europäischen Kontext und Ableitung von technisch-ökonomischen sowie rechtlichen Handlungsempfehlungen für die Speicherförderung. Endbericht2014, Kassel, Aachen, Würzburg: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Fraunhofer Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW), Stiftung Umweltennergierecht.
- [9] Purkus, A., et al., Contributions of flexible power generation from biomass to a secure and cost-effective electricity supply—a review of potentials, incentives and obstacles in Germany. *Energy, Sustainability and Society*, 2018. 8(1): p. 18.
- [10] Tafarte, P., et al., The potential of flexible power generation from biomass: A case study for a German region, in *Smart Bioenergy: Technologies and Concepts for a More Flexible Bioenergy Provision in Future Energy Systems*2015. p. 141-159.
- [11] Thran, D., et al., Flexible bioenergy supply for balancing fluctuating renewables in the heat and power sector--a review of technologies and concepts. *Energy, Sustainability and Society*, 2015. 5(1): p. 35.
- [12] Tafarte, P., et al., Impact of flexible bioenergy provision on residual load fluctuation: a case study for the TransnetBW transmission system in 2022. *Energy, Sustainability and Society*, 2017. 7.
- [13] Fraunhofer UMSICHT; Fraunhofer IWES: Metastudie Energiespeicher. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Oberhausen, Kassel, 2014.
- [14] Kannegießer, A., Entwicklung eines generischen Modells zur Einsatzoptimierung von Energiespeichern für die techno-ökonomische Bewertung stationärer Speicheranwendungen. In: *Umsicht-Schriftenreihe* Band Nr. 69, Verlag Karl Maria Laufen, Oberhausen, 2014. – Zugleich: Dissertation, TU Dortmund, 2013.
- [15] Millinger, M., et al., BalanceE - Synergien, Wechselwirkungen und Konkurrenzen beim Ausgleich fluktuierender erneuerbarer Energien im Stromsektor durch erneuerbare Optionen, 2017, UFZ, DBFZ, Fraunhofer UMSICHT. p. 87.