

# Dossier

## Beitrag von Biomethan im Energiesystem

November 2014



Universität  
Rostock  Traditio et Innovatio



 Institut für Biogas  
Kreislaufwirtschaft & Energie  
Prof. Dr.-Ing. Frank Scholwin

**izes**  gGmbH  
Institut für ZukunftsEnergieSysteme



Ein Projekt im Auftrag des



 **Fraunhofer**  
IWES

 **Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

Ein Produkt des Projektes „Perspektiven der Biogaseinspeisung und instrumentelle Weiterentwicklung des Förderrahmens“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

Dieses Dossier fasst wesentliche Erkenntnisse aus Experten-Fachgesprächen im oben benannten Vorhaben zusammen. Die Erkenntnisse basieren auf publizierten Fakten und Berechnungen als auch auf durch das Projektkonsortium gemeinsam getragenen Expertenmeinungen. Wissensstand ist Anfang 2014. Alle Aussagen sind auf den Zeitraum 2013 – 2020 bezogen. Es wird vorwiegend die Nutzung von Biomethan im heutigen Energiesystem analysiert. Auf die in vielerlei Literatur sehr gut beschriebene Produktionskette von Biomethan wird nicht detailliert eingegangen.

**Autoren:**

Frank Scholwin (Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft & Energie)

Uwe Holzhammer (Fraunhofer IWES)

Johan Grope (Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft & Energie, Universität Rostock)

Andrea Schüch (Universität Rostock)

**Koordination:**

Frank Scholwin, Johan Grope

Institut für Biogas, Kreislaufwirtschaft & Energie

Henßstr. 9, 99423 Weimar

03643 - 7 40 23 64

info@biogasundenergie.de

www.biogasundenergie.de

Andrea Schüch

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl Abfall- und Stoffstromwirtschaft

Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

0381 - 498 3401

asw@uni-rostock.de

www.auf-aw.uni-rostock.de

## Abkürzungen

Um sowohl eine einheitliche Verwendung von Bezugsgrößen sicherzustellen als auch sicherzustellen, dass die für den Leser üblichen Einheiten verwendet werden, werden alle Angaben zu Potenzialen und Energiemengen in verschiedenen Einheiten jeweils in einer Fußnote angegeben:

- **TWh<sub>Hs</sub>** – Haupteinheit für die Beschreibung von Energiemengen bezogen auf Biogas oder Biomethan. Der Index Hs stellt den Bezug auf den Brennwert dar.
- **m<sup>3</sup><sub>CH4</sub>** – Das der Energiemenge entsprechende Methan z.B. in Biogas oder in Biomethan.
- **ha<sub>Nawaro,Äq</sub>** – Die der Energiemenge entsprechende Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe, wenn die Energiemenge vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen produziert werden würde.
- **TWh<sub>el</sub>** – Die aus der Energiemenge des Gases produzierbare Menge elektrischer Energie in einem modernen Blockheizkraftwerk.
- **Bemessungsleistung (BL)** – Eine Jahresdurchschnittsleistung als Leistungsäquivalent (elektrisch), welche sich aus der real im Jahr produzierten Strommenge dividiert durch die Stunden des Jahres (8.760 Stunden) ergibt. Sie entspricht einer theoretischen Leistung, als wäre die jährliche Strommenge unter ganzjährigem Volllastbetrieb, ohne Wartungsarbeiten, technischen Restriktionen und flexibler Betriebsweise erzeugt worden.

- **Installierte Leistung** – die tatsächlich installierte elektrische Anlagenleistung am Anlagenstandort. Sie entspricht im Grunde der Herstellerangabe zur installierten Leistung der gesamten Anlagen am Anlagenstandort. Dabei wird für die Zukunft davon ausgegangen, dass diese Leistung aufgrund der Flexibilisierung des Anlagenbestandes in etwa beim Doppelten der heute installierten Leistung liegt.<sup>1</sup>

## Einheiten und Bezüge

BHKW	Blockheizkraftwerk
BL	Bemessungsleistung
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
fEE	fluktuierende Erneuerbare Energien
GuD-Kraftwerk	Gas und Dampf-Kombikraftwerk
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MRU	Must-Run-Units
PV	Photovoltaik
RL	Regelleistung
SDL	Systemdienstleistungen
THG	Treibhausgas
VOV	Vor-Ort-Verstromung

Die folgende Tabelle stellt die verschiedenen Einheiten gegenüber. Zusätzlich wird zum Vergleich die auch für die Biogasmenge gebräuchliche und auf den Heizwert bezogene Einheit TWh<sub>Hi</sub>/a dargestellt.

Umrechnungstabelle für die in dieser Publikation genutzten Energieeinheiten									
TWh <sub>Hi</sub> Biogas	→ 1,0	0,9	10,8	41,3	2,5	21,9	8,8	MWh <sub>Hi</sub> Biogas	
TWh <sub>Hs</sub>	1,1	1,0	12,0	45,7	2,8	24,2	9,7	MWh <sub>Hs</sub>	
Mrd. m <sup>3</sup> <sub>CH4</sub>	0,09	0,08	1,00	3,82	0,23	→ 2,02	← 0,81	Mio. m <sup>3</sup> <sub>CH4</sub>	
1000 ha <sub>Nawaro,Äq</sub>	← 24	← 22	262	1000	60	530	212	ha <sub>Nawaro,Äq</sub>	
TWh <sub>el</sub>	0,40	0,36	4,33	16,53	1,00	8,76	3,50	MWh <sub>el</sub>	
Bemessungsleistung in MW <sub>el</sub>	46	41	495	1887	114	← 1000	← 400	Bemessungsleistung in kW <sub>el</sub>	
Installierte Leistung in MW <sub>el</sub>	114	103	1236	4718	285	2500	1000	Installierte Leistung in kW <sub>el</sub>	

Zur Erleichterung der Nutzung der Tabelle wurden mit den Pfeilen zwei Nutzungsbeispiele veranschaulicht. Auf der rechten und der linken Seite werden die Einheiten in verschiedenen Dimensionen dargestellt. Zeitbezug ist soweit erforderlich ein Jahr.  
 Beispiel links: Die Bereitstellung von 1,0 TWh Biogas (Brennwert) erfordert eine äquivalente Anbaufläche für Nawaro von 24.000 ha.  
 Beispiel rechts: 1.000 kW elektrische Bemessungsleistung erfordern eine jährliche Methanmenge von 2,02 Mio m<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Im Folgenden wird ausgehend von der Bemessungsleistung stets eine um den Faktor 2,5 höhere installierte Leistung ausgewiesen. Dies entspricht ungefähr einer Verdoppelung der installierten Anlagenleistung aktuell (da die Anlagen im Schnitt ca. 7.000 Vollbenutzungsstunden vorweisen) und ist als Größe für den bis 2020 geschätzten möglichen Flexibilisierungsgrad als Durchschnitt des gesamten Biogas- und Biomethananlagenbestands zu sehen. Für manche Anlagen wird eine niedrigere Flexibilisierung erwartet, da diese aufgrund der Vor-Ort-Gegebenheiten z.T. keine Verdoppelung der Leistung realisieren können. Andere wiederum (insbesondere Biomethan) weisen im Portfolio eine Betriebsweise mit weniger Volllaststunden auf. Daher scheint eine Verdoppelung der heute typischerweise installierten Leistung im Vergleich zur Bemessungsleistung als angemessen.

## Biomethan im Diskurs

Wenn Biogas so aufbereitet wird, dass es in das Erdgasnetz eingespeist bzw. in allen Erdgasanwendungen eingesetzt werden kann, spricht man von Biomethan. Biomethan wird in Deutschland seit ca. 2006 produziert. Von den insgesamt ca. 45 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub><sup>2</sup> Biogas, die 2012 in Deutschland produziert wurden, wurden ca. 4,1 TWh<sub>H<sub>2</sub></sub><sup>3</sup> zu Biomethan aufbereitet. Dies entspricht ca. 0,5 % des in Deutschland verwendeten Erdgases.

Biomethan wird in Deutschland fast ausschließlich in das Erdgasnetz eingespeist. Die Nutzung erfolgt weitestgehend in hocheffizienten Blockheizkraftwerken (BHKW) für die Produktion von Strom und Wärme. Biomethan-BHKW sind aufgrund der Speicherbarkeit des Biomethans im Erdgasnetz in der Lage, mit hoher Flexibilität bedarfsorientiert Strom bereitzustellen und somit auf Strombedarfsschwankungen zu reagieren. Darüber hinaus können mittels Biomethan Systemdienstleistungen für den sicheren Stromtransport erbracht werden. Damit wird die Transformation des Energiesystems von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern unterstützt. Biomethan-BHKW weisen mehrere Eigenschaften auf, die Vorteile im Energiesystem gegenüber BHKW, die in direkter örtlicher Nähe zu Biogasanlagen betrieben werden, bieten.

Aber auch gegenüber mit Erdgas betriebenen BHKW bieten biomethanbetriebene BHKW Mehrwerte. Mit Biomethan-BHKW kann zentral in eng bebauten städtischen oder industriellen Gebieten bedarfsorientiert Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden. Durch Biomethan-KWK können somit sogar gegenüber den sehr effizienten fossilen Erdgas-KWK-Anlagen weitere CO<sub>2</sub>-Einsparungen erzielt werden. Darüber hinaus werden flexible Stromerzeugungskapazitäten bereitgestellt, welche für den Umbau des Energiesystems mit zunehmend fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen dringend erforderlich sind. Diese gesicherten, flexiblen Leistungen können von fluktuierenden erneuerbaren Quellen nur mit vergleichsweise großem Aufwand (z.B. Speichertechnologien) und mit dementsprechenden hohen Kosten erbracht werden.

Die Biomethanproduktion und –nutzung wird insbesondere durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und die Gasnetzzugangsverordnung gefördert und unterstützt. Die mit der Biomethannutzung verbundenen Förderbedarfe sind in der kritischen Diskussion. Dieses Dossier soll die besondere Rolle der Biomethan-Kraft-Wärme-Kopplung für den Umbau des Energiesystems hervorheben.

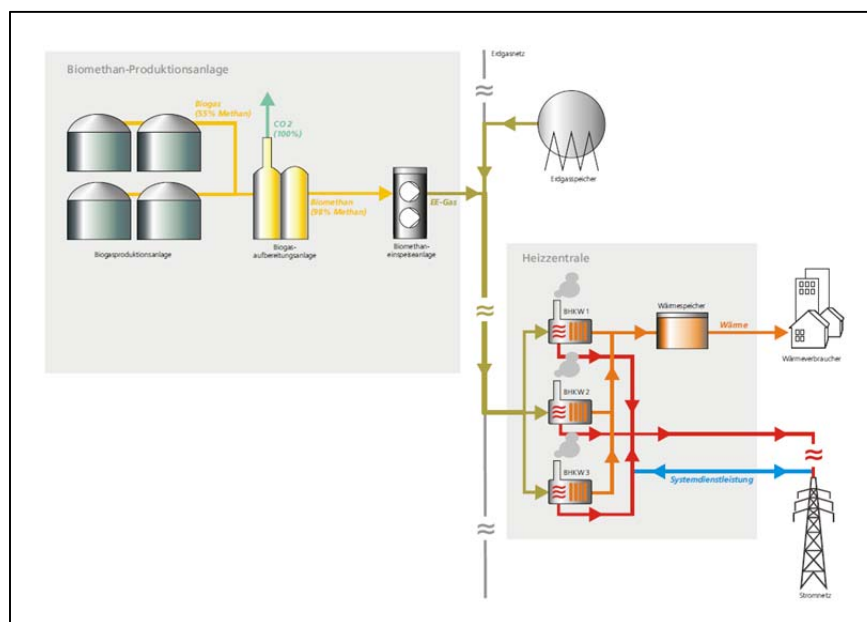


Abbildung 1: Wertschöpfungskette der Biomethanerzeugung sowie dessen Verwertung in flexibel betriebenen BHKW-Anlagen (IWES 2014)

<sup>2</sup> entspricht 4,62 Mrd. m<sup>3</sup><sub>CH<sub>4</sub></sub>; 20 TWh<sub>el</sub>; 1,2 Mio ha<sub>Nawaro,Aq</sub>.

<sup>3</sup> entspricht 0,42 Mrd. m<sup>3</sup><sub>CH<sub>4</sub></sub>; 1,8 TWh<sub>el</sub>; 0,11 Mio ha<sub>Nawaro,Aq</sub>.

## Mehrwerte von Biogas und Biomethan im Energiesystem

Das **Energiesystem** insgesamt und allem voran das Stromversorgungssystem unterliegt insbesondere durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) starken Veränderungen. Vor dem Hintergrund der wachsenden Einspeisung schwankender erneuerbarer Energiemengen aus Wind- und Solarenergie steigt zukünftig die Nachfrage an bedarfsorientiert und somit flexibel einsetzbarer Erzeugungskapazität kontinuierlich. Dadurch verändern sich die Anforderungen an die steuerbaren Erzeugungskapazitäten, unabhängig ob fossil oder erneuerbar.

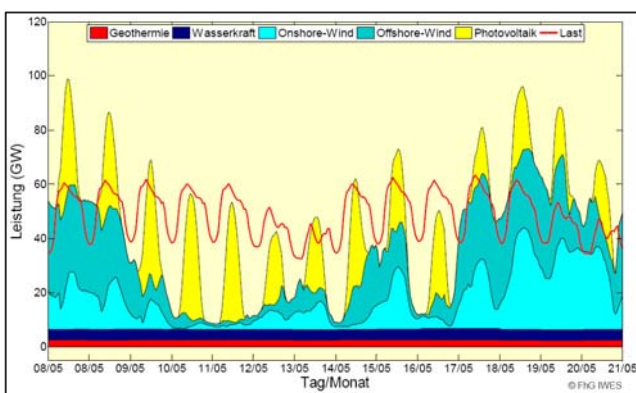


Abbildung 2: Exemplarische Stromeinspeisung aus Erneuerbaren Energien und Last für zwei Wochen in 2050,<sup>4</sup>

So muss der restliche Kraftwerkspark eine hohe Flexibilität aufweisen, um auf die fluktuierenden Erneuerbaren Energien (fEE) ausreichend reagieren zu können. Um die Flexibilität einer Erzeugungseinheit hinreichend zu beschreiben, gilt es zum einen das Verhältnis zwischen installierter Leistung und jährlicher Strommenge zu benennen. Zum anderen muss gezeigt werden, mit welcher Bedarfsberücksichtigung auf Tagesschwankungen, oder auch auf Wochenschwankungen, oder sogar darüber hinaus eingegangen werden kann. Ebenso spielen die technischen Kenndaten zur Reaktionsfähigkeit wie z.B. die notwendige Mindestbetriebszeit bzw. Mindeststillstandzeit oder der Leistungsgradient eine wichtige Rolle zur Beschreibung der Flexibilität. Biomethan betriebene BHKW-Anlagen weisen in der Gesamtflexibilität, bedingt durch die Möglichkeit, das Gasnetz zu nutzen und der sehr guten technischen Eigenschaften von BHKW, eine sehr hohe Flexibilität auf. Ebenso wird sich der Kraftwerkspark verändern, welcher zukünftig die Systemdienstleistungen (SDL) für eine Stromversorgung mit gleichbleibend hoher Versorgungssicherheit übernimmt. Dabei ist noch unklar, ob durch Biomethan betriebene KWK-Anlagen kurzfristig

so ausgelegt werden sollten, dass sie verstärkt die Nachfrage an bedarfsorientierter Strombereitstellung bedienen - also mit hoher Flexibilität und zusätzlicher Kapazität auf Strombedarfsschwankungen reagieren, oder ob sie primär mit hoher Flexibilität ohne weiterer Kapazität z.B. auf Netzfrequenzschwankungen reagieren können sollten, oder beides (bedarfsorientierte Strombereitstellung und SDL-Markt) gleichermaßen.

Der Aufbau wie auch der Umbau von Stromerzeugungskapazitäten, die flexibel Strom produzieren können, benötigen eine gewisse Entwicklungszeit und können deshalb nur langsam erfolgen. Aus diesem Grund sollten neue Kapazitäten bereits heute so ausgerüstet werden, dass sie die zukünftig veränderten Anforderungen des Energiesystems erfüllen können. In diesem Kontext gilt es zu beachten, dass alle Aufgaben, die durch die EE selbst übernommen werden können, nicht durch Neuinvestitionen und Retrofitmaßnahmen in fossile Erzeugungskapazitäten erfolgen müssen.

Das Stromversorgungssystem befindet sich in der kontinuierlichen Transformation. Sowohl die Nachfrage an bedarfsorientierter, flexibler Strombereitstellung steigt, als auch die Relevanz, Systemdienstleistungen durch EE zu übernehmen. Sofern die neuen Stromerzeugungskapazitäten bereits heute die zu erwartenden Marktanforderungen berücksichtigen, kann auch zukünftig eine hohe Versorgungssicherheit sichergestellt werden.

Insbesondere die **Kraft-Wärme-Kopplung** bietet aufgrund der technischen Fähigkeit, auf Änderungen des Strombedarfs mit hoher Reaktionsfähigkeit zu reagieren sehr gute Voraussetzungen, zu einer flexiblen und gleichzeitig effizienten Strombereitstellung beizutragen. Dies gilt gleichermaßen für Neuanlagen als auch für Bestandsanlagen sowie für mit Erdgas und auch mit Biomethan betriebene KWK-Anlagen. Wärmelieferverpflichtungen von KWK-Anlagen werden oft als vermeintliches Handicap gesehen, da sie einer Flexibilisierung der Stromerzeugung entgegenstehen. Dahinter steht die Überzeugung, dass KWK-Anlagen höchstens auf Teillast gedrosselt werden können.

Dies gilt aber nur für große thermische Kraftwerke mit Wärmeauskopplung. Flexible Biogas- und Biomethan-BHKW demonstrieren, dass der vermeintliche Widerspruch durch Dezentralität und ausreichende Wärmespeicherkapazitäten

<sup>4</sup> Fraunhofer IWES et. al 2012, BMU-Leitstudie 2011

oder intelligentes Wärmenutzungsmanagement aufgelöst werden kann.<sup>5</sup>

Die Flexibilisierung der Grundlaststromproduktion von Biogas hin zu einer steuerbaren Erzeugungskapazität wird häufig mit Gasturbinen zur Spitzenlastabdeckung verglichen. Dieser Vergleich ist oft unvollständig, da dabei folgende Aspekte unbeachtet bleiben:

- Gleichzeitige Bereitstellung erneuerbarer Wärme im Biogas- bzw. Biomethan-BHKW
- Flexibilisierung der Grundlaststrommengen und deren Auswirkungen auf den restlichen Kraftwerkspark:
- Erhöhung der Volllaststunden von Gas- und Dampf-Kombikraftwerken (GuD-Kraftwerke) und Erzeugern, die KWK-Wärme bereitstellen<sup>6</sup>
- Gleichzeitige Reduzierung der Notwendigkeit Strom zu speichern und der damit einhergehenden Verluste<sup>7</sup>
- Reduzierung der notwendigen Start und Stopp-Anzahl des konventionellen Kraftwerksparks (und damit verbundene Anfahr- und Abschaltverluste)
- Es wird eine Reduzierung der auf EE basierenden Must-Run-Anteile im System - d.h. Biogas- oder Biomethan-BHKW in Grundlastbetrieb, unabhängig vom Strombedarf, erreicht.<sup>8</sup>

**Flexibilität und KWK sind kein Widerspruch, sondern stellen eine sinnvolle Symbiose zur Erreichung der Energiewendeziele dar. Im Gegensatz zu mit Erdgas betriebenen Gasturbinenkraftwerken liefern Biogas- und Biomethan-KWK zusätzlich dezentral regenerative Wärme.**

Die erforderlichen **Systemdienstleistungen** für eine gesicherte Energieversorgung können aus technischer Sicht i.d.R. von Stromerzeugungskapazitäten, die mittels Biomethan und Biogas betrieben werden, bereitgestellt werden. Dies bewirkt neben dem direkten Vorteil der Bereitstellung von SDL weitere positive Effekte:

- Durch die Flexibilisierung der Biogas- und Biomethan-Stromerzeugungskapazitäten wird die Kapazität, die für SDL genutzt werden kann, insgesamt erhöht.

<sup>5</sup> Dies zeigen aktuelle Praxisberichte von Anlagenbetreibern, aber auch Energieversorgern. Eigene Berechnungen stützen diese Einschätzung. (Fraunhofer IWES)

<sup>6</sup> Wenn ein Vorrang der KWK-Stromerzeugung unterstellt wird (wie im Moment durch das KWK-G). Aufgrund der geringeren Anzahl der konventionellen Kraftwerke.

<sup>7</sup> Vergleich zur Grundlaststromproduktion mittels Biogas und Biomethan

<sup>8</sup> Die hieraus resultierenden Vorteile werden auf Seite 5 aufgeführt.

- Die Übernahme von SDL durch Stromerzeugungskapazitäten mittels Biogas und Biomethan können konventionelle Kraftwerke bei der Bereitstellung von SDL entlasten und darüber indirekt das Energiesystem flexibilisieren. Grund hierfür ist die Reduktion von fossilen Must-Run-Units (MRU)<sup>9</sup>, die sich durch die Bereitstellung von SDL begründen.
- Dies steigert den Wettbewerb auf dem SDL-Markt.
- Aufgrund der Dezentralität von EE-Anlagen, werden SDL besser verteilt bereitgestellt. Dies wirkt sich insbesondere positiv auf
  - den Nutzen der Schwarzstartfähigkeit<sup>10</sup>
  - die Blindleistungsbereitstellung<sup>11</sup>
  - das Bedienen des Redispatchbedarfs<sup>12</sup> durch ein (mögliches zukünftiges) Mitwirken der Biogas- und Biomethanerzeugungskapazitäten (insbesondere zwischen Nord und Süd) aus.
- Die Aufgaben der konventionellen Kraftwerke können sukzessive übernommen werden, wodurch das Stromsystem rechtzeitig und zunehmend auf sehr hohe EE-Anteile vorbereitet wird.
- Es ist ein kontinuierliches Sammeln von Erfahrungen zu erwarten, welche die Innovationskraft der mittelständischen Unternehmen anspricht.

In den nächsten Jahren gilt es zu klären und auch darauf hinzuwirken, dass eine immer größere Zahl von Systemdienstleistungen verstärkt von dezentralen EE-Anlagen übernommen werden kann. Offen sind noch zum Teil technische aber auch regulatorische Fragen<sup>13</sup>.

<sup>9</sup> MRU = Must-Run-Units: Kraftwerke, welche dauerhaft in Betrieb sein müssen (Voll- oder Teillast), um gesicherte Leistung und gewisse Systemdienstleistungen bereitstellen zu können, z.B. negative Regelleistung.

<sup>10</sup> Fähigkeit zum regionalen Netzaufbau im Störfall (BlackOut)

<sup>11</sup> Dient der regionalen Spannungshaltung um damit eine hohe Übertragungssicherheit und -fähigkeit der Stromnetze zu gewährleisten.

<sup>12</sup> Bereitstellen von flexiblen Erzeugungsleistungen, die aufgrund von Netzengpassmanagement benötigt werden, insbesondere zwischen Nord (Erzeugungsleistung runter fahren) und Süd (Erzeugungsleistung hoch fahren) - Verbindungen notwendig

<sup>13</sup> Z.B.: In wie weit kann Blindleistungsbedarf der Übertragungsnetz-Ebene über die Verteilnetz-Ebene bereitgestellt werden? Wie lassen sich Redispatch-Aufgaben effizient durch EE-Anlagen in der Verteilnetz-Ebene organisieren? wie werden die Anforderungen an die Bereitstellung von Regelleistung (RL) weiterentwickelt? U.a.

Die Bereitstellung von Systemdienstleistungen (SDL) durch mit Biomethan und Biogas betriebene Stromerzeugungsanlagen ist effizient möglich und sollte weiter vorangetrieben werden. Die Bereitstellung von SDL aus Erneuerbaren Energien führt u.a. durch eine Reduzierung der Must-Run-Units zu einer Flexibilisierung des konventionellen Erzeugungssystems zum Ausgleich der fluktuierenden Erneuerbaren Energien.

Die **Versorgungssicherheit** stellt neben der Wirtschaftlichkeit und dem Umweltschutz eine der drei energiepolitischen Grundsätze im Hinblick auf die Transformation des Energiesystems dar. Ein wesentlicher Mehrwert der flexiblen Energiebereitstellung aus Biogas und Biomethan für das Energiesystem ist unter diesem Aspekt die damit einhergehende gesicherte Anlagenleistung. Für 2020 wird erwartet, dass eine Spitzenlastkapazität von ca. 80 GW<sub>el</sub> und eine gesicherte Kapazität von knapp 90 GW<sub>el</sub> vorgehalten werden muss, um die Versorgungssicherheit im Stromsystem sicherzustellen.<sup>14</sup>

Die gesicherte Anlagenleistung und deren Verfügbarkeit sind bei Biogas wesentlich höher als bei den fluktuierenden erneuerbaren Energien Photovoltaik und Windkraft. Mit Biogas betriebene Stromerzeugungsanlagen bieten eine gesicherte Leistung bezogen auf die installierte Leistung von ca. 88 %<sup>15</sup> im Vergleich zu 4-8 % bei der Windkraft und 0,5 % bei der Photovoltaik.<sup>14</sup> Die Stromerzeugungskapazitäten, die mittels Biomethan als im Jahresverlauf als gesichert geltend bereitgestellt werden, liegen in Abhängigkeit der Wärmeversorgungsprofile niedriger als bei Biogas, aber mit schätzungsweise 65 %<sup>16</sup> der installierten Leistung immer noch vergleichsweise hoch. Damit können Biogas und Biomethan relevante erneuerbare Anteile an der gesicherten Kapazität leisten.

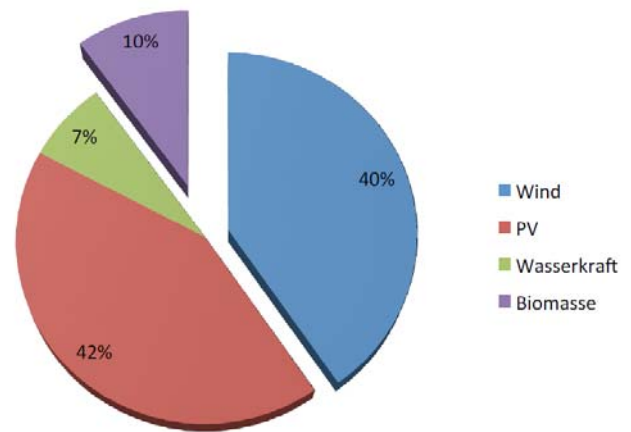


Abbildung 3: Aufteilung der installierten Leistung zwischen den EE (Stand 2012)

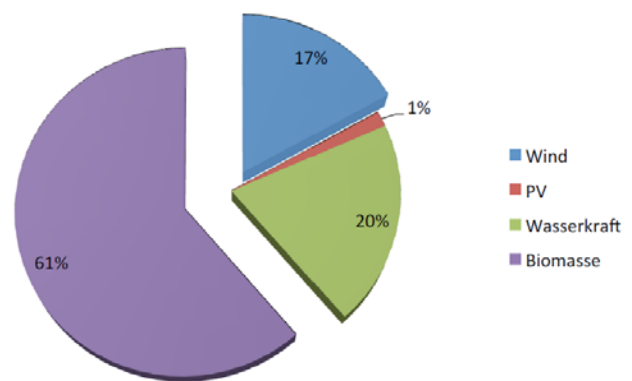


Abbildung 4: Aufteilung der gesicherten Leistung unter den EE (Stand 2012)<sup>18</sup>

Durch eine Flexibilisierung der Anlagen und die damit verbundene Leistungserhöhung steigt der Anteil an der Bereitstellung gesicherter Leistung zusätzlich. Dabei liegt das Potenzial bei Biomethan-KWK-Anlagen im Vergleich zu Anlagen mit Vor-Ort-Verstromung (VOV) des Biogases ca. 50 % höher<sup>17</sup>, da die Strommengen in Biomethan-BHKW im Vergleich zur VOV von Biogas mit höheren installierten Leistungen produziert werden. Der durch Biomethan und Biogas bereitgestellte Anteil an gesicherter Leistung muss nicht mehr von fossilen Kraftwerken geleistet werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die erneuerbare Stromerzeugung mittels Biogas- und Biomethan-KWK durch folgende Punkte zur Transformation des Energiesystems unter den Aspekten Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit, und somit zur erfolgreichen Integration der fEE und dessen kontinuierlichen Ausbaus, beitragen kann:

- KWK-Anlagen liefern eine hohe gesicherte Leistung pro erzeugte Stromeinheit.

<sup>14</sup> Fraunhofer IWES et. al.: BMU-Leitstudie 2011, AEE Metastudie Studienvergleich: Bedarf an steuerbaren Kapazitäten im Stromsystem, gesicherte Leistung Bioenergieanlagen, Dez 2013

<sup>15</sup> AEE Metastudie: Studienvergleich: Bedarf an steuerbaren Kapazitäten im Stromsystem, gesicherte Leistung Bioenergieanlagen, Dez 2013

<sup>16</sup> ÜNB Leistungsbilanz Bioenergieanlagen 2013, AEE Metastudie 2013

<sup>17</sup> Bezogen auf die produzierten kWh, wenn unterstellt wird, dass Strom aus Biogas i.d.R. mit 7880 Vlh und aus Biomethan mit 5500 Vlh erzeugt wird.

- Die bedarfsorientierte Stromproduktion aus KWK ermöglicht eine effiziente Bereitstellung insbesondere von positiver aber auch von negativer Regelleistung und anderen SDL, die auch in Zukunft nicht durch andere EE ohne relevante Verluste bereitgestellt werden können.
- Sie reduziert die aktuell notwendigen bzw. bestehenden MRU (sowohl im fossilen Kraftwerkspark durch Bereitstellung positiver und negativer Regelleistung als auch in Grundlast betriebenen Biogas- und Biomethan-BHKW).
- Dadurch wird der EE-Anteil an der Stromerzeugung, der direkt nutzbar ist, erhöht.
- Weniger EE-Strommengen sind zu speichern.
- Damit verbundene Speicherverluste und Kosten werden vermieden.
- Bei sehr hohen Anteilen fluktuierender Erneuerbarer Energien können auch Überschüsse vermieden werden.<sup>18</sup>
- Dies wirkt negativen Strombörsenpreisen entgegen.
- Neben täglichen und wöchentlichen können selbst saisonale Schwankungen der fluktuierenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien durch die nahezu verlustfreie Speicherung von Biomethan im Erdgasnetz effizient und kostengünstig im Vergleich zu einer unflexiblen Betriebsweise ausgeglichen werden.
- Die dezentrale bedarfsgerechte Strombereitstellung kann die Stromverteilnetze besser auslasten und reduziert dadurch den Netzausbaubedarf bei gleicher transportierter Strommenge.
- Die dezentrale KWK erhöht die (regionale) Versorgungssicherheit aufgrund dezentraler Energieerzeugung und einer höheren Anzahl von Einzelanlagen.

Neben den direkten Beiträgen zur Transformation des Energiesystems, bringt die Stromerzeugung aus Biogas- und Biomethan-KWK weitere positive Effekte:

- Sie steigert bzw. sichert die zukünftige Nutzung der vorhandenen Infrastruktur (Gasnetze).
- Der Ausbau dezentraler Biomethan-KWK ermöglicht den Wissensauf- und -ausbau zum Export der Technologien der gesamten Prozesskette.
- Sie zeichnet sich durch eine verhältnismäßig schnelle Umsetzbarkeit und kurze Innovationszyklen (ca. 10 Jahre) der Erzeugungstechnik aus und weist dadurch hohe Flexibilität bei notwendigen Anpassungen auf.

---

<sup>18</sup> Ab einem Anteil erneuerbarer Energien von ca. 60 % können erste Effekte zur Reduzierung von relevanten Stromüberschüssen (im Vergleich zur bedarfsunabhängigen Produktion) erzielt werden. Dies ist allerdings stark abhängig vom Lastmanagement, der Höhe der MRU, dem Netzausbau, der EE-Strommengen usw., Quelle: Fraunhofer IWES, Beitrag: Rostocker Bioenergieforum 2013

Die beschriebenen Vorteile bietet genauso die fossile Erdgas-KWK. Gegenüber dieser weist Biogas und Biomethan allerdings weitere Vorteile auf:

- Bei der Verwertung von Biogas oder Biomethan werden im Vergleich zur gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung zusätzliche Treibhausgasemissionen reduziert.
- Die flexible Stromproduktion (durch Anreize im EEG 2012) ermöglicht die Versorgung von Wärmesenken mit Biomethan-KWK-Wärme, die in der Vergangenheit nicht wirtschaftlich (mit KWK-Wärme, auch nicht Erdgas-KWK) zu versorgen waren.
- Biogas- bzw. Biomethan-KWK führt zu einer hohen Gesamteffizienz durch den gleichzeitigen Beitrag zur Strom- und Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien. Diese Strom- und Wärmemengen müssen nicht mehr durch andere EE bereitgestellt werden, um die Ziele zu erreichen.
- Flexible Biogasanlagen im ländlichen Raum ermöglichen eine höhere Auslastung der Stromverteilnetze.
- Biomethan kann saisonale Strom- und Wärmebedarfsschwankungen mit erneuerbarer Energie ausgleichen.
- Die Stromproduktion aus Biomethan kann bei dessen Direktvermarktung aufgrund der aktuellen Gesetzeslage deutlich sensitiver auf Preisschwankungen und SDL-Bedarf im Vergleich zur Stromproduktion aus Erdgas reagieren.<sup>19</sup>

Die Konzeption von Biogas- und Biomethan-KWK-Kapazitäten und die damit verbundenen Hydraulikkonzepte zur Wärmeversorgung erfolgt langfristig (20 bis 35 Jahre). Nur durch eine bereits heute realisierte und eine in das Wärmeversorgungskonzept optimal integrierte Flexibilisierung der Erzeugungsleistung, sowohl im Neubau als auch im Umbau der Versorgung von Wärmesenken, wird eine rechtzeitige Bereitstellung der notwendigen flexiblen Kapazitäten erreicht.

Gleichzeitig kann durch den Zubau von Biogas und Biomethan-KWK verstärkt erneuerbare Wärme bereitgestellt werden – damit leistet die Biogas- und Biomethan-KWK zusätzlich einen Beitrag zur Erreichung der klima- und energiepolitischen Ziele.

---

<sup>19</sup> Die Direktvermarktung im EEG reizt eine an den Strombörsenpreisen und damit dem Bedarf im System ausgerichtete Stromproduktion in Biogas- und Biomethan-BHKW an. Durch die gesetzlichen Regelungen zum Eigenverbrauch wird hingegen eine am Eigenverbrauch und nicht am Bedarf im System ausgerichtete Stromproduktion angereizt. Dies resultiert zum einen aus der Nivellierung der Stromvergütung nach dem KWK-Gesetz über drei Monate hinweg (Dreimonatsmittel an der Strombörse) und zum anderen aus der Attraktivität der Eigenstromversorgung durch die Befreiung von der EEG-Umlage (z.B. Einsparung der EEG-Umlage), wodurch ein am Strombedarf im versorgten Objekt und nicht im System orientierte BHKW-Fahrweise unterstützt wird.



Biogas und Biomethan bieten gegenüber den fluktuierenden erneuerbaren sowie den fossilen Strombereitstellungsoptionen relevante Vorteile in einem transformierten Stromsystem. Sie liefern einen im Vergleich zu anderen EE sehr hohen Beitrag zur Versorgungssicherheit und können fossile Stromerzeugungskapazitäten substituieren. Gleichzeitig tragen sie zur Erreichung der klima- und energiepolitischen Ziele bei. Die Flexibilisierung der Biogas- und Biomethan-KWK zur Strom- und Wärmeproduktion sollte bereits bei der Neuerrichtung und beim Umbau des Anlagenbestandes angereizt werden.

Der Biogas- und Biomethan-BHKW-Bestand ist flexibel. Eine Erhöhung der installierten Leistung im Durchschnitt um den Faktor 1,5 bis 3 des gesamten Anlagenbestandes bis 2020 wird von Experten bei entsprechenden Anreizen aus dem Markt und den dafür optimierten rechtlichen Rahmenbedingungen für realisierbar gehalten. Damit wäre allein der zu Ende 2013 vorhandene Anlagenbestand (real installierte Leistung ca. 3,3 GW<sub>el</sub>) in der Lage, 5 bis 10 GW<sub>el</sub> flexibel betreibbare Strombereitstellungsleistung anzubieten. Dies entspricht bis zu knapp 15 % der benötigten gesicherten Leistung im Jahr

2020<sup>20</sup>. Zum Vergleich: Die ausgeschriebene Regelleistung lag bei ca. +/- 2 GW<sub>el</sub> Sekundär-Regelleistung und ca. 2,5 GW<sub>el</sub> Minutenreserve im Mai 2013. Im 3. Quartal 2014 wurde der Bedarf für negative MRL um knapp 593 MW<sub>el</sub> durch die ÜNB reduziert. Aktuell denken verschiedene BHKW-Hersteller darüber nach, die KWK-Anlagen so zu ertüchtigen, um auch Primärregelleistung bereitstellen zu können. Bei einem weiteren Ausbau der Biogasnutzung ist zu erwarten, dass dieser potenzielle Beitrag zur bedarfsgerechten Strombereitstellung und zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen noch weiter gesteigert werden kann. Erzeugungskapazitäten, die feste Biomasse einsetzen (Heizkraftwerke) oder auch Erdgas-KWK-Anlagen, können das Potenzial an flexiblen Stromkapazitäten weiter erhöhen.

Die Kraft-Wärme-Kopplung mit Biogas und Biomethan kann bis 2020 in die Lage versetzt werden, bis zu 10 GW<sub>el</sub> flexible Stromerzeugungskapazität anzubieten. Dies entspricht in etwa 15 % des Gesamtbedarfes und könnte dann den weit überwiegenden Teil des heutigen Regeleistungsbedarfs decken.

---

<sup>20</sup> Leitstudie 2011: notwendige verbleibende gesicherte Leistung durch thermische Kraftwerke 68,1 GW<sub>el</sub> für 2020

## Beitrag zum Klimaschutz durch die Flexibilisierung

Der Klimaschutzwirkung der Flexibilisierung von Biogasanlagen ist sehr davon abhängig, welche Kraftwerksart substituiert wird. Entsprechend der Merit-Order<sup>21</sup> steht Strom aus Biogas und Biomethan in Konkurrenz mit allen anderen Kraftwerkskapazitäten und zwar unabhängig von den festgestellten Vorteilen der Biogas- und Biomethan-KWK in einem von fluktuierenden erneuerbaren Energien dominierten Stromsystem. Bei dem heutigen Strommarktdesign und der aktuellen Förderstruktur der flexiblen Stromproduktion aus Biogas und Biomethan führen diese flexiblen Erzeugungskapazitäten zur Verdrängung der am Ende der Merit-Orderliste befindlichen Erzeugungsanlagen (siehe Abbildung 5). Welche Kraftwerkskapazitäten dies zukünftig sein werden, ist nicht abschließend bewertbar, da beispielsweise die schwankenden CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise einen großen Einfluss ausüben<sup>22</sup>. Zusätzlich beeinflusst der Umfang von unflexiblen Kraftwerken (MRU), unabhängig ob diese Unflexibilität technisch, ökonomisch oder auch regulatorisch begründet wird, sowie der Austausch von Strommengen mit dem benachbarten Ausland das Ergebnis. In jedem Fall führt die Flexibilisierung zu einer Erhöhung der Betriebsstunden der restlichen, sich in Betrieb befindlichen fossilen Kraftwerke.

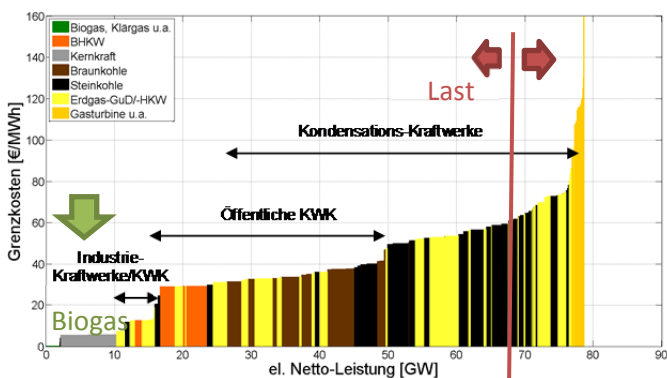


Abbildung 5: Merit-Order-Effekt, Kraftwerkeinsatz-Reihenfolge der unterschiedlichen Kraftwerkstypen, IWES 2014

Es können somit Situationen auftreten, in welchen die hocheffiziente Biogas- und Biomethan-KWK mit gekoppelter Bereitstellung von erneuerbarer Wärme vergleichsweise teure aber moderne fossile Kraftwerkskapazitäten aus dem Markt drängen. Aufgrund dessen gilt es darauf zu achten, dass diese teuren fossilen Kraftwerkskapazitäten nur dann zugebaut werden, wenn deren Kapazitäten trotz flexibler Stromproduktion

zwingend notwendig sind. Wenn es zu einem Neubau von effizienten Kraftwerkskapazitäten kommt, sollte tendenziell das ineffiziente ältere Kraftwerk mit geringen Grenzkosten aus der Erzeugung genommen werden.

Die flexiblen Strommengen aus Biogas und Biomethan führen zu einer Reduzierung der Notwendigkeit, in neue konventionelle Kraftwerke zu investieren. Der restliche konventionelle Kraftwerkspark wird dann mit höheren Volllaststunden betrieben.

Unter den Anfang 2014 gültigen Rahmenbedingungen reduziert die Flexibilisierung von Strom aus Biogas zwar die Anzahl der betriebenen Gaskraftwerke und deren Strommengen. Es steigen aber gleichzeitig die Strommengen aus fossilen Anlagen, die eine Wärmenutzung realisieren können (insbesondere Gas-und-Dampf-Kombikraftwerke)<sup>23</sup>. Im Ergebnis führt dies zu leicht abgesenkten bis hin zu nahezu gleichbleibenden Treibhausgas-Emissionen des fossilen Kraftwerksparks. Aktuell stellen vorwiegend Kohlekraftwerke große Teile der positiven Regelleistung bereit, so dass durch die zukünftige Bereitstellung von positiver Regelleistung durch Biogas und Biomethan der Klimaschutzbeitrag spezifisch hoch wäre, insbesondere wenn es gelingt, die kohlebasierenden MRU zu reduzieren. Hier sieht das Konsortium großes Potenzial für die flexible Stromproduktion aus Biogas und Biomethan.

Die Flexibilisierung von Biogas- und Biomethan-BHKW führt zur Minderung von Treibhausgasemissionen. In welcher Höhe dies gelingt, ist auch vom Umfang der Übernahme einzelner Systemdienstleistungen abhängig. Diese Minderung kann, bezogen auf die Kilowattstunde Energie, hoch sein.

<sup>21</sup> Einsatzreihenfolge = Merit-Order

<sup>22</sup> Hohe Zertifikatspreise führen zu einem Anstieg der Stromproduktionskosten aus Kohle, wodurch sich die Reihenfolge in der Merit-Order zwischen Kohle und Gaskraftwerken verändert.

<sup>23</sup> Ergebnis aktueller Analysen und Modellrechnungen des Fraunhofer IWES; Die Bewertung des flexiblen Einsatzes des Biogas auf der Zeitschiene (heute – bis 2020 – danach) muss noch intensiver erforscht werden, um diese Ergebnisse zu belegen. Variable CO<sub>2</sub>-Preisannahmen können wesentliche Unterschiede in der Bewertung ausmachen.

## Kosten und Rahmensetzung für die Flexibilisierung

Die **Mehrkosten der Flexibilisierung** von Biogasanlagen werden im Wesentlichen durch eine Erhöhung der installierten BHKW-Leistung, Vergrößerung von Wärme- und Gasspeichern sowie die Technik zur Steuerung der Anlagen bestimmt. Damit sind die Kosten stark vom Grad der Flexibilisierung abhängig. Mit dem Grad der Flexibilisierung steigen die spezifischen Kosten für die Flexibilisierung degressiv an (Abbildung 6). Biomethan betriebene KWK-Anlagen müssen in erster Linie die Erzeugungskapazität erhöhen, um flexibel Strom bereitzustellen zu können. Abhängig von den Vor-Ort-Gegebenheiten muss auch in Wärmespeicherkapazitäten investiert werden. Die Biomethan-Speicherkapazitäten müssen nicht neu errichtet werden, da hierfür das Gasnetz und die daran angeschlossenen Erdgas-Speicher zur Verfügung stehen. Kosten resultieren dabei aus den Gebühren für zu buchende Speicherkapazitäten, der Strukturierung und der Ausgleichsenergie. Diese Kosten sind stark abhängig von der Betriebsweise und des Pools des Gaslieferanten. Aktuell sehen die Regelungen für den Transport für Biomethan im Erdgasnetz Vereinfachungen vor. Aufgrund dessen wird nachfolgend auf die Zusatzkosten für die Flexibilisierung der BHKW-Leistung eingegangen.

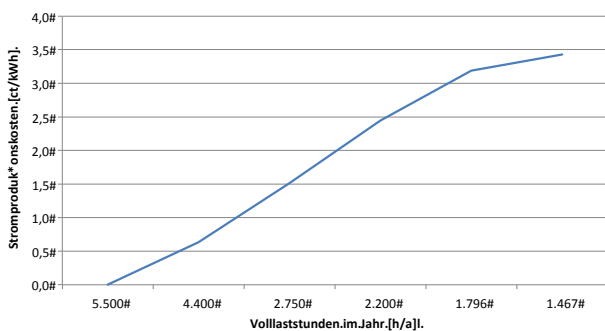


Abbildung 6: Mehrkosten für die flexible Strombereitstellung aus einem Biomethan-BHKW mit 500 kW<sub>el</sub> Bemessungsleistung in Abhängigkeit der Volllaststunden<sup>24</sup>

Eine Deckung der Kosten für die Flexibilisierung der Strombereitstellung aus Biogas oder Biomethan ausschließlich über die dadurch potenziellen höheren Erlöse am Strommarkt - sei es durch Ausnutzung der Preisunterschiede aufgrund Schwankungen des Angebots und der Nachfrage oder der Bereitstellung von SDL - ist heute und absehbar nicht gegeben. Der Preisverfall an der, auf Grenzkosten basierenden Strombörse, zeigt dies sehr deutlich und macht Umrüstungen, oder sogar

Neuinvestitionen schwierig. Die Preisspreads zwischen niedrigen und hohen Strompreisen wachsen zwar immer mehr (insbesondere durch negative Preise) an, das Volumen (bzw. die Anzahl der hohen Preisspreads) führt allerdings noch nicht zu relevanten Investitionsanreizen. Dies gilt sowohl für fossile als auch für erneuerbare Lösungen. Wird die reine Lehre der Preisbildung durch Angebot und Nachfrage angewendet, so zeigen die Preise heute keinen erhöhten Bedarf an Flexibilität im System. Es besteht dennoch die Gefahr, dass die Erzeugungskapazitäten, die in der Lage sein müssten, auf starke Schwankungen der Strombereitstellung aus flexiblen erneuerbaren Energiequellen (v.a. Wind und Sonne) einzugehen, sich nicht im ausreichenden Umfang entwickeln. Dadurch könnte in Zukunft die Versorgungssicherheit gefährdet werden. Die Unsicherheiten bei den zukünftig mobilisierbaren Erlösen sind sehr groß, da für Investitionsentscheidungen in Kraftwerke über die gesamte Betriebszeit von 20 bis 35 Jahren geplant werden muss. Dabei spielen die erzielbaren Erlöse, welche sich aktuell nicht vorhersehen lassen, die wesentliche Rolle.

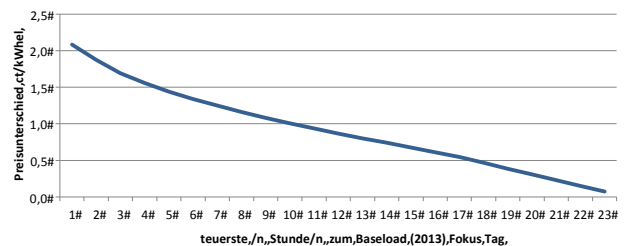


Abbildung 7: Theoretisches Erlössteigerungspotenzial bezogen auf den einzelnen Tag (2013) ohne Berücksichtigung eines Prognosefehlers<sup>24</sup>

Erste Abschätzungen zeigen, dass sich die Flexibilisierungskosten für Biogas und Biomethan-KWK-Anlagen nicht wesentlich von fossilen Kraftwerken unterscheiden. Dies wird, trotz der kleineren Modulleistung im Vergleich zu fossilen Kraftwerken, durch die mit der Erhöhung der Erzeugungsleistung verbundene Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades und der damit einhergehenden Einsparung von hochpreisigen Brennstoffen wie Biogas oder Biomethan erreicht. Für die Flexibilisierung von Biogas-VOV und Biomethan im Vergleich gilt, dass die reinen Kosten der Flexibilisierung bei Biomethan geringer als bei der Biogas-VOV sind. Die Differenz ist insbesondere mit den höheren Kosten der Biogasspeicherung vor Ort begründet und nimmt mit dem Grad der Flexibilisierung bzw. dem Speicherbedarf stark zu.

<sup>24</sup> Berechnungen des Fraunhofer IWES (2013); ausgehend von 5.500 Vollbenutzungsstunden steigt die Flexibilität mit einer Reduzierung der Vollbenutzungsstunden

**Die Flexibilisierungskosten von Biogas- und Biomethan-KWK-Anlagen unterscheiden sich nicht grundsätzlich von denen fossiler Kraftwerke. Die Flexibilisierung von Biomethan-KWK ist im Vergleich zur Flexibilisierung der Vor-Ort-Verstromung von Biogas günstiger, insbesondere bei hohen Flexibilisierungsanforderungen, z.B. über den Tageslastgang hinaus.**

Es wurde festgestellt, dass der Markt heute die Zusatzkosten der strategisch bedeutsamen Flexibilisierung der Strombereitstellung aus Biogas und Biomethan nicht finanziert. Dies erfahren fossile Kraftwerkskapazitäten ebenso wie erneuerbare. Aufgrund dessen wurde 2012 die Flexibilitätsprämie für Biogas und Biomethan KWK-Anlagen eingeführt. Nach den Erfahrungen der letzten Jahre zeigt sich, dass betriebswirtschaftlich die Flexibilitätsprämie im EEG angemessen ausgestaltet ist, um Flexibilität bei Neuanlagen zu schaffen. Die zwar geringen aber relevanten Zusatzerträge über den Strommarkt sind dennoch notwendig, um die Anlage nach den Marktpreisen auszurichten und dadurch für den wirtschaftlichen Anlagebetrieb relevante Erlöse zu erzielen. Die Flexibilisierungskosten für Bestandsanlagen werden ca. 0-20 %<sup>25</sup> höher geschätzt als aktuell die Flexibilitätsprämie im EEG 2012 kompensiert. Die Anreize reichen deshalb z.T. nicht aus, um zukünftig eine nahezu vollständige Durchdringung bei Bestandsanlagen zu erreichen<sup>26</sup>. Außerdem bestehen weitere Hürden, die mit verschiedenen Maßnahmen ausgeräumt werden müssten:

- Schaffung von Rechts- und Planungssicherheit (Anlagenbegriff). Auch das BGH Urteil bringt für viele Standorte keine relevante Verbesserung.
- Einheitliche Anwendung des Genehmigungsrechts.
- Klare Aufzeigung der Perspektive, dass die Flexibilität im Energiesystem gebraucht und flexible Strommengen aus Biogas/Biomethan als Teil der Lösung angesehen werden.
- Schaffung von zusätzlichen Möglichkeiten, Systemdienstleistungen anzubieten (z.B. Anpassung von Ausschreibungszeiträumen).
- Aufrechterhaltung von Förderprogrammen für Wärmespeicher und Wärmenetze.
- Begrenzung der Privilegien der Eigenstromversorgung, da diese Konzepte mit kleineren BHKW-Anlagen eine ineffiziente Konkurrenz an

den Wärmesenken zu Nahwärmekonzepten mit flexibler bedarfsorientierter Stromproduktion darstellt.

- Ermöglichung der Nutzbarkeit von Gasen verschiedener erneuerbarer Herkunft (z.B. Nawaro-Gas und Klärgas).
- Mobilisierung von Innovationspotenzial und Unterstützung von Forschungsvorhaben.
- (Wissens-)Transfer positiver Erfahrungen.
- Gleichbehandlung bzgl. der Energiesteuer von flexibel betriebenen und in Grundlast betriebenen Anlagen (2 MW<sub>el</sub> Grenze im Energiesteuergesetz).

Darüber hinaus ist eine spezielle finanzielle Förderung der Systemdienstleistungs-Bereitstellung nicht notwendig, wenn folgende Punkte umgesetzt würden:

- Rahmenbedingungen (inkl. monetärer Unterstützung, z.B. Flexibilitätsprämie), die eine Flexibilisierung von Biogas- und Biomethan-KWK ermöglichen.<sup>27</sup>
- Anpassung der Zugangsvoraussetzungen und der technischen Anforderungen.
- Anpassung der Ausschreibungszeiträume (im RL-Markt).
- Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens, um bestehende Rechtsunsicherheiten abzubauen (Anlagenbegriff, Eigenstromnutzung usw.).

**Die Flexibilitätsprämie ist angemessen zur Kompensation der Mehrkosten für die Schaffung von Zusatzkapazitäten von neuen Biogas- und Biomethan-BHKW. Die Umrüstkosten für Bestandsanlagen werden ca. 0-20 % höher geschätzt als für Neuanlagen. Insbesondere der Abbau von Hürden, aber auch ein klares Bekenntnis für die Flexibilisierung führt zu einer höheren Durchdringung der Flexibilisierung von Bestandsanlagen.**

<sup>25</sup> Große Spannweite, da die Biogasanlagen sehr individuelle Konzepte aufweisen.

<sup>26</sup> Rechtsklarheit zum Anlagenbegriff unterstellt.

<sup>27</sup> Für gewisse SDL, insbesondere positive RL, ist das Vorhalten freier und flexibel einsetzbarer Verstromungskapazitäten essentiell.