

Regionale Potenziale der Biogasproduktion zur flexiblen Stromproduktion in Deutschland

Regional potential of biogas production as a demand influenced power supplier

Sebastian AUBURGER und Enno BAHRs

Zusammenfassung

Der Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland schreitet weiter voran. Zur Erreichung der politisch gesteckten Ausbauziele ist die Vorhaltung großer installierter Leistungen aus fluktuierenden Energiequellen notwendig, was eine starke Belastung der Stromnetze nach sich zieht. Biogasanlagen (BGA) können einen Beitrag zur Stabilisierung der Stromnetze bereits auf untergeordneten Spannungsebenen leisten. Es zeigt sich, dass insbesondere in Regionen mit einem großen Überhang an fluktuierenden Energiequellen auch eine hohe Biogasproduktionsintensität vorherrscht. Damit könnte sich die Biogasproduktion in diesen Regionen als flexibler Anbieter von Stromdienstleistungen aus technischer Sicht anbieten, wenn die regionale Nachfrage im Versorgungsnetz dies erfordert. Diese aus technischer Sicht realisierbare flexible Stromproduktion kann jedoch auch aus betriebswirtschaftlicher Perspektive Vorteile aufweisen. Damit könnte sich diese Form der Stromproduktion verstärkt von der Grundlastproduktion in die bedarfsorientierte Stromproduktion pareto-optimal aus der Sicht von Stromverbraucher und Netzbetreiber als auch der Biogasproduzenten wandeln.

Schlagnworte: Biogas, flexible Stromproduktion, Regelenergie

Summary

The expansion of renewable energies in Germany is in progress. In order to accomplish the aims, which were set by government, it is necessary to hold big installed power of fluctuating energy sources availa-

ble. As a consequence stability of the power supply systems on regional and long distance level is threatened. Analysis of the dataset primarily shows that in regions with a high backlog of fluctuating energy sources the energy production of biogas is also well established.

Thereby biogas production can make a contribution to stabilize power supply systems, especially on lower voltage level. Economic calculations of biogas production identify that costs of a flexible biogas production could be lower than potential additional earnings. Hence biogas production is able to change from a basic load to a demand influenced supplier, which could be a pareto optimal adaption.

Keywords: Biogas, flexible power production, demand influenced power production

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Leitlinien für die energiepolitische Entwicklung der Bundesrepublik Deutschland, auch im Kontext einer Reduktion von Treibhausgasen bis zum Jahr 2050, wurden im September 2010 von der Bundesregierung im Rahmen ihres Energiekonzepts beschlossen (BMU, 2011, 16). Trotz der sofortigen Abschaltung von acht der 17 Kernkraftwerke nach den Ereignissen in Fukushima, erhöhte sich die Gesamtleistung deutscher Kraftwerke von 160 GW im Jahr 2010 auf 164 GW zum Ende des Jahres 2011. Dieser Anstieg ist jedoch nahezu ausschließlich auf den Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) zurückzuführen (BMWi und BMU, 2012, 11). So stieg der Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttostromverbrauch auf 20,5% zum Ende des Jahres 2011 (BMU, 2012, 6). Sollen die Versorgungssicherheit gewährleistet und die politischen Ausbauziele der EE erreicht werden, müssen größere Leistungskapazitäten installiert werden, was im Gegenzug regelmäßig temporär zu einer Stromnetz destabilisierenden Überproduktion führen kann, sofern zusätzliche regionale Speicher diese Energie nicht abnehmen können (BNetzA und BKartA, 2013, 13f). Tab. 1 verdeutlicht dies anhand des Leistungs- und Einspeiseanteils im Jahr 2011, wobei der Einspeiseanteil derjenige Anteil ist, den die entsprechende Energiequelle in Abhängigkeit ihrer Volllaststunden an der gesamten Einspeisung der EE einnimmt. Der Leistungsanteil hingegen ist derjenige Anteil, den die Energiequelle an der gesamten installierten Leistung aus EE aufweist. Es zeigt sich für die Stromproduktion aus Nawaro-Biomasse,

welche im Wesentlichen die Biogasproduktion beinhaltet, dass der Einspeiseanteil den Leistungsanteil wesentlich übersteigt, was in der Unabhängigkeit der Stromproduktion von meteorologischen Einflussfaktoren wie z.B. Sonne oder Wind begründet ist.

Tab. 1: Vergleich zwischen installierter Leistung (Leistungsanteil) und Stromproduktion aus EE (Einspeiseanteil)

2011	Einspeiseanteil	Leistungsanteil
Wasserkraft	14,31%	6,68%
Windenergie	39,58%	44,15%
Nawaro-Biomasse	26,59%	8,54%
Biomasse aus Rest- & Abfallstoffen	3,85%	2,58%
Photovoltaik	15,66%	38,03%
Geothermie	0,02%	0,01%

Quelle: Berechnet nach BMU, 2012, 10f

Die Ausfallarbeit als Kennzahl der für die Netzstabilität erforderlichen Abregelung von Anlagen zur Erzeugung von EE des Jahres 2011 summiert sich auf 421 GWh, was einer Verdreifachung im Vergleich zum Jahr 2010 entspricht. Dieser Anstieg steht in direktem Zusammenhang mit dem stark voranschreitenden Ausbau der EE (BNetzA und BKartA, 2013, 14). Der Ausbau fluktuierender Energiequellen induziert auf diese Weise einen verstärkten Bedarf an flexibilisierbaren Stromerzeugungsanlagen und Energiespeichermöglichkeiten, der vorrangig auch durch die regelbare Stromproduktion aus Biomasse erbracht werden könnte (NITSCH et al., 2010, 17). Biogasanlagen eignen sich sehr gut als flexible Stromproduzenten und können dadurch einen wichtigen Beitrag zur Systemintegration der EE im deutschen Stromsystem leisten, insbesondere in der Transformationsphase des Übergangs zu einer vollständigen Deckung des Strombedarfs aus erneuerbaren Energien (THRÄN et al., 2011, 88; GRÜN WALD et al., 2012, 83ff; KRAUTKREMER und HOLZHAMMER, 2013, 34).

Im Rahmen dieses Beitrags soll eine auf Ebene der Verwaltungseinheit „Gemeinde“ basierende, regionalisierte Übersicht über das Verhältnis zwischen der regelbaren Energiequelle Biogas und den fluktuierenden Energiequellen Wind und Photovoltaik erarbeitet werden. Dieser Überlegung liegt die technische Annahme zu Grunde, dass eine stabile Netzsituation in den unteren Spannungsebenen des deutschen Strom-

netzes, d.h. in der Nieder- und Mittelspannung, eine stabilisierende Wirkung auf die nachfolgenden Spannungsebenen der Hoch- und Höchstspannung besitzt und die Erbringung von Systemdienstleistungen aus diesen Spannungsebenen zukünftig an Bedeutung gewinnen wird (RICHARD et al., 2012, 16; FRAUNHOFER IWES, 2009, 24). Darauf aufbauend wird eine Bewertung der ökonomischen Vorzüglichkeit unter dem gegenwärtigen Strompreis- und Stromförderregime Deutschlands vorgenommen, um die flexible Stromproduktion aus Biogas anhand einer Modellbiogasanlage aus der intrinsischen Perspektive der Biogasanlagenbetreiber zu beleuchten. Der Beitrag kann insofern für politisch Verantwortliche auf regionaler und nationaler Ebene als auch für BiogasanlagenbetreiberInnen selbst Entscheidungsunterstützung bieten.

2. Datengrundlage und Methodik

Das gemeindescharfe Verhältnis zwischen der regelbaren Energiequelle Biogas und den fluktuierenden Energiequellen Wind und Photovoltaik wird anhand der Kennzahl Ausgleichsbedarf (A) dargestellt (vgl. Formel 1). Dabei ist zu beachten, dass die installierten Leistungen aus Windkraftanlagen nur zu 2/3 berücksichtigt werden, da schätzungsweise rund 1/3 der übrigen Windkraftanlagen (Stand: Ende 2011) an das Hochspannungsnetz angeschlossen sind (BÖMER et al., 2012, 7). Eine beispielhafte Auswertung des Tennet-Übertragungsnetzes, welches aufgrund seiner Lage in Deutschland als repräsentativ angenommen wird, bestätigt dies. In diesem Übertragungsnetz sind ca. 68% der Windkraftanlagen und nahezu alle Photovoltaik und Biomasseanlagen auf der Nieder- oder Mittelspannungsebene angeschlossen.

Formel 1: Berechnung der Kennzahl Ausgleichsbedarf (A)

$$A_g = 2/3 \sum_{w=1}^{\max(w)} P_{g,w}^{\square} + \sum_{s=1}^{\max(s)} P_{g,s}^{\square} - \sum_{b=1}^{\max(b)} P_{g,b}^{\square}$$

Wobei gilt:

A: Ausgleichsbedarf in kW; w: Anzahl Windkraftanlagen;
s: Anzahl Photovoltaik-Anlagen; b: Anzahl Biogasanlagen; P: installierte Leistung in kW; g \in [1;11.646]: Laufindex für alle Gemeinden Deutschlands
Anhand des vorliegenden Datensatzes der vier in Deutschland maßgeblichen Übertragungsnetzbetreiber können Art, Ort und Leistung

der EEG-Anlagen identifiziert werden. Insgesamt umfasst der Datensatz 999.532 EEG-Anlagen der Energieträger Wind, Sonne und Biogas Deutschlands bis zum 31.12.2011. Hierbei werden die aufsummierten gemeindespezifischen Anlagenleistungen aus Biogas von den ebenfalls aufsummierten Anlagenleistungen aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen subtrahiert. Ein hoher Wert der Kennzahl repräsentiert daher einen großen gemeindespezifischen Überhang fluktuierender erneuerbarer Energiequellen.

Zusätzlich zu obiger Auswertung sollen die betriebswirtschaftlichen Effekte der flexiblen Stromproduktion aus Biogas beleuchtet werden. Hierzu wird von einer Modellbiogasanlage mit 500 kW installierter Leistung und 8.000 Vollaststunden ausgegangen, in der Annahme, dass für kleinere Biogasanlagen die Flexibilisierung wirtschaftlich schwerer umsetzbar sein könnte (vgl. auch KEYMER, 2013, 58). Weiterhin wird angenommen, dass die Modellbiogasanlage die installierte Leistung durch ein zweites 500 kW BHKW verdoppelt. Einzelne Autoren halten sogar eine Verdreifachung der BHKW-Kapazität für wirtschaftlich sinnvoll (vgl. z. B. KEYMER, 2013, 58). Diese Annahme wird jedoch nicht weiter verfolgt. Aufbauend auf der gewählten Modellbiogasanlage werden die zusätzlichen Stromgestehungskosten einer regelbaren Stromproduktion mit den zusätzlichen Erlöspotenzialen je produzierter kWh-Strom im Rahmen einer statischen Gewinnrechnung bewertet. Angaben zu zusätzlichen Stromgestehungskosten werden der Literatur entnommen. Die den zusätzlichen „Flexibilisierungskosten“ entgegenstehenden Erlöspositionen werden auf Grundlage des EEG 2012 berechnet bzw. mit Hilfe der Stromspotmarktpreise der EEX in Leipzig abgebildet. Die Konfiguration der Biogasanlage orientiert sich beispielhaft an einer einfachen Hochtarif (HT) – Niedertarif (NT) Fahrweise, auch wenn die Flexibilisierung der Biogasanlage andere Fahrweisen ermöglicht. Es werden keine Änderungen am Fütterungsmanagement der BGA angenommen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Darstellung des Ausgleichsbedarfs erfolgt anhand der Abb. 1. Je dunkler die Gemeinden gefärbt sind, desto größer ist diese berechnete Kennzahl, was einen deutlichen Überhang der ausgewerteten fluktuierenden Energiequellen gegenüber der Stromproduktion aus Biogas

anzeigt. D.h. hier besteht ein hohes Potenzial für die flexible Stromproduktion aus Biogas, sofern der vor Ort produzierte Strom auch ortsnah abgenommen werden kann. Insgesamt kann an den Orten (mit hohem) Ausgleichsbedarf für Sonnen- und Windstrom eine installierte Leistung aus Bestandsanlagen der Biogasproduktion in Höhe von 1.634 MW zur Verfügung gestellt werden, wenn analog zur Modellbiogasanlage die Anlagenbetreiber im Rahmen der Flexibilisierung ihre vorgehaltene BHKW-Kapazität verdoppeln. Allerdings muss betont werden, dass eine Reduzierung der Ausfallarbeit überwiegend durch andere Maßnahmen sichergestellt werden müsste. Dazu zählt z. B. ein verstärkter Ausbau der Übertragungsnetze, um die insbesondere im windreichen Nordwesten Deutschlands produzierten Strommengen in die verbrauchsstarken Regionen Süddeutschlands transportieren zu können (ÜBERTRAGUNGSNETZBETREIBER, 2013, 136).

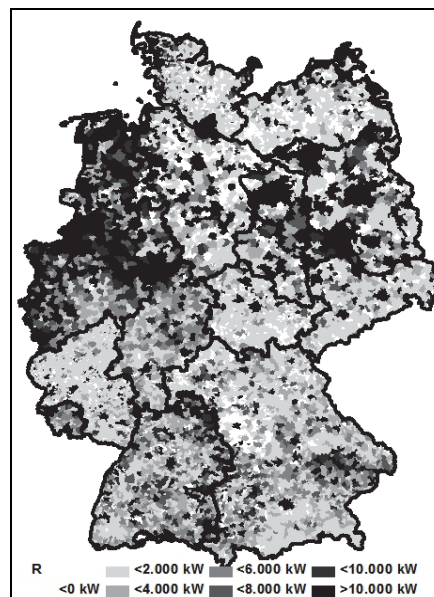


Abb. 1: Gemeindespezifische Kennzahl Regelenergie Defizit (R) in [kW]

Quelle: Eigene Berechnung nach Datensätzen der ÜBERTRAGUNGSNETZBETREIBER

Der mögliche Beitrag der Stromproduktion aus Biogas zur Stabilisierung unterer Spannungsebenen regionaler Verteilnetze wird deutlich, wenn die Biogasproduktionsintensität (vgl. Abb. 2) vergleichend zu Abb. 1 in Betracht gezogen wird. Es zeigt sich, dass insbesondere in Regionen mit einem hohen Ausgleichsbedarf (A) die Intensität der Biogasproduktion am höchsten ist. Dies trifft insbesondere auf die Windstandorte Niedersachsen und Teile Sachsen-Anhalts sowie den Photovoltaik-Standort Allgäu zu.

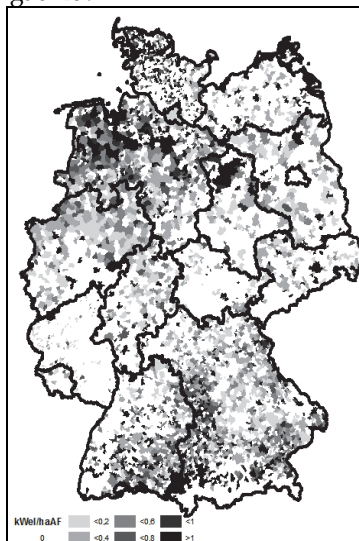


Abb. 2: Gemeindespezifische Darstellung der Kennzahl Biogasproduktionsintensität in [kWel/haAF]

Quelle: Eigene Berechnungen nach Datensätzen der ÜBERTRAGUNGSNETZ-BETREIBER

Für die Quantifizierung der betriebswirtschaftlichen Effekte der Flexibilisierung der Modellbiogasanlage werden lediglich die zusätzlichen Kosten und zusätzlich möglichen Leistungen berücksichtigt. Kostenseitig müssen hierzu die erhöhte BHKW-Kapazität, ggf. erforderliche Gasspeicher sowie die Kommunikationsanbindung an den Stromhändler berücksichtigt werden (TROMMLER, 2013, 108). Je nach bereits vorhandenen externen Wärmekonzepten bei Bestandsanlagen müssten auch die Anlagenanpassungen für angepasste Wärmekonzepte kostenseitig berücksichtigt werden, was an dieser Stelle vernachlässigt wird,

wenngleich das externe Wärmekonzept für einzelne Bestandsanlagen sehr bedeutend ist und die Flexibilisierung erhebliche Zusatzkosten zur Erhaltung des Wärmekonzepts bedeuten kann. Erlösseitig können sich durch die Flexibilisierung höhere Stromerlöse durch Einspeisung des produzierten Stroms zu hochpreisigen Zeitpunkten, erzielen lassen. Gesetzlich garantiert sind Erlöse der Flexibilitätsprämie über einen Zeitraum von zehn Jahren ab dem gesetzlich fixierten Datum (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2012, §§ 33i Abs. 4). Die absolute betriebswirtschaftliche Vorzüglichkeit einer flexiblen Stromproduktion ergibt sich durch den Vergleich der zusätzlichen Stromgestehungskosten mit den zusätzlich möglichen Leistungen jeweils in [ct/kWh]. Einzelne AutorInnen kalkulieren anhand von vergleichbaren Modellbiogasanlagen zusätzliche Stromgestehungskosten zwischen 2,1 und 2,9 (Mittelwert 2,6) ct/kWh (teilweise berechnet nach: THRÄN et al., 2011, 89; MIER, 2011, 18; ELTROP et al., 2013, 16; ROHRIG et al., 2011, 15).

Zusätzliche Erlöse der flexiblen Stromproduktion für die gewählte Anlagenkonfiguration ergeben sich durch die Flexibilitätsprämie in Höhe von 1,62 ct/kWh (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2012, Anlage 5), der Managementprämie 0,25 ct/kWh (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2012, Anlage 4) sowie durch den Verkauf des Stroms im Hochtarif (HT) zwischen 08:00 und 20:00 Uhr. Der tagesscharf ausgewertete Zeitraum April 2012 bis März 2013 ergibt hierfür einen durchschnittlichen Preisunterschied in Höhe von 1,1 ct/kWh. Der Vergleich zeigt, dass die Flexibilisierungskosten annahmegemäß vielfach gedeckt werden können. Die regionale Verteilung des Potentials der regelbaren Stromquelle Biogas als auch deren im Grundsatz betriebswirtschaftliche Vorteilhaftigkeit legen einen weiteren Ausbau der flexibilisierten Stromproduktion aus Biogas nahe und induzieren damit auch eine Beibehaltung der Förderung im Rahmen des EEGs in Deutschland.

4. Ausblick

Eine allgemeingültige Quantifizierung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit einer flexiblen Stromproduktion kann nicht erfolgen, da diese u.a. entscheidend von der Vermarktungsfähigkeit des Betreibers/Stromhändlers, von den notwendigen Zusatzinvestitionen in Abhängigkeit der vorhandenen anlagenspezifischen Infrastruktur und auch vom möglicherweise vorhandenen Wärmekonzept der Biogasan-

lage abhängt (TROMMLER, 2013, 107). Neben der in diesem Beitrag thematisierten flexiblen Vorortverstromung muss – auch im Kontext einer längerfristigen, saisonalen Energiespeicherung, welche in Zukunft erwartet wird – die Einspeisung von aufbereitetem Biogas in das Erdgasnetz sowie die Kopplung der Biogasaufbereitung mit der Power-to-Gas Technologie in die Quantifizierung des Beitrags der Biogasproduktion zur Systemintegration der erneuerbaren Energien oder auch der Ausbau von Erdgaskraftwerken berücksichtigt werden (SPECHT et al., 2013, 188f).

Literatur

- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2011): Energiekonzept 2050. Berlin.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2012): Erneuerbare Energien in Zahlen. Internet-Update ausgewählter Daten. Berlin.
- BMWi und BMU (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2012): Erster Monitoring Bericht "Energie der Zukunft". Berlin.
- BNetzA und BKartA (Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt) (2013): Monitoringbericht 2012. 3. Auflage. Bonn.
- BÖMER, J., DÖRING, M. und BEESTERMÖLLER, C. (2012): Abschätzung der Bedeutung des Einspeisemanagements nach § 11 EEG und § 13 Abs. 2 EnWG. Auswirkungen auf die Windenergieerzeugung in den Jahren 2010 und 2011. Bundesverband WindEnergie e.V. (Hrsg.). Berlin.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2012): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien 2012. EEG 2012.
- ELTROP, L., HENßLER, M. und HÄRDLEIN, M. (2013): Ökonomie der flexiblen Stromeinspeisung und der Direktvermarktung für Biogasanlagen. Tagung "Biogas in der Energiewende - die bedarfsgerechte Stromproduktion". Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. Stuttgart.
- FRAUNHOFER IWES (2009): Biogas-Strom vermarkten außerhalb des EEG. 17. C.A.R.M.E.N.-Symposium, 2009.
- GRÜNWALD, R., RAGWITZ, M., SENSFUß, F. und WINKLER, J. (2012): Regenerative Energieträger zur Sicherung der Grundlast in der Stromversorgung. In: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim deutschen Bundestag (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr. 147. Berlin.
- KEYMER, U. (2013): Direktvermarktung - Eine ökonomische Analyse für die Praxis. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven. KTBL Schrift 501. FNR/KTBL-Kongress vom 10. bis 11. September 2013 in Kassel. Darmstadt, 46-59.
- KRAUTKREMER, Bernd; HOLZHAMMER, Uwe (2013): Perspektiven der deutschen Biogastechnik. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hg.): Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven.

- KTBL Schrift 501. FNR/KTBL-Kongress vom 10. bis 11. September 2013 in Kassel. Darmstadt, S. 31–37.
- MIER, M. (2011): Neue Entwicklungen auf den Energiemärkten. Die Flexibilitätsprämie als Instrument der Direktvermarktung, 30.09.2011..
- NITSCH, J., PREGGER, T., SCHOLZ, Y., NAEGLER, T., STERNER, M und GERHARDT, N. et al. (2010): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Leitstudie 2010. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik und Ingenieurbüro für neue Energien (Hrsg.)
- RICHARD, P., AGRICOLA, A-C., HÖFLICH, B., VÖLKER, J., REHTANZ, C., GREVE, M. et al. (2012): dena-Verteilnetzstudie. Ausbau- und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH.
- ROHRIG, K., HOCHLOFF, P., HOLZHAMMER, U., SCHLÖGL, F., LEHNERT, W., REHFELDT, K. et al. (2011): Flexible Stromproduktion aus Biogas und Biomethan. Die Einführung einer Kapazitätskomponente als Förderinstrument. Bremerhaven: IWES u.a.
- SPECHT, M., FRICK, V., STÜRMER, B., WALDSTEIN, G., ZUBERBÜHLER, U. (2013): Power-to-Gas (P2G (R)): Technik und Perspektiven in Kopplung mit Biogasanlagen. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven. KTBL Schrift 501. FNR/KTBL-Kongress vom 10. bis 11. September 2013 in Kassel. Darmstadt, S. 188–198.
- THRÄN, D., SCHOLWIN, F., WITT, J., KRAUTZ, A., BIENERT, K., HENNING, C. et al. (2011): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2011 gemäß § 65 EEG. Leipzig: Deutsches BiomasseForschungszentrum.
- TROMMLER, M. (2013): Flexibilisierung der Stromproduktion aus Biogas. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven. KTBL Schrift 501. FNR/KTBL-Kongress vom 10. bis 11. September 2013 in Kassel. Darmstadt, S. 104–111.
- ÜBERTRAGUNGSNETZBETREIBER (2013): Netzentwicklungsplan Strom 2013. Erster Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber. 50 Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH und TransnetBW GmbH (Hrsg.).

Anschrift der Verfasser

*Sebastian Auburger und Enno Bahrs
Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre (410b), Universität Hohenheim
Schloss Osthof- Süd, 70593 Stuttgart, Deutschland
Tel.: +49 711 459 22579
eMail: sebastian.auburger@uni-hohenheim.de*