

# **Möglichkeiten einer europäischen Biogas- einspeisungsstrategie - Teilbericht II -**

**im Auftrag der Bundestagsfraktion von  
Bündnis90/Die GRÜNEN**

Darmstadt, Januar 2007

erstellt von

**Uwe R. Fritsche  
Katja Hünecke  
Klaus Schmidt**

**Öko-Institut e.V.**

**Büro Darmstadt**  
Rheinstraße 95  
D-64295 Darmstadt  
Tel.: (06151) 8191-0  
Fax: (06151) 8191-33

**Büro Berlin**  
Novalisstraße 10  
D-10115 Berlin  
Tel.: +49-(0)30-280486-80  
Fax: +49-(0)30-280486-88

**Geschäftsstelle Freiburg**  
Merzhauser Str. 173  
D-79100 Freiburg  
Tel.: +49-(0)761-452950  
Fax: +49-(0)761-475437

[www.oeko.de](http://www.oeko.de)

## Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Vorbemerkung.....</b>  | <b>1</b>  |
| <br>  |           |
| <b>1 Hintergrund zur ökologischen und sozialökonomischen Analyse der Bioenergiebereitstellung und -nutzung.....</b> | <b>1</b>  |
| 1.1 Methodischer Ansatz .....   | 2         |
| 1.2 Datengrundlagen zur Umwelt- und sozialökonomischen Analyse.....   | 4         |
| <br>  |           |
| <b>2 Sozioökonomische Effekte der Bereitstellung von Strom und Wärme aus Biogas und Bio-SNG.....</b>                | <b>5</b>  |
| 2.1 Zusätzliche Wertschöpfung durch die Biomethanbereitstellung.....  | 5         |
| 2.2 Netto-Bilanzierung der Wertschöpfung.....   | 8         |
| 2.3 Beschäftigungseffekte durch die Biomethan-Strategie.....  | 9         |
| 2.4 Weitere volkswirtschaftliche Aspekte von Biomethan.....   | 14        |
| 2.5 Zusammenfassung zur sozioökonomischen Analyse .....   | 17        |
| <br>  |           |
| <b>3 Umwelteffekte der Bereitstellung von Strom und Wärme.....</b>  | <b>18</b> |
| 3.1 Umwelteffekte der konventionellen Strom- und Wärmebereitstellung.....   | 18        |
| 3.2 Umwelteffekte der Bereitstellung von Biomethan .....  | 20        |
| 3.3 Umwelteffekte bei der Nutzung von Biomethan für Strom und Wärme .....   | 21        |
| 3.4 Zusammenfassung zur Umweltanalyse .....   | 24        |
| <br>  |           |
| <b>Literatur .....</b>  | <b>26</b> |

**Tabellenverzeichnis**

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabelle 1  | Zusätzliche Wertschöpfung in der Landwirtschaft durch die Bereitstellung von Substraten für die Biogaserzeugung                   | 5  |
| Tabelle 2  | Zusätzliche Wertschöpfung durch die Bereitstellung von Holz für die Bio-SNG-Erzeugung   | 6  |
| Tabelle 3  | Zusätzliche Wertschöpfung durch Bau und Betrieb von Biogasanlagen   | 7  |
| Tabelle 4  | Zusätzliche Wertschöpfung durch Bau und Betrieb von Bio-SNG-Anlagen   | 7  |
| Tabelle 5  | Zusätzliche Wertschöpfung durch Bau und Betrieb von Biogas- und Bio-SNG-Anlagen sowie deren Inputs                                | 8  |
| Tabelle 6  | Nettobilanz der zusätzlichen Wertschöpfung bei Ersatz von Erdgas durch Biomethan  | 9  |
| Tabelle 7  | Direkte und indirekte Beschäftigungseffekte der Bereitstellung von Rohstoffen für die Biomethan-Anlagen                           | 10 |
| Tabelle 8  | Direkte und indirekte sowie gesamte Beschäftigungswirkung für Bau und Betrieb der Biogas-Anlagen                                  | 11 |
| Tabelle 9  | Direkte und indirekte sowie gesamte Beschäftigungswirkung für Bau und Betrieb der Bio-SNG-Anlagen                                 | 12 |
| Tabelle 10 | Gesamte Beschäftigungseffekte der Biomethanbereitstellung   | 13 |
| Tabelle 11 | Summe der Beschäftigungseffekte für die Biomethanbereitstellung   | 13 |
| Tabelle 12 | Monetäre Zusatzeffekte der Biomethanstrategie auf die Staathaushalte  | 16 |
| Tabelle 13 | Bilanzen zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen für die heutige Bereitstellung von Strom in europäischen Ländern                  | 18 |
| Tabelle 14 | Bilanzen zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen für die heutige Bereitstellung von Wärme aus Gasheizungen in europäischen Ländern | 19 |
| Tabelle 15 | Umweltbilanz der Bereitstellung von Biomethan   | 21 |
| Tabelle 16 | Umweltbilanz der Bereitstellung von Strom und Wärme aus Kraftwerksmix + Gasheizung versus KWK mit Biomethan                       | 22 |
| Tabelle 17 | Nettobilanz für Treibhausgase bei der Substitution von Erdgas durch Biomethan   | 24 |

**Abbildungsverzeichnis**

|        |   |    |
|--------|---|----|
| Bild 1 | Der Ansatz der Stoffstromanalyse im Bereich Biomasse .....  | 2  |
| Bild 2 | GEMIS als Datenbank für Stoffstromanalysen .....  | 3  |
| Bild 3 | Gesamte Beschäftigungseffekte der Biomethan-Strategie .....   | 14 |
| Bild 4 | Bilanzen zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen für die heutige<br>Bereitstellung von Strom in europäischen Ländern .....                           | 19 |
| Bild 5 | Bilanzen zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen für die heutige<br>Bereitstellung von Wärme aus Gasheizungen in europäischen Ländern .....          | 20 |
| Bild 6 | Vergleich der Nutzung von Biogas zur Strom- und<br>Wärmebereitstellung in KWK in osteuropäischen Ländern und DE<br>sowie beim Import nach DE .....  | 23 |
| Bild 7 | Vergleich der Nutzung von Bio-SNG zur Strom- und<br>Wärmebereitstellung in KWK in osteuropäischen Ländern und DE<br>sowie beim Import nach DE ..... | 23 |
| Bild 8 | Klimagaseinsparung bei der Substitution von Erdgas durch Biomethan .....  | 24 |

## Vorbemerkung

Dieses Papier stellt einen Beitrag zu der Kurzstudie „Möglichkeiten einer europäischen Biogaseinspeisestrategie“ dar, die vom Institut für Energetik und Umwelt Leipzig (IE) und Öko-Institut im Auftrag der Bundestagsfraktion von Bündnis90/Die GRÜNEN erstellt wurde.

Das vorliegende Papier betrifft den *Arbeitspunkt* „Wertschöpfung und Beschäftigung“ und gibt auch die Ergebnisse von *ergänzend durchgeführten Umweltanalysen* wieder, die aus Sicht der Verfasser zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Bioenergie-Importoptionen aus Osteuropa wesentlich sind.

Die sozioökonomischen Analysen zur Wertschöpfung und Beschäftigung (vgl. Kap. 2) folgen dabei der Ländergliederung im Teilbericht I (IE 2007), während die zusätzlich durchgeführten Arbeiten zur Umweltanalyse (vgl. Kap. 3) sich auf die osteuropäischen Länder Russland (RU), Ukraine (UA) und Weißrussland (BY) sowie Polen (PL) und Rumänien (RO) als osteuropäischen EU-Mitgliedsstaaten konzentrieren.

## 1 Hintergrund zur ökologischen und sozialökonomischen Analyse der Bioenergiebereitstellung und -nutzung

Im Folgenden werden die Fragen der Bereitstellung von aufbereitetem Biogas und Bio-SNG aus den vorgenannten Ländern mit Blick auf die sozialökonomischen Aspekte und die Umwelteffekte diskutiert. Im Mittelpunkt stehen dabei

- Wertschöpfung und Beschäftigung,
- Emissionen an Treibhausgasen (THG), ausgedrückt in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und
- versauernde Luftschadstoffe (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, usw.), ausgedrückt in SO<sub>2</sub>-Äquivalenten<sup>1</sup>.

Ziel der sozioökonomischen Analyse ist zu klären, welche regionalen (Netto-)Effekte es im Hinblick auf die Bereitstellung von Biomethan gibt, wenn die Potenziale (vgl. IE 2007) ausgeschöpft würden. Ergänzend werden auch volkswirtschaftliche Aspekte der Biomethanbereitstellung mit einbezogen.

Die Umweltanalyse untersucht dagegen, welche Vor- und Nachteile es bei der Bereitstellung von Biomethan als *Importoption für Deutschland* gibt im *Vergleich zur nationalen Nutzung* in den potenziellen Exportländern.

Zuerst werden die methodischen Vorgehensweise und dann die Datengrundlagen dargestellt und nachfolgend die im Projekt durchgeführten Analysen erläutert.

---

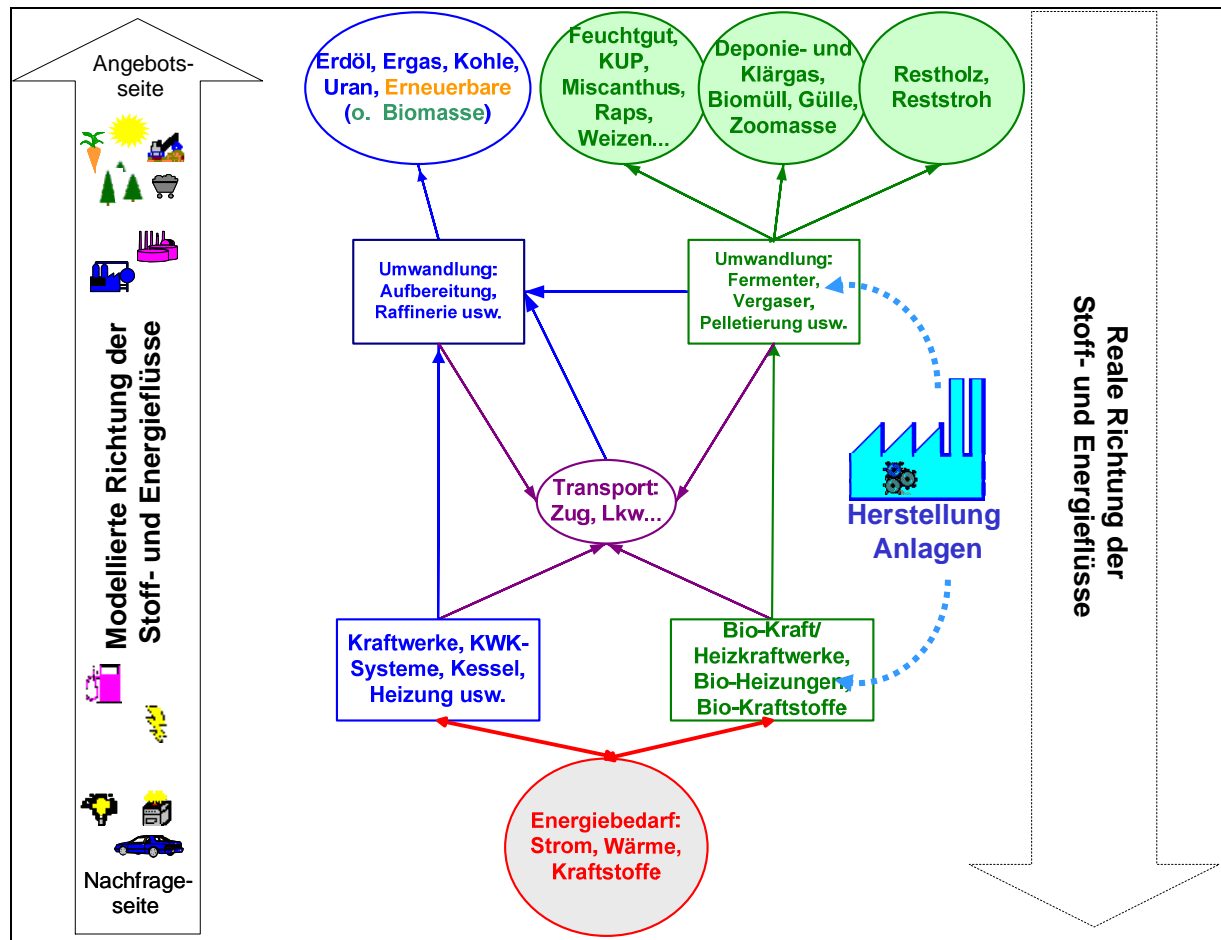
<sup>1</sup> Die Methodik und Datenbasis erlaubt auch die Bilanzierung weiterer Emissionen (CO, NMVOC, Staub) sowie die disaggregierte Darstellung der Einzelemissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> usw.) sowie die Ermittlung von Reststoffmengen und Ressourceninanspruchnahmen (z.B. Metalle, Fläche).

### 1.1 Methodischer Ansatz

Die Umwelt- und Beschäftigungsfragen werden auf Basis des „Stoffstrom-Biomasse“-Vorhabens (vgl. Fritsche u.a. 2004) für ausgewählte Technologien zur Bereitstellung und Nutzung von Biomethan behandelt<sup>2</sup>. Diese Untersuchung stellte die wichtigsten Kenndaten und methodischen Ansätze bereit, um die Bioenergienutzung in Deutschland zu analysieren und entsprechende Technologien zu vergleichen.

Dabei wurde die sog. *Stoffstromanalyse* als methodische Grundlage gewählt, bei der die Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen (z.B. Raumwärme, Strom) über alle vorgelagerten Prozessstufen bis zur Primärenergiebereitstellung bilanziert und dabei auch die Herstellung der notwendigen Anlagen sowie Hilfsenergie- und Hilfsstoffeinsätze sowie Transporte einbezogen werden (vgl. Bild 1).

Bild 1 Der Ansatz der Stoffstromanalyse im Bereich Biomasse



Quelle: Fritsche u.a. 2004

<sup>2</sup> Biogas ist nach Aufbereitung auch als biogener Kraftstoff nutzbar, dies wird hier jedoch nicht weiter untersucht.

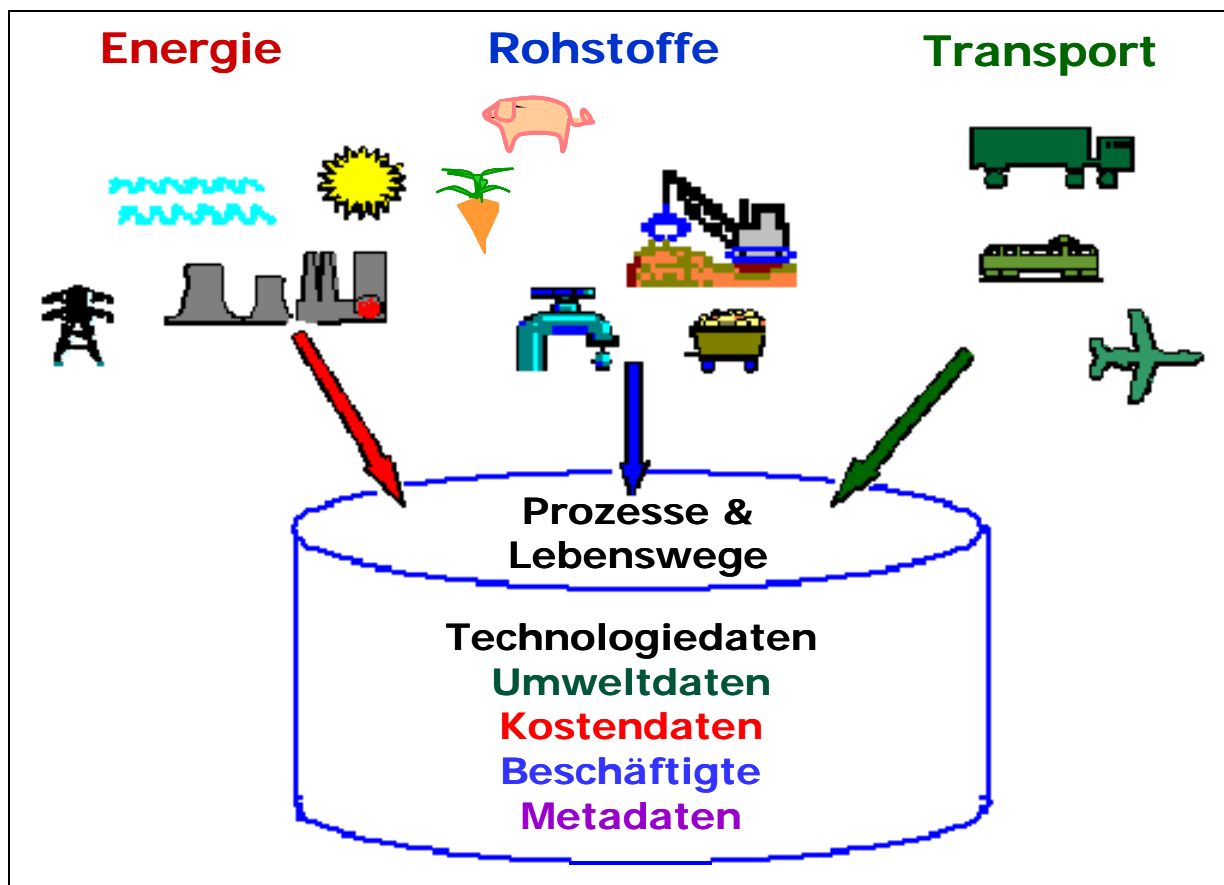
Die Stoffstromanalyse modelliert – entgegen der Richtung der realen Flüsse – von der Nachfrage bis zu den Ressourcen und kann mit diesem „bottom-up“-Ansatz eine vollständige Erklärung aller Effekte leisten. Zudem lässt sich damit relativ einfach auch die Konsequenz von geänderten – z.B. technologisch verbesserten – Prozessketten bestimmen.

Die datenseitige Erfassung und Bilanzierung erfolgt wie im „Stoffstrom“-Vorhaben auf Grundlage des Computermodells GEMIS<sup>3</sup>, das für Lebenswegbetrachtungen und Stoffstromanalysen einen breiten Datenhintergrund bietet und auch alle notwendigen Berechnungen integriert bereitstellt.

Dabei werden in GEMIS auch die Koppelprodukte, die z.B. bei der Bereitstellung von RME oder BtL entlang der Vorketten mit entstehen, durch Gutschriften in die Bilanz eingerechnet<sup>4</sup>.

Die prinzipielle Struktur der GEMIS-Datenbank zeigt die folgende Abbildung.

Bild 2 GEMIS als Datenbank für Stoffstromanalysen



Quelle: Fritsche u.a. (2004)

<sup>3</sup> Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme – siehe [www.gemis.de](http://www.gemis.de)

<sup>4</sup> GEMIS kann jedoch die Ergebnisse auch „brutto“, d.h. ohne Verrechnung von Gutschriften für Nebenprodukte, ausgeben. Damit lässt sich die Sensitivität der Ergebnisse in Bezug auf die Koppelproduktverwendung analysieren.

GEMIS enthält eine detaillierte Beschreibung aller Einzelprozesse. Durch die Verknüpfung dieser Einzelprozesse über Input- und Hilfsenergie- bzw. Hilfsstoff- sowie Transportlinks werden ganze Prozessketten automatisch erzeugt. Die Bilanzierung von Umwelt, Kosten- und Beschäftigungseffekten kann dadurch bis auf die Ebene aller Einzelprozesse hin aufgelöst, aber auch regional oder sektoral aggregiert werden.

Neben Datenbank und Bilanzierung bietet GEMIS auch Hilfen zur Ergebnisanalyse, Im- und Exportroutinen sowie Schnittstellen zur Internet-Datenbank ProBas des Umweltbundesamts.

In Bezug auf die hier interessierende Biomasse als Energieträger bietet GEMIS zudem durch die *explizite Modellierung* von Brennstoffen über deren Elementaranalyse auch eine automatische Berechnung der Stoffströme für Kohlenstoff, Asche und Halogene.

Weiterhin kann GEMIS automatisch die mit den Transporten von Brennstoffen verbundenen Umwelteffekte bilanzieren, soweit Transportdistanz und Transportsystem gewählt werden.

## **1.2 Datengrundlagen zur Umwelt- und sozialökonomischen Analyse**

### **1.2.1 Daten zu Bioenergieprozessen**

Die Datengrundlage der vorliegenden Studie stützt sich im Bereich der Umweltfragen auf den im „Stoffstrom“-Projekt entwickelten Datenkern für Bioenergieprozesse für Deutschland, nutzt jedoch zusätzlich Daten zu Effizienz und Kosten der Biogas- und Bio-SNG-Herstellung und –aufbereitung aus IE (2007).

### **1.2.2 Daten zu Strom und Wärme**

Die Stromerzeugungssysteme in Osteuropa wurden auf Basis von IEA-Daten unter Verwendung der GEMIS-Datenbasis abgebildet, um die nationalen Kraftwerksparks zu modellieren. Die Wärmeprozesse (Gasheizung) wurden entsprechend auf Basis von GEMIS Osteuropa abgebildet.

### **1.2.3 Daten zur Biomassebereitstellung**

Weiterhin wurden Daten aus EEA (2006) zur Bereitstellung von biogenen Rohstoffen (Anbau) sowie für die Biogas- und Bio-SNG-Herstellung (Vergärung bzw. Vergasung und Aufbereitung) Daten nach IE (2007) und auf die Länder Weißrussland, Russland und Ukraine übertragen.

### **1.2.4 Daten zu Brennstoffeigenschaften**

Die Brennstoffdaten wurden in der vorliegenden Studie komplett aus dem „Stoffstrom“-Projekt übernommen und durch eigene Abschätzungen für die Elementaranalysen der biogenen Brennstoffe in den Exportländern auf Basis von BIOBIB (2005) ergänzt. Die Kosten der biogenen Rohstoffe sowie der Bioenergieträger beruhen auf IE (2007).



## 2 Sozioökonomische Effekte der Bereitstellung von Strom und Wärme aus Biogas und Bio-SNG

Über die in IE (2007) diskutierten Kosten der Biomethanbereitstellung wird im Folgenden eine Berechnung der mit den Biomethanoptionen verbundenen *zusätzlichen Wertschöpfung* in der Land- und Forstwirtschaft sowie der Investitionsgüterindustrie (Anlagenherstellung) sowie der direkten und indirekten *zusätzlichen Beschäftigungseffekte* in der EU-15, der EU+10 (Beitrittsstaaten) sowie der EU+3 (Beitrittsanwärter) und ausgewählten GUS-Staaten durchgeführt, wobei die theoretischen Biomethan-Potenziale für 2010 bzw. 2020 nach IE (2007) als umgesetzt angenommen werden.

### 2.1 Zusätzliche Wertschöpfung durch die Biomethanbereitstellung

Ausgehend von den in IE (2007) genannten theoretischen Potenzialen für Biomethan in den o.g. Ländergruppen wurde zuerst die zusätzliche Wertschöpfung<sup>5</sup> in der Landwirtschaft bestimmt, die sich aus dem Einsatz von Energiepflanzen zur Biogasherstellung ergibt<sup>6</sup>.

*Tabelle 1 Zusätzliche Wertschöpfung in der Landwirtschaft durch die Bereitstellung von Substraten für die Biogaserzeugung*

| Biogas<br>Mio. €/a | Exkremente |      | Einstreu |      | Energiepflanzen |               | Summe         |               |
|--------------------|------------|------|----------|------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
|                    | 2010       | 2020 | 2010     | 2020 | 2010            | 2020          | 2010          | 2020          |
| EU-15              | -          | -    | -        | -    | 4.653           | 8.508         | 4.653         | 8.508         |
| EU+10              | -          | -    | -        | -    | 1.233           | 1.579         | 1.233         | 1.579         |
| EU+3               | -          | -    | -        | -    | 1.458           | 1.512         | 1.458         | 1.512         |
| GUS                | -          | -    | -        | -    | 6.378           | 10.626        | 6.378         | 10.626        |
| <b>SUMME</b>       | -          | -    | -        | -    | <b>13.722</b>   | <b>22.225</b> | <b>13.722</b> | <b>22.225</b> |

Quelle: eigene Berechnungen nach IE (2007)

<sup>5</sup> In die zusätzliche Wertschöpfung gehen nach IE (2007) *keine* Preissteigerungen bis 2020 ein.

<sup>6</sup> Die zusätzliche Wertschöpfung durch die anteilige Nutzung von Exkrementen (Gülle) bzw. Einstreu ist Null, da diese von IE (2007) als kostenneutral angenommen wurde.

Danach wurde die entsprechende Bilanzierung für die Bereitstellung von Energieholz für die Forst- und Holzwirtschaft (Rest- bzw. Schwachholz) sowie die Landwirtschaft (KUP) durchgeführt. Dabei wurde von den in IE (2007) genannten Preisen für KUP ausgegangen und daraus die für Rest- und Schwachholz (75% von KUP) sowie für Industrierestholz (50% von KUP) angesetzt.

*Tabelle 2      Zusätzliche Wertschöpfung durch die Bereitstellung von Holz für die Bio-SNG-Erzeugung*

| <b>Holz</b>  | <b>aus Forstwirtschaft</b> |               | <b>aus Holzwirtschaft</b> |              | <b>aus Landwirtschaft (KUP)</b> |              | <b>Summe</b> |               |               |
|--------------|----------------------------|---------------|---------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
|              | <b>Mio. €a</b>             | <b>2010</b>   | <b>2020</b>               | <b>2010</b>  | <b>2020</b>                     | <b>2010</b>  | <b>2020</b>  | <b>2010</b>   | <b>2020</b>   |
| EU-15        |                            | 8.435         | 7.573                     | 1.172        | 1.273                           | 1.682        | 2.964        | 11.288        | 11.810        |
| EU+10        |                            | 2.071         | 1.970                     | 151          | 169                             | 520          | 849          | 2.741         | 2.988         |
| EU+3         |                            | 1.096         | 675                       | 70           | 84                              | 186          | 353          | 1.351         | 1.111         |
| GUS          |                            | 9.219         | 8.606                     | 74           | 74                              | 1.021        | 1.694        | 10.314        | 10.374        |
| <b>SUMME</b> |                            | <b>20.820</b> | <b>18.824</b>             | <b>1.466</b> | <b>1.600</b>                    | <b>3.408</b> | <b>5.859</b> | <b>25.694</b> | <b>26.284</b> |

Quelle: eigene Berechnungen nach IE (2007)

Im nächsten Schritt wurden die durch Investition und Betrieb der Biogas- bzw. Bio-SNG-Anlagen ausgelöste zusätzliche Wertschöpfung bestimmt. Dabei wurden die Investitionskosten in die Anlagen annuitätisch auf die Lebensdauer verteilt (für 8% Realzins) und die fixen Anlagekosten (Wartung, Instandhaltung, Versicherung, Lohn) einbezogen.

Dabei ist zu beachten, dass die durch die Investition vermittelte Wertschöpfung überwiegend in der Investitionsgüterindustrie realisiert wird und durch ggf. erfolgende Käufe im Ausland die regionale Abgrenzung gestört werden kann.

Daher sind die in der folgenden Tabelle genannten Zurechnungen zu den Ländergruppen wohl nur für die EU-15 belastbar, während für die anderen Länder eher von Technologieimporten auszugehen ist.

Die sektorale Aufteilung in den folgenden beiden Tabellen steht daher nicht für die sektorale Wertschöpfung, sondern für die auslösenden Nachfrage-Sektoren.

Tabelle 3 *Zusätzliche Wertschöpfung durch Bau und Betrieb von Biogasanlagen*

| Biogas-Anlagen<br>Mio. €/a | für Exkremente |              | für Einstreu |            | für<br>Energiepflanzen |               | Summe         |                |
|----------------------------|----------------|--------------|--------------|------------|------------------------|---------------|---------------|----------------|
|                            | 2010           | 2020         | 2010         | 2020       | 2010                   | 2020          | 2010          | 2020           |
| EU-15                      | 4.937          | 4.984        | 381          | 381        | 21.796                 | 39.855        | 27.113        | 45.219         |
| EU+10                      | 824            | 840          | 62           | 62         | 7.189                  | 9.206         | 8.075         | 10.108         |
| EU+3                       | 746            | 832          | 54           | 62         | 5.236                  | 5.430         | 6.037         | 6.324          |
| GUS                        | 910            | 910          | 117          | 78         | 22.907                 | 38.164        | 23.933        | 39.151         |
| <b>SUMME</b>               | <b>7.417</b>   | <b>7.565</b> | <b>614</b>   | <b>583</b> | <b>57.127</b>          | <b>92.655</b> | <b>65.159</b> | <b>100.803</b> |

Quelle: eigene Berechnungen nach IE (2007)

Tabelle 4 *Zusätzliche Wertschöpfung durch Bau und Betrieb von Bio-SNG-Anlagen*

| Bio-SNG-Anlagen,<br>Mio. €/a | aus<br>Forstwirtschaft |               | aus<br>Holzwirtschaft |              | aus<br>Landwirtschaft<br>(KUP) |               | Summe         |               |
|------------------------------|------------------------|---------------|-----------------------|--------------|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                              | 2010                   | 2020          | 2010                  | 2020         | 2010                           | 2020          | 2010          | 2020          |
| EU-15                        | 17.055                 | 15.313        | 2.968                 | 3.225        | 2.971                          | 5.235         | 22.993        | 23.773        |
| EU+10                        | 4.716                  | 4.486         | 440                   | 494          | 1.018                          | 1.663         | 6.173         | 6.642         |
| EU+3                         | 2.497                  | 1.538         | 203                   | 244          | 363                            | 691           | 3.063         | 2.472         |
| GUS                          | 20.995                 | 19.600        | 216                   | 216          | 1.999                          | 3.316         | 23.210        | 23.133        |
| <b>SUMME</b>                 | <b>45.262</b>          | <b>40.937</b> | <b>3.827</b>          | <b>4.179</b> | <b>6.351</b>                   | <b>10.905</b> | <b>55.440</b> | <b>56.020</b> |

Quelle: eigene Berechnungen nach IE (2007)

Die folgende Tabelle zeigt die Summe der zusätzlichen Wertschöpfung durch den Anlagenbau und –betrieb *inklusive* der zusätzlichen Wertschöpfung durch die Inputs (Substrate bzw. Holz).

*Tabelle 5      Zusätzliche Wertschöpfung durch Bau und Betrieb von Biogas- und Bio-SNG-Anlagen sowie deren Inputs*

| alle Anlagen,<br>Mio. €a | für Reststoffe |               | für Anbau-Biomasse |                | Summe          |                |
|--------------------------|----------------|---------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
|                          | 2010           | 2020          | 2010               | 2020           | 2010           | 2020           |
| EU-15                    | 25.340         | 23.902        | 24.767             | 45.090         | 50.107         | 68.992         |
| EU+10                    | 6.042          | 5.882         | 8.206              | 10.869         | 14.248         | 16.751         |
| EU+3                     | 3.500          | 2.675         | 5.600              | 6.121          | 9.100          | 8.796          |
| GUS                      | 22.238         | 20.804        | 24.906             | 41.480         | 47.143         | 62.284         |
| <b>SUMME</b>             | <b>57.120</b>  | <b>53.263</b> | <b>63.478</b>      | <b>103.560</b> | <b>120.598</b> | <b>156.823</b> |

Quelle: eigene Berechnungen nach IE (2007)

Die Realisierung der Potenziale im Jahr 2020 würde somit in der EU-15 *jährlich* knapp 70 Milliarden Euro an zusätzlicher Wertschöpfung bedeuten, wobei  $\frac{2}{3}$  von den Anbaubiomassen und rund  $\frac{1}{3}$  von den biogenen Reststoffen ausgelöst würden.

In der EU+10 wären es im Jahr 2020 jährlich knapp 17 Milliarden Euro, in der EU+3 immer noch knapp 9 Milliarden Euro, während die GUS-Länder mit über 62 Milliarden Euro fast den Wert der EU-15 erreichen würden.

## 2.2 Netto-Bilanzierung der Wertschöpfung

Die o.g. zusätzliche Wertschöpfung erfolgt unabhängig davon, ob ggf. Erdgas ersetzt wird. Um jedoch den Substitutionsfall gegenüber russischem Erdgas zu illustrieren, wurde eine Nettobilanz der Wertschöpfung berechnet, bei der angenommen wurde, dass jeweils in der Länderregion Erdgas (zu Bezugspreisen ohne Steuern) durch das Biomethan ersetzt würde.

Für die EU-15 wurde dabei mit 2,5 €/GJ Erdgas gerechnet, für die EU+10 mit 2,2 €/GJ und für die EU+3 mit 1,8 €/GJ sowie für die GUS mit 1,4 €/GJ.

Das Ergebnis dieser Substitutionsbilanz zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 6 *Nettobilanz der zusätzlichen Wertschöpfung bei Ersatz von Erdgas durch Biomethan*

| <b>insgesamt, Mio €a</b> | <b>2010</b>   | <b>2020</b>   |
|--------------------------|---------------|---------------|
| EU-15                    | 11.453        | 17.101        |
| EU+10                    | 4.336         | 5.237         |
| EU+3                     | 4.230         | 4.171         |
| GUS                      | 26.507        | 36.128        |
| <b>SUMME</b>             | <b>46.526</b> | <b>62.637</b> |

Quelle: eigene Berechnungen nach IE (2007)

Die EU-15 könnte bis 2020 eine zusätzliche Netto-Wertschöpfung von jährlich 17 Mrd. € realisieren, die EU+10-Staaten etwas mehr als 5 Mrd. € und die EU+3 mehr als 4 Mrd. €, während die GUS noch über 36 Mrd. € an zusätzlicher jährlicher Netto-Wertschöpfung realisieren könnte.

### 2.3 Beschäftigungseffekte durch die Biomethan-Strategie

Durch die Umsetzung der Biomethanpotenziale würde nicht nur zusätzliche Wertschöpfung induziert, sondern auch Beschäftigungseffekte ausgelöst. Dabei würden sowohl

- *direkte* Beschäftigungseffekte über den Betrieb der Anlagen und die Bereitstellung der Inputs als auch
- *indirekte* Beschäftigungseffekte durch die Investition in die Anlagen und die Ausgaben für Wartung/Instandhaltung

entstehen.

Im Folgenden werden diese Effekte quantifiziert, wobei wiederum die Stoffstromanalyse für die direkten Effekte und ergänzend die *monetäre* Input-Output-Bilanzierung für die indirekten Effekte verwendet wird.

Die Bereitstellung der Inputs (Rohstoffe) für die Biomethan-Anlagen induziert die in der folgenden Tabelle gezeigten direkten und indirekten Beschäftigungseffekte (jeweils für volle Potenzialnutzung).

Tabelle 7 Direkte und indirekte Beschäftigungseffekte der Bereitstellung von Rohstoffen für die Biomethan-Anlagen

|                            | Exkremente      |              | Einstreu       |      | Energiepflanzen         |                | Summe          |                |
|----------------------------|-----------------|--------------|----------------|------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                            | 2010            | 2020         | 2010           | 2020 | 2010                    | 2020           | 2010           | 2020           |
| <b>Biogas,<br/>Pers./a</b> |                 |              |                |      |                         |                |                |                |
| EU-15                      | -               | -            | -              | -    | 38.205                  | 69.860         | 38.205         | 69.860         |
| EU+10                      | -               | -            | -              | -    | 19.415                  | 24.865         | 19.415         | 24.865         |
| EU+3                       | -               | -            | -              | -    | 20.226                  | 20.975         | 20.226         | 20.975         |
| GUS                        | -               | -            | -              | -    | 88.479                  | 147.409        | 88.479         | 147.409        |
| <b>SUMME</b>               | -               | -            | -              | -    | <b>166.325</b>          | <b>263.109</b> | <b>166.325</b> | <b>263.109</b> |
|                            |                 |              |                |      |                         |                |                |                |
|                            | Forstwirtschaft |              | Holzwirtschaft |      | Landwirtschaft<br>(KUP) |                | Summe          |                |
|                            | 2010            | 2020         | 2010           | 2020 | 2010                    | 2020           | 2010           | 2020           |
| <b>Holz,<br/>Pers./a</b>   |                 |              |                |      |                         |                |                |                |
| EU-15                      | 6.347           | 5.699        | -              | -    | 5.662                   | 9.978          | 12.010         | 15.677         |
| EU+10                      | 1.946           | 1.851        | -              | -    | 2.567                   | 4.194          | 4.512          | 6.045          |
| EU+3                       | 1.031           | 635          | -              | -    | 1.045                   | 1.986          | 2.076          | 2.621          |
| GUS                        | -               | -            | -              | -    | 5.749                   | 9.538          | 5.749          | 9.538          |
| <b>SUMME</b>               | <b>9.324</b>    | <b>8.185</b> | -              | -    | <b>15.023</b>           | <b>25.695</b>  | <b>24.347</b>  | <b>33.880</b>  |

Quelle: eigene Berechnungen mit GEMIS 4.4

Die Beschäftigungswirkung bei Exkrementen und Einstreu sowie Restholz aus der Holzwirtschaft sind Null, da diese Stoffe „ohnehin“ anfallen.

Bei den o.g. Beschäftigungsdaten *überwiegend die direkten* Beschäftigungseffekte sehr stark (> 95%), da alle anderen Inputs (Investitionen, Hilfsstoffe) vergleichsweise kleine Beschäftigungseffekte bewirken.

Dies ist beim Bau und Betrieb der Anlagen zur Biomethan-Bereitstellung deutlich anders, wie die folgende Tabelle zeigt.

*Tabelle 8 Direkte und indirekte sowie gesamte Beschäftigungswirkung für Bau und Betrieb der Biogas-Anlagen*

| Pers./a<br>(gesamt)   | für Exkremente |                | für Einstreu  |               | für Energiepflanzen |                  | Summe            |                  |
|-----------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
|                       | 2010           | 2020           | 2010          | 2020          | 2010                | 2020             | 2010             | 2020             |
| EU-15                 | 118.023        | 119.138        | 9.107         | 9.107         | 409.827             | 749.398          | 536.957          | 877.644          |
| EU+10                 | 19.701         | 20.073         | 1.487         | 1.487         | 142.371             | 182.331          | 163.559          | 203.891          |
| EU+3                  | 17.843         | 19.887         | 1.301         | 1.487         | 90.329              | 93.675           | 109.473          | 115.049          |
| GUS                   | 21.746         | 21.746         | 2.788         | 1.859         | 395.144             | 658.326          | 419.678          | 681.930          |
| <b>SUMME</b>          | <b>177.313</b> | <b>180.844</b> | <b>14.683</b> | <b>13.940</b> | <b>1.037.671</b>    | <b>1.683.730</b> | <b>1.229.668</b> | <b>1.878.514</b> |
|                       |                |                |               |               |                     |                  |                  |                  |
| Pers./a<br>(direkt)   | für Exkremente |                | für Einstreu  |               | für Energiepflanzen |                  | Summe            |                  |
|                       | 2010           | 2020           | 2010          | 2020          | 2010                | 2020             | 2010             | 2020             |
| EU-15                 | 50.881         | 51.362         | 3.926         | 3.926         | 176.683             | 323.077          | 231.490          | 378.365          |
| EU+10                 | 8.494          | 8.654          | 641           | 641           | 61.378              | 78.606           | 70.513           | 87.901           |
| EU+3                  | 7.692          | 8.574          | 561           | 641           | 38.942              | 40.385           | 47.196           | 49.599           |
| GUS                   | 9.375          | 9.375          | 1.202         | 801           | 170.353             | 283.814          | 180.929          | 293.990          |
| <b>SUMME</b>          | <b>76.442</b>  | <b>77.965</b>  | <b>6.330</b>  | <b>6.010</b>  | <b>447.356</b>      | <b>725.881</b>   | <b>530.128</b>   | <b>809.856</b>   |
|                       |                |                |               |               |                     |                  |                  |                  |
| Pers./a<br>(indirekt) | für Exkremente |                | für Einstreu  |               | für Energiepflanzen |                  | Summe            |                  |
|                       | 2010           | 2020           | 2010          | 2020          | 2010                | 2020             | 2010             | 2020             |
| EU-15                 | 67.141         | 67.776         | 5.181         | 5.181         | 233.145             | 426.321          | 305.467          | 499.278          |
| EU+10                 | 11.208         | 11.419         | 846           | 846           | 80.993              | 103.726          | 93.046           | 115.991          |
| EU+3                  | 10.151         | 11.314         | 740           | 846           | 51.387              | 53.290           | 62.278           | 65.450           |
| GUS                   | 12.371         | 12.371         | 1.586         | 1.057         | 224.792             | 374.512          | 238.748          | 387.940          |
| <b>SUMME</b>          | <b>100.871</b> | <b>102.880</b> | <b>8.353</b>  | <b>7.930</b>  | <b>590.316</b>      | <b>957.849</b>   | <b>699.539</b>   | <b>1.068.658</b> |

Quelle: eigene Berechnungen mit GEMIS 4.4

Tabelle 9 Direkte und indirekte sowie gesamte Beschäftigungswirkung für Bau und Betrieb der Bio-SNG-Anlagen

| Pers./a (gesamt)   | aus Forstwirtschaft |                | aus Holzwirtschaft |               | aus Landwirtschaft (KUP) |               | Summe          |                |
|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|---------------|--------------------------|---------------|----------------|----------------|
|                    | 2010                | 2020           | 2010               | 2020          | 2010                     | 2020          | 2010           | 2020           |
| EU-15              | 130.939             | 117.568        | 27.282             | 29.645        | 19.583                   | 34.507        | 177.805        | 181.721        |
| EU+10              | 40.180              | 38.222         | 4.389              | 4.930         | 7.563                    | 12.358        | 52.133         | 55.509         |
| EU+3               | 21.272              | 13.101         | 2.026              | 2.431         | 2.701                    | 5.132         | 25.999         | 20.664         |
| GUS                | 178.885             | 167.000        | 2.161              | 2.161         | 14.856                   | 24.648        | 195.902        | 193.809        |
| <b>SUMME</b>       | <b>371.276</b>      | <b>335.890</b> | <b>35.858</b>      | <b>39.167</b> | <b>44.704</b>            | <b>76.646</b> | <b>451.838</b> | <b>451.703</b> |
|                    |                     |                |                    |               |                          |               |                |                |
| Pers./a (direkt)   | aus Forstwirtschaft |                | aus Holzwirtschaft |               | aus Landwirtschaft (KUP) |               | Summe          |                |
|                    | 2010                | 2020           | 2010               | 2020          | 2010                     | 2020          | 2010           | 2020           |
| EU-15              | 13.707              | 12.307         | 2.856              | 3.103         | 2.050                    | 3.612         | 18.613         | 19.023         |
| EU+10              | 4.206               | 4.001          | 459                | 516           | 792                      | 1.294         | 5.457          | 5.811          |
| EU+3               | 2.227               | 1.371          | 212                | 254           | 283                      | 537           | 2.722          | 2.163          |
| GUS                | 18.726              | 17.482         | 226                | 226           | 1.555                    | 2.580         | 20.508         | 20.289         |
| <b>SUMME</b>       | <b>38.866</b>       | <b>35.162</b>  | <b>3.754</b>       | <b>4.100</b>  | <b>4.680</b>             | <b>8.024</b>  | <b>47.300</b>  | <b>47.286</b>  |
|                    |                     |                |                    |               |                          |               |                |                |
| Pers./a (indirekt) | aus Forstwirtschaft |                | aus Holzwirtschaft |               | aus Landwirtschaft (KUP) |               | Summe          |                |
|                    | 2010                | 2020           | 2010               | 2020          | 2010                     | 2020          | 2010           | 2020           |
| EU-15              | 117.232             | 105.261        | 24.426             | 26.542        | 17.533                   | 30.895        | 159.191        | 162.698        |
| EU+10              | 35.974              | 34.220         | 3.930              | 4.414         | 6.772                    | 11.064        | 46.675         | 49.698         |
| EU+3               | 19.045              | 11.729         | 1.814              | 2.177         | 2.418                    | 4.595         | 23.277         | 18.501         |
| GUS                | 160.159             | 149.518        | 1.935              | 1.935         | 13.301                   | 22.068        | 175.395        | 173.520        |
| <b>SUMME</b>       | <b>332.409</b>      | <b>300.728</b> | <b>32.104</b>      | <b>35.067</b> | <b>40.025</b>            | <b>68.622</b> | <b>404.538</b> | <b>404.417</b> |

Quelle: eigene Berechnungen mit GEMIS 4.4

Werden nun die direkten und indirekten Beschäftigungseffekte der Bereitstellung der Rohstoffe sowie die der Biomethan-Anlagen addiert, so ergeben sich die Gesamteffekte (vgl. folgende Tabelle).



Tabelle 10 Gesamte Beschäftigungseffekte der Biomethanbereitstellung

| Biogas,<br>Pers./a  | für Exkrememente    |                | für Einstreu       |               | für Energiepflanzen         |                  | Summe            |                  |
|---------------------|---------------------|----------------|--------------------|---------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                     | 2010                | 2020           | 2010               | 2020          | 2010                        | 2020             | 2010             | 2020             |
| EU-15               | 118.023             | 119.138        | 9.107              | 9.107         | 448.032                     | 819.258          | 575.162          | 947.504          |
| EU+10               | 19.701              | 20.073         | 1.487              | 1.487         | 161.786                     | 207.196          | 182.974          | 228.756          |
| EU+3                | 17.843              | 19.887         | 1.301              | 1.487         | 110.555                     | 114.650          | 129.699          | 136.024          |
| GUS                 | 21.746              | 21.746         | 2.788              | 1.859         | 483.623                     | 805.735          | 508.157          | 829.339          |
| <b>SUMME</b>        | <b>177.313</b>      | <b>180.844</b> | <b>14.683</b>      | <b>13.940</b> | <b>1.203.996</b>            | <b>1.946.839</b> | <b>1.395.992</b> | <b>2.141.623</b> |
|                     |                     |                |                    |               |                             |                  |                  |                  |
| Bio-SNG,<br>Pers./a | aus Forstwirtschaft |                | aus Holzwirtschaft |               | aus Landwirtschaft<br>(KUP) |                  | Summe            |                  |
|                     | 2010                | 2020           | 2010               | 2020          | 2010                        | 2020             | 2010             | 2020             |
| EU-15               | 137.286             | 123.267        | 27.282             | 29.645        | 25.246                      | 44.485           | 189.814          | 197.398          |
| EU+10               | 42.126              | 40.072         | 4.389              | 4.930         | 10.130                      | 16.552           | 56.645           | 61.554           |
| EU+3                | 22.303              | 13.736         | 2.026              | 2.431         | 3.746                       | 7.118            | 28.075           | 23.285           |
| GUS                 | 178.885             | 167.000        | 2.161              | 2.161         | 20.605                      | 34.186           | 201.651          | 203.347          |
| <b>SUMME</b>        | <b>380.599</b>      | <b>344.075</b> | <b>35.858</b>      | <b>39.167</b> | <b>59.728</b>               | <b>102.341</b>   | <b>476.185</b>   | <b>485.583</b>   |

Quelle: eigene Berechnungen mit GEMIS 4.4

Die Summe der Beschäftigungseffekte für die Biomethanbereitstellung nach Reststoffen und Energiepflanzenanbau zeigt die folgende Tabelle.

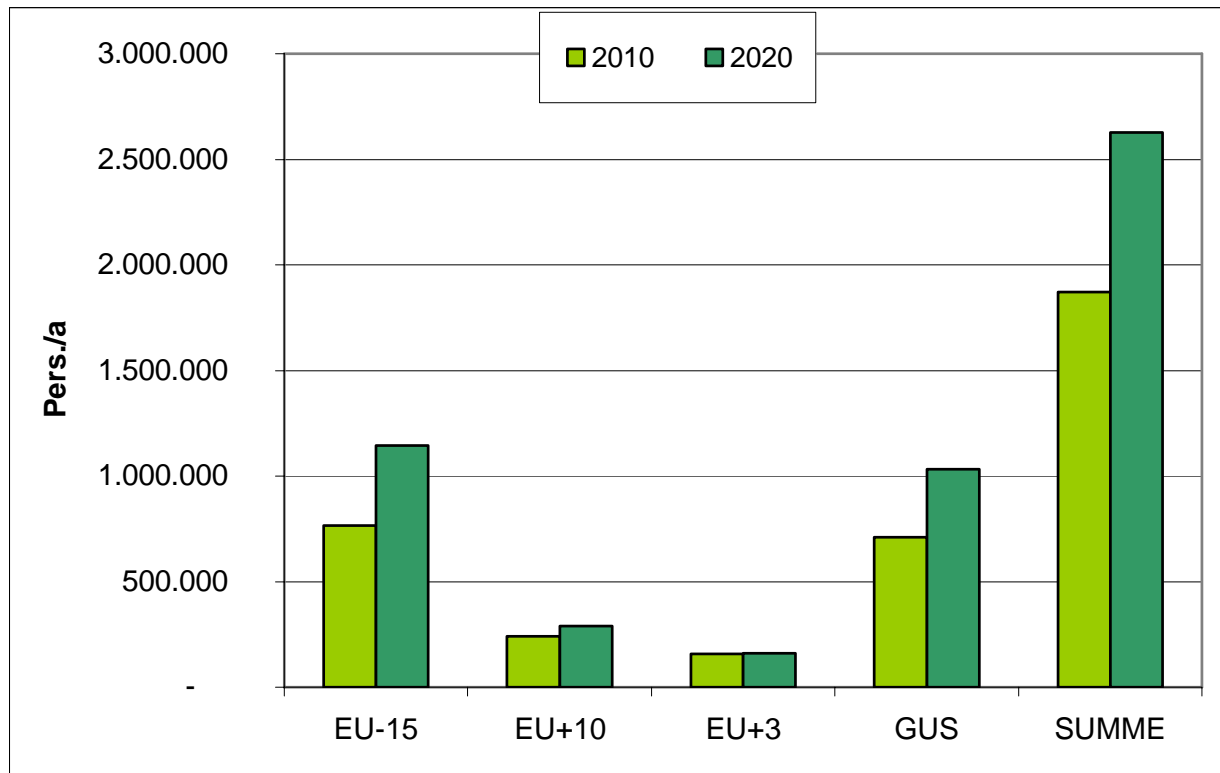
Tabelle 11 Summe der Beschäftigungseffekte für die Biomethanbereitstellung

| insgesamt,<br>Pers./a | Reststoffe     |                | Anbau            |                  | Summe            |                  |
|-----------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                       | 2010           | 2020           | 2010             | 2020             | 2010             | 2020             |
| EU-15                 | 291.698        | 281.158        | 473.278          | 863.744          | 764.976          | 1.144.902        |
| EU+10                 | 67.703         | 66.562         | 171.916          | 223.748          | 239.619          | 290.310          |
| EU+3                  | 43.472         | 37.541         | 114.302          | 121.768          | 157.774          | 159.309          |
| GUS                   | 205.580        | 192.765        | 504.228          | 839.920          | 709.808          | 1.032.686        |
| <b>SUMME</b>          | <b>608.454</b> | <b>578.026</b> | <b>1.263.724</b> | <b>2.049.180</b> | <b>1.872.177</b> | <b>2.627.206</b> |

Quelle: eigene Berechnungen mit GEMIS 4.4

Die Verteilung der Beschäftigungseffekte über die Zeit und Ländergruppen zeigt die folgende Grafik im Überblick.

Bild 3 Gesamte Beschäftigungseffekte der Biomethan-Strategie



Quelle: eigene Berechnungen mit GEMIS 4.4

Sowohl in der EU-15 als auch den GUS-Staaten könnte die – hypothetische - vollständige Potenzialumsetzung bis 2010 jeweils fast eine *Dreiviertel Million zusätzlicher* Beschäftigte bewirken und bis 2020 sogar jeweils deutlich *über eine Million Jobs*.

Dieses Ergebnis ist auch weitestgehend *unabhängig* davon, ob eine *Nettobilanz* unter Einrechnung substituierter Beschäftigung in der Erdgasindustrie (Gasbereitstellung) angenommen wird, da die spezifischen Beschäftigungswirkungen der Erdgasbereitstellung um mehr als den Faktor 10 *unter* denen der Biomethanbereitstellung liegt.

## 2.4 Weitere volkswirtschaftliche Aspekte von Biomethan

Aufgrund der großen Beschäftigungseffekte sollten in der volkswirtschaftlichen Beurteilung nicht allein die Bereitstellungskosten (vgl. IE 2007) berücksichtigt werden, sondern auch die indirekten Wirkungen der zusätzlichen Wertschöpfung und Beschäftigung auf die Staatshaushalte – dazu im Folgenden einige Beispiele.

### 2.4.1 Effekte durch die Mehrwertsteuer

Je Euro Wertschöpfung kann in der EU-15 von derzeit durchschnittlich 20% Mehrwertsteuer ausgegangen werden, was sich bis 2020 auf 25% erhöhen dürfte.

Aus dem zusätzlichen Mehrwert der Biomethanstrategie ergäben sich daraus staatliche Mehreinnahmen allein für die EU-15 von über 2 Mrd. €/a in 2010 bzw. über 4 Mrd. €/a in 2020. Für das Gesamtpotenzial ergäbe sich – bei regional differenzierter MWSt. – gesamte Mehreinnahmen der Staaten von fast 7 Mrd. € in 2010 bzw. fast 12 Mrd. € in 2020.

Allein dieser Effekt würde, umgerechnet auf die Biomethanpotenziale, je nach Ländergruppe in 2010 zwischen 0,4 bis 0,7 €/GJ Biomethan bzw. 0,6 bis 0,9 €/GJ Biomethan bis 2020 liegen (0,1 – 0,2 €cent/kWh in 2010 bzw. 0,2 – 0,3 €cent/kWh in 2020).

#### **2.4.2 Effekte durch die Lohnsteuer und Sozialabgaben**

Je Beschäftigtem in der EU-15 kann weiterhin von einer *zusätzlichen* staatlichen Einnahme an Lohnsteuer und Sozialabgaben von *mindestens* 20.000 €/a ausgegangen werden (je 20% Lohnsteuer + Sozialabgaben), womit sich allein daraus staatliche Mehreinnahmen in der EU-15 von über 15 Mrd. € in 2010 bzw. 23 Mrd. € in 2020 ergäben. Bezogen auf das Biomethanpotenzial der EU-15 sind dies in 2010 fast 3 €/GJ (bzw. 1 €cent/kWh) und in 2020 über 3 €/GJ (bzw. über 1 €cent/kWh) an *zusätzlichem Nutzen*.

#### **2.4.3 Effekte durch vermiedene Treibhausgase**

Wird schließlich der monetäre „Wert“ der Treibhausgaseinsparung gegenüber Erdgas (vgl. nächstes Kapitel) hinzugerechnet, der mit 20 €/t CO<sub>2</sub> (2010) bzw. 30 €/t CO<sub>2</sub> (2020) angenommen werden kann, so ergäben sich für 2010 weitere 1,4 €/GJ (bzw. 0,5 €cent/kWh) sowie in 2020 etwa 2,1 €/GJ (bzw. 0,8 €cent/kWh) aus dem „Wert“ der vermiedenen THG-Emissionen bei der Substitution von Erdgas.

#### **2.4.4 Gesamte volkswirtschaftliche Zusatzeffekte**

Werden diese gesamten volkswirtschaftlichen Zusatzeffekte saldiert, so ergeben sich allein für die EU-15 jährliche Mehreinnahmen von über 25 Mrd. € in 2010 bzw. fast 43 Mrd. € in 2020, dies sind spezifisch fast 5 €/GJ Biomethan (1,7 €cent/kWh) in 2010 bzw. fast 6 €/GJ in 2020 (2,1 €cent/kWh).

Wird dies von den Gestehungskosten von Biomethan nach IE (2007) abgezogen, so verbleiben für die günstigen Fälle etwa 5 €cent/kWh Biomethan als volkswirtschaftlichem „Nettopreis“.

Gegenüber dem *heutigen* Erdgaspreis (ohne Steuern) in der EU-15 von ca. 2,5 €cent/kWh ist dies immer noch fast eine Verdopplung.

Jedoch kann u.E. bei weiter steigenden Preisen für Erdgas und fortschreitenden Lerneffekten für die Biomethanbereitstellung von einer *langfristigen volkswirtschaftlichen Angleichung* ausgegangen werden.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht zu den hier als Beispiele bestimmten indirekten monetären Wirkungen für die Staatshaushalte.

Tabelle 12 Monetäre Zusatzeffekte der Biomethanstrategie auf die Staathaushalte

|              | MWSt (nur netto), Mio. € |               | spezifisch €/GJ |      | spezifisch €cent/kWh |      |
|--------------|--------------------------|---------------|-----------------|------|----------------------|------|
|              | 2010                     | 2020          | 2010            | 2020 | 2010                 | 2020 |
| EU-15        | 2.291                    | 4.275         | 0,4             | 0,6  | 0,1                  | 0,2  |
| EU+10        | 759                      | 1.309         | 0,5             | 0,7  | 0,2                  | 0,2  |
| EU+3         | 635                      | 834           | 0,7             | 0,9  | 0,2                  | 0,3  |
| GUS          | 3.313                    | 5.419         | 0,6             | 0,8  | 0,2                  | 0,3  |
| <b>Summe</b> | <b>6.997</b>             | <b>11.838</b> |                 |      |                      |      |
|              |                          |               |                 |      |                      |      |
|              | Lohnst.+Sozial, Mio. €   |               | spezifisch €/GJ |      | spezifisch €cent/kWh |      |
|              | 2010                     | 2020          | 2010            | 2020 | 2010                 | 2020 |
| EU-15        | 15.300                   | 22.898        | 2,8             | 3,1  | 1,0                  | 1,1  |
| EU+10        | 3.211                    | 5.806         | 1,9             | 3,0  | 0,7                  | 1,1  |
| EU+3         | 1.578                    | 2.135         | 1,6             | 2,3  | 0,6                  | 0,8  |
| GUS          | 5.678                    | 10.327        | 1,1             | 1,6  | 0,4                  | 0,6  |
| <b>Summe</b> | <b>25.767</b>            | <b>41.166</b> |                 |      |                      |      |
|              |                          |               |                 |      |                      |      |
|              | CO2-Wert, Mio. €         |               | spezifisch €/GJ |      | spezifisch €cent/kWh |      |
|              | 2010                     | 2020          | 2010            | 2020 | 2010                 | 2020 |
| EU-15        | 7.731                    | 15.567        | 1,4             | 2,1  | 0,5                  | 0,8  |
| EU+10        | 2.313                    | 4.030         | 1,4             | 2,1  | 0,5                  | 0,8  |
| EU+3         | 1.364                    | 1.943         | 1,4             | 2,1  | 0,5                  | 0,8  |
| GUS          | 7.223                    | 13.732        | 1,4             | 2,1  | 0,5                  | 0,8  |
| <b>Summe</b> | <b>18.630</b>            | <b>35.272</b> |                 |      |                      |      |
|              |                          |               |                 |      |                      |      |
|              | Staat gesamt, Mio. €     |               | spezifisch €/GJ |      | spezifisch €cent/kWh |      |
|              | 2010                     | 2020          | 2010            | 2020 | 2010                 | 2020 |
| EU-15        | 25.321                   | 42.741        | 4,6             | 5,8  | 1,7                  | 2,1  |
| EU+10        | 6.282                    | 11.145        | 3,8             | 5,8  | 1,4                  | 2,1  |
| EU+3         | 3.576                    | 4.911         | 3,7             | 5,3  | 1,3                  | 1,9  |
| GUS          | 16.214                   | 29.478        | 3,1             | 4,5  | 1,1                  | 1,6  |
| <b>Summe</b> | <b>51.394</b>            | <b>88.275</b> |                 |      |                      |      |

Quelle: eigene Berechnungen; Angaben bezogen auf den unteren Heizwert (H<sub>u</sub>)

Es ist festzuhalten, dass die obigen Beispiele *als solche* zu verstehen sind – es war nicht Aufgabe dieser Kurzstudie, eine detaillierte Bilanzierung der volkswirtschaftlichen Gesamteffekte oder der langfristigen Gleichgewichtspreise durchzuführen.

Die indikative Darstellung der Zusatzeffekte erfolgte, um *eine Größenordnung* der zusätzlichen Effekte abzuschätzen und nur in diesem Sinne sind die genannten Werte zu verstehen.

## 2.5 Zusammenfassung zur sozioökonomischen Analyse

Die Umsetzung der Biomethan-Potenziale in Europa hätte erhebliche positive Effekte auf die Volkswirtschaften:

- Die *zusätzliche Netto-Wertschöpfung* läge im Jahr 2010 in der EU-15 bei 11,5 Milliarden €, in den anderen EU-Staaten (EU+10 sowie EU+3) bei 8,5 Mrd. € und in den betrachteten GUS-Staaten bei 26,5 Mrd. €. Diese Werte würden bis 2020 auf über 17 Mrd. € für die EU-15, über 9 Mrd. € für die anderen EU-Staaten und über 36 Mrd. € für die GUS-Staaten ansteigen. Die Netto-Summen lägen bei rund 47 Mrd. € (2010) bzw. 63 Mrd. € (2020).
- Die *zusätzliche Brutto-Wertschöpfung* (ohne Verrechnung von substituiertem Erdgas) läge deutlich höher – allein über 50 Mrd. € in der EU-15 und 47 Mrd. € in der GUS (2010) bzw. 69 Mrd. € in der EU-15 und 62 Mrd. € in der GUS (2020). Die Brutto-Summen lägen bei über 120 Mrd. € (2010) bzw. knapp 157 Mrd. € (2020).
- Die *zusätzlichen direkten und indirekten Beschäftigungseffekte* durch die Biomethanbereitstellung könnten bis 2010 insgesamt fast 2 Millionen neue Jobs schaffen, davon rund eine  $\frac{3}{4}$  Million allein in der EU-15 und ca. 710.000 in den GUS-Staaten. Bis 2020 würden diese Werte auf insgesamt gut 2,7 Millionen Beschäftigte ansteigen, davon gut 1,1 Millionen in der EU-15 und 1 Million in den GUS-Staaten.
- Diese Beschäftigungseffekte beruhen zu rund 40% auf *direkten* Beschäftigungseffekten, die vorwiegend im strukturschwachen ländlichen Raum entstünden. Die anderen 60% sind hochqualifizierte Jobs vor allem in der Investitionsgüterindustrie (Anlagenbau) und dem Handwerk (Wartung).
- Eine Abschätzung der staatlichen Mehreinnahmen durch die Biomethanstrategie ergab, dass sich alleine durch die *zusätzliche Mehrwertsteuer* gut 7 Mrd. € (2010) bzw. 12 Mrd. € (2020) ergäben. Die *zusätzlichen Einnahmen aus Lohnsteuer und Sozialabgaben* würden weitere 26 Mrd. € (2010) bzw. 41 Mrd. € (2020) erbringen, wobei allein in der EU-15 über 15 Mrd. € (2010) bzw. 23 Mrd. € (2020) zu bilanzieren wären.
- Wird der monetäre Effekt der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen (Handelswert) noch einbezogen, so ergäben sich insgesamt staatliche Mehreinnahmen von über 51 Mrd. € bis 2010 und über 88 Mrd. € bis 2020. Davon entfielen auf die EU-15 über 25 Mrd. € (2010) bzw. 43 Mrd. € (2020).

Diese volkswirtschaftlichen „Nebeneffekte“ könnten die Gestehungskosten von Biomethan um ca. 3-6 €/GJ (1-2 ¢cent/kWh) senken bzw. stünden für *kostenneutrale* Markteinführungsprogramme (Förderung, Einspeisetarife usw.) zur Verfügung.

### 3 Umwelteffekte der Bereitstellung von Strom und Wärme

In *Ergänzung* der Aufgabenstellung der Kurzstudie wird im folgenden Kapitel eine kurze Analyse der Umwelteffekte einer Biomethanstrategie durchgeführt.

#### 3.1 Umwelteffekte der konventionellen Strom- und Wärmebereitstellung

Die Umwelteffekte der Stromerzeugung sind in Belarus, Russland und der Ukraine gegenüber dem Mix der bundesdeutschen Stromerzeugung sehr unterschiedlich, wie die folgende Tabelle zeigt.

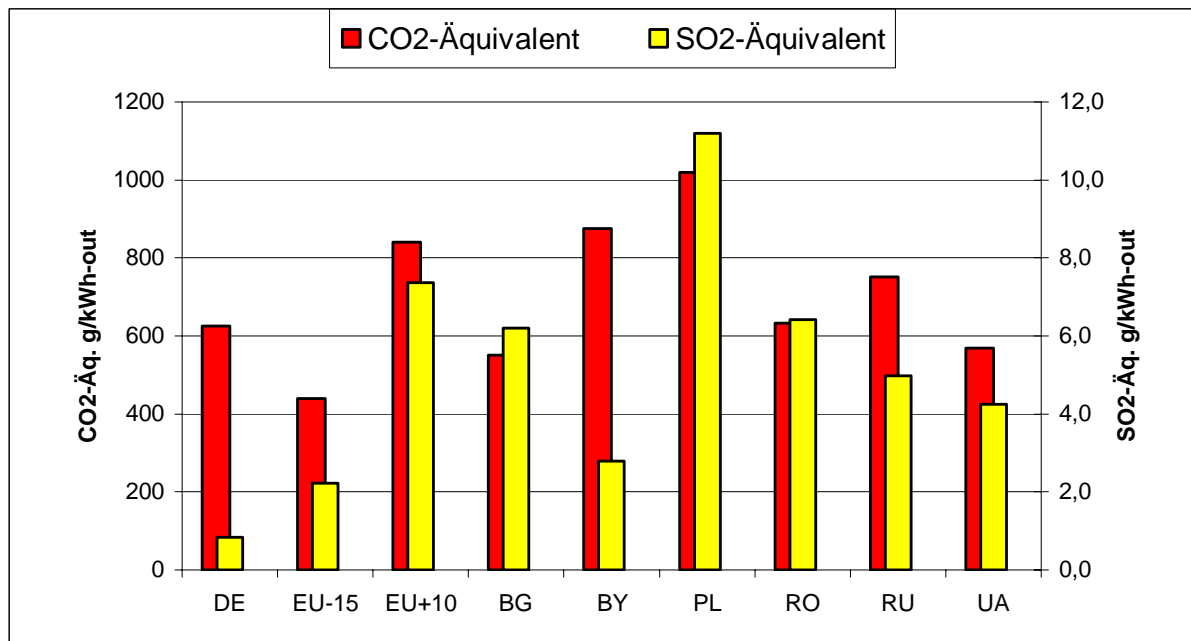
*Tabelle 13 Bilanzen zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen für die heutige Bereitstellung von Strom in europäischen Ländern*

|       | [g/kWh <sub>out</sub> ]     |                             |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|
|       | CO <sub>2</sub> -Äquivalent | SO <sub>2</sub> -Äquivalent |
| DE    | 626                         | 0,8                         |
| EU-15 | 439                         | 2,2                         |
| EU+10 | 840                         | 7,4                         |
| BG    | 551                         | 6,2                         |
| BY    | 875                         | 2,8                         |
| PL    | 1020                        | 11,2                        |
| RO    | 633                         | 6,4                         |
| RU    | 752                         | 5,0                         |
| UA    | 569                         | 4,2                         |

Quelle: GEMIS 4.4

Die Verhältnisse der THG- und Luftschadstoff-Emissionen bei der Stromerzeugung zeigt die folgende Abbildung nochmals im Überblick.

**Bild 4** Bilanzen zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen für die heutige Bereitstellung von Strom in europäischen Ländern



Quelle: Berechnung des Öko-Instituts mit GEMIS 4.4

Da Biomethan jedoch vorrangig in der *gekoppelten* Strom- und Wärmebereitstellung (KWK) eingesetzt werden sollte, muss auch die Wärmebereitstellung mit berücksichtigt werden.

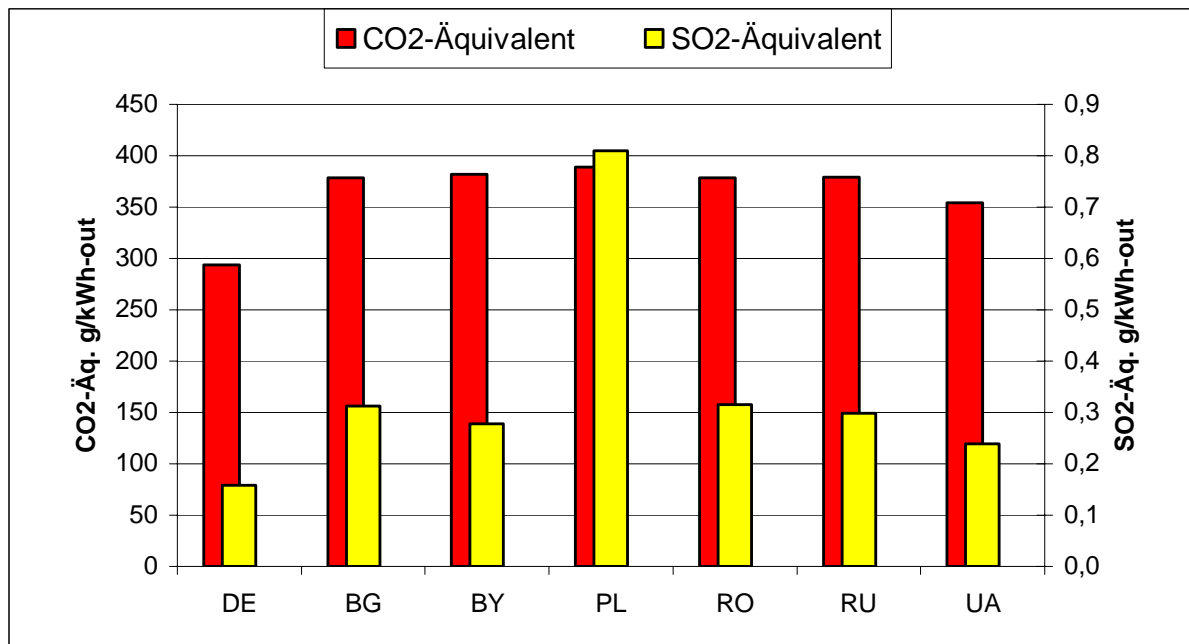
**Tabelle 14** Bilanzen zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen für die heutige Bereitstellung von Wärme aus Gasheizungen in europäischen Ländern

|    | [g/kWh <sub>out</sub> ]     |                             |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
|    | CO <sub>2</sub> -Äquivalent | SO <sub>2</sub> -Äquivalent |
| DE | 294                         | 0,2                         |
| BG | 378                         | 0,3                         |
| BY | 382                         | 0,3                         |
| PL | 389                         | 0,8                         |
| RO | 379                         | 0,3                         |
| RU | 379                         | 0,3                         |
| UA | 354                         | 0,2                         |

Quelle: Berechnung des Öko-Instituts mit GEMIS 4.4

Diese Bilanz zeigt, dass die Gasheizungen sowohl im Hinblick auf die THG- wie auch die Luftschadstoffemissionen günstiger liegt als in den Vergleichsländern.

Bild 5 Bilanzen zu Treibhausgasen und Luftschadstoffen für die heutige Bereitstellung von Wärme aus Gasheizungen in europäischen Ländern



Quelle: Berechnung des Öko-Instituts mit GEMIS 4.4

Der hohe Wert für SO<sub>2</sub>-Äquivalente in Polen ergibt sich aus den noch unentschwefelten Braunkohlekraftwerken mit hohen SO<sub>2</sub>-Emissionen, die indirekt über den Hilfsstrom für die Gasheizung „durchschlagen“. Im Zuge des Baus von Rauchgasentschwefelungsanlagen und der Stilllegung von Altkraftwerken wird sich dies bis 2020 jedoch deutlich reduzieren.

### 3.2 Umwelteffekte der Bereitstellung von Biomethan

Ergänzend wurden Umweltbilanzen für die Bereitstellung von Biomethan in den Beispielländern frei Verbraucher (Herstellung, Aufbereitung, Transport usw.) mit GEMIS bestimmt.

Die folgende Tabelle zeigt diese Umweltbilanzen für die Bereitstellung von Biomethan in den Ländern sowie für den Export nach Deutschland (DE) im Vergleich zur Bereitstellung in DE.



Tabelle 15 Umweltbilanz der Bereitstellung von Biomethan

|        | Biogas [g/kWh <sub>out</sub> ] |                             | Bio-SNG [g/kWh <sub>out</sub> ] |                             |
|--------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|        | CO <sub>2</sub> -Äquivalent    | SO <sub>2</sub> -Äquivalent | CO <sub>2</sub> -Äquivalent     | SO <sub>2</sub> -Äquivalent |
| DE     | 205                            | 1,0                         | 29                              | 0,1                         |
| BG     | 160                            | 1,2                         | 35                              | 0,2                         |
| BY     | 199                            | 1,0                         | 32                              | 0,2                         |
| PL     | 205                            | 1,4                         | 32                              | 0,2                         |
| RO     | 165                            | 1,2                         | 35                              | 0,2                         |
| RU     | 191                            | 1,2                         | 32                              | 0,2                         |
| UA     | 179                            | 1,1                         | 32                              | 0,2                         |
| aus-BG | 163                            | 1,2                         | 38                              | 0,2                         |
| aus-BY | 201                            | 1,0                         | 34                              | 0,2                         |
| aus-PL | 210                            | 1,4                         | 37                              | 0,2                         |
| aus-RO | 190                            | 1,2                         | 59                              | 0,3                         |
| aus-RU | 246                            | 1,3                         | 86                              | 0,3                         |
| aus-UA | 203                            | 1,2                         | 55                              | 0,2                         |

Quelle: Berechnung des Öko-Instituts mit GEMIS 4.4; Kostendaten vorläufig!

Die Bio-SNG-Herstellung ist günstiger als die Biogasbereitstellung, was überwiegend an der höheren Effizienz der Vergasung und geringeren Aufwänden für Holz im Kurzumtrieb liegt.

Diese Gegenüberstellung zeigt weiter, dass der Effekt des Transports von Biomethan beim „Import“-Fall gegenüber der inländischen Bereitstellung kaum eine Rolle spielt. Beim Transport des Gases aus den Exportländern erhöhen sich zwar die Emissionen – in Abhängigkeit von der Entfernung – gegenüber der inländischen Bereitstellung, jedoch sind dies absolut gesehen geringe Beträge.

Vergleicht man diese Bereitstellungsemissionen jedoch mit denen z.B. einer Gasheizung (vgl. Tabelle 14), zeigt sich deutlich, dass trotz dieser Aufwände eine relativ große Einsparung durch importiertes Biomethan möglich wäre.

### 3.3 Umwelteffekte bei der Nutzung von Biomethan für Strom und Wärme

Zur effizienten Nutzung sollte Biomethan vorrangig in KWK-Anlagen eingesetzt werden. Daher wurde ergänzend ein Vergleich der Effekte des Einsatzes von Biomethan aus den Beispielländern in KWK-Anlagen in diesen Ländern gegenüber dem Export des Biogases nach DE und dem hiesigen Einsatz in KWK-Anlagen bilanziert.

Im *Referenzfall (REF)* wird jeweils die Strom- bzw. Wärmenachfrage durch das *nationale Kraftwerksmix* bzw. eine Gasheizung gedeckt.

Um diesen Referenzfall mit der Biomethannutzung in KWK zu vergleichen, wurde als Basis für jedes Land die Bereitstellung von 1 kWh Strom + 2 kWh Wärme angesetzt, da dieses Verhältnis typisch für die dezentrale KWK mit Biogas (Gasmotoren) ist<sup>7</sup>.

Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis.

*Tabelle 16 Umweltbilanz der Bereitstellung von Strom und Wärme aus Kraftwerksmix + Gasheizung versus KWK mit Biomethan*

|                   | Bio = Biogas                |                             | Bio = Bio-SNG               |                             |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                   | CO <sub>2</sub> -Äquivalent | SO <sub>2</sub> -Äquivalent | CO <sub>2</sub> -Äquivalent | SO <sub>2</sub> -Äquivalent |
| DE-REF            | 1.213                       | 1,2                         | 1.213                       | 1,2                         |
| DE-Bio-BHKW       | 591                         | 3,3                         | 89                          | 0,8                         |
| BG-REF            | 1.196                       | 2,9                         | 1.196                       | 2,9                         |
| BG-Bio-BHKW       | 461                         | 3,7                         | 106                         | 1,0                         |
| BG-Bio-in-DE-BHKW | 471                         | 3,8                         | 115                         | 1,0                         |
| BY-REF            | 1.603                       | 7,9                         | 1.603                       | 7,9                         |
| BY-Bio-BHKW       | 574                         | 3,3                         | 97                          | 0,9                         |
| BY-Bio-in-DE-BHKW | 579                         | 3,3                         | 102                         | 0,9                         |
| PL-REF            | 1.329                       | 7,8                         | 1.329                       | 7,8                         |
| PL-Bio-BHKW       | 590                         | 4,3                         | 97                          | 0,9                         |
| PL-Bio-in-DE-BHKW | 605                         | 4,4                         | 174                         | 1,1                         |
| RO-REF            | 1.632                       | 3,4                         | 1.632                       | 3,4                         |
| RO-Bio-BHKW       | 476                         | 3,8                         | 105                         | 1,0                         |
| RO-Bio-in-DE-BHKW | 547                         | 4,0                         | 174                         | 1,1                         |
| RU-REF            | 1.778                       | 11,8                        | 1.778                       | 11,8                        |
| RU-Bio-BHKW       | 551                         | 3,7                         | 97                          | 0,9                         |
| RU-Bio-in-DE-BHKW | 708                         | 4,2                         | 250                         | 1,3                         |
| UA-REF            | 1.342                       | 6,9                         | 1.342                       | 6,9                         |
| UA-Bio-BHKW       | 517                         | 3,6                         | 97                          | 0,9                         |
| UA-Bio-in-DE-BHKW | 584                         | 3,8                         | 162                         | 1,1                         |

Quelle: Berechnung des Öko-Instituts mit GEMIS 4.4; Daten in g Emission je 1 kWh<sub>el</sub> + 2 kWh<sub>th</sub>

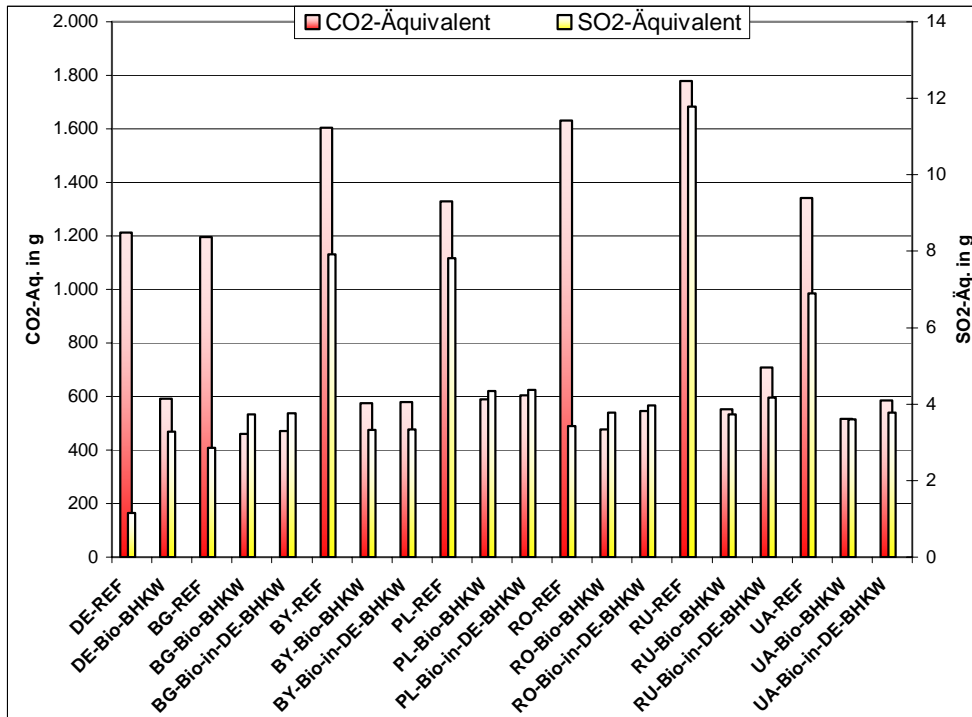
Im Referenzfall werden je nach Land zwischen 1,2 und 1,8 kg THG und zwischen 3 und 12 g an Säurebildnern emittiert, in DE sind es etwa über 1 g. Im Falle der Nutzung des Biomethans in einem BHKW in den osteuropäischen Ländern können die THG-Emissionen jeweils mehr als halbiert (Biogas) bzw. um gut 90% reduziert (Bio-SNG) und die SO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen um bis zu 90% gesenkt (Bio-SNG in RU) werden.

Würde dagegen das Biomethan nach DE exportiert und dort in einem – baugleichen! – deutschen BHKW eingesetzt, so lägen die Emissionen zwar deutlich unter der Referenz, aber in jedem Fall leicht *höher als bei der inländischen Nutzung des Biomethans*.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Verhältnisse für Biogas und Bio-SNG nochmals getrennt im Überblick.

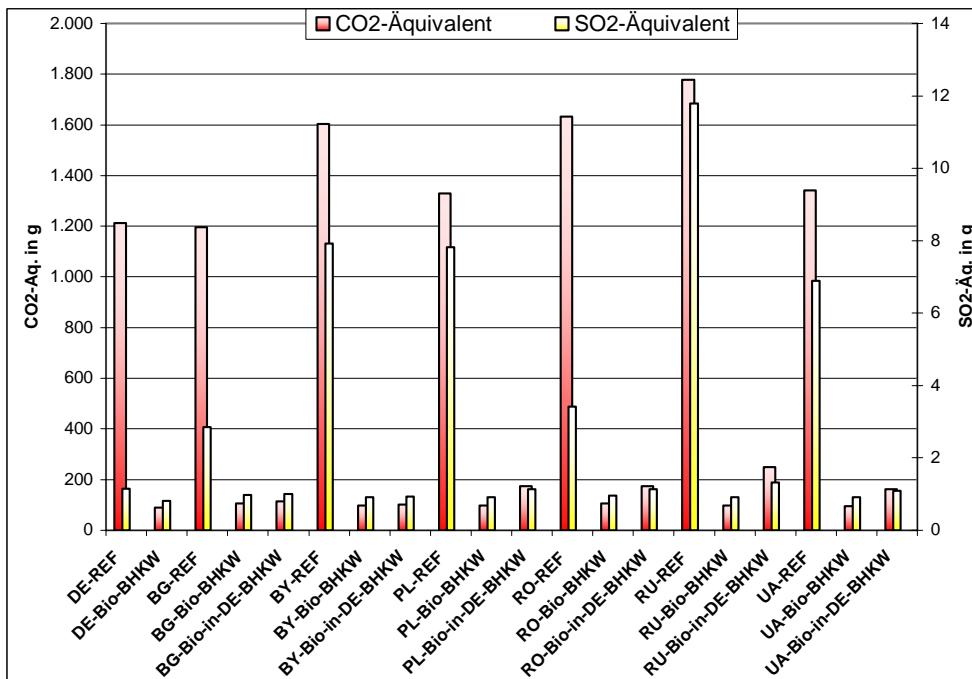
<sup>7</sup> Hier wird jeweils ein Gasmotor-BHKW mit 500 kW<sub>el</sub> für Biogas und Bio-SNG angenommen gegenüber einer 10-kW-Gasheizung und Strom aus dem nationalen Kraftwerkspark.

**Bild 6** Vergleich der Nutzung von Biogas zur Strom- und Wärmebereitstellung in KWK in osteuropäischen Ländern und DE sowie beim Import nach DE



Quelle: Berechnung des Öko-Instituts mit GEMIS 4.4

**Bild 7** Vergleich der Nutzung von Bio-SNG zur Strom- und Wärmebereitstellung in KWK in osteuropäischen Ländern und DE sowie beim Import nach DE



Quelle: Berechnung des Öko-Instituts mit GEMIS 4.4

### 3.4 Zusammenfassung zur Umweltanalyse

Diese Analyse zeigt, dass die Nutzung von Biomethan zu erheblichen Einsparungen von Treibhausgasen und z.T. Luftschadstoffen führen könnte. Würden die gesamten Potenziale von Biomethan realisiert, so läge die Einsparung gegenüber Erdgas bis 2010 bei insgesamt fast 1 Mrd. Tonnen und würde bis 2020 auf gut 1,2 Mrd. t ansteigen (siehe Tabelle).

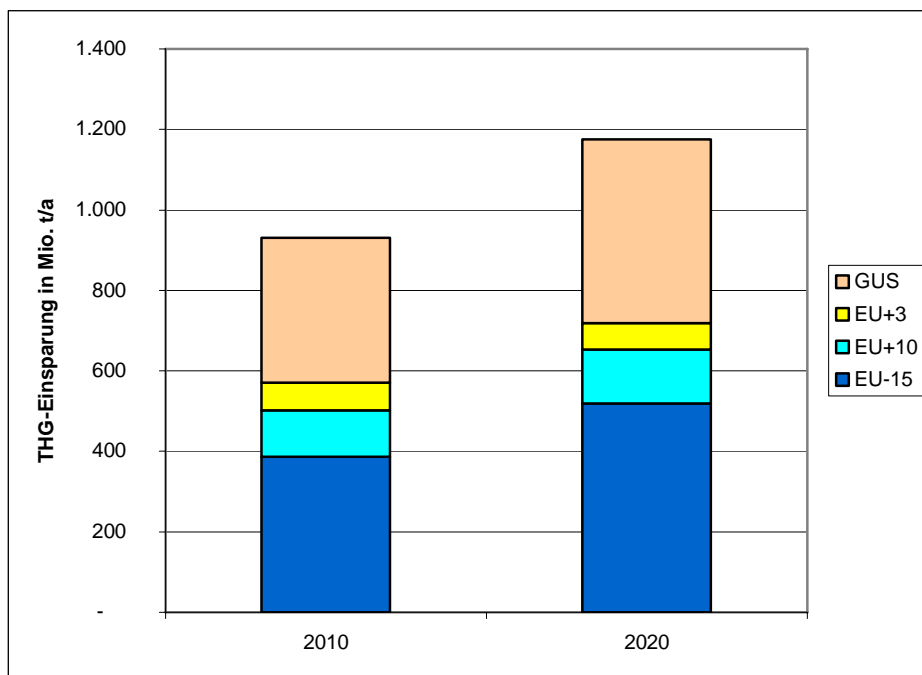
*Tabelle 17 Nettobilanz für Treibhausgase bei der Substitution von Erdgas durch Biomethan*

|              | THG-Vermeidung in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalente |              |
|--------------|---|--------------|
|              | 2010  | 2020         |
| EU-15        | 387   | 519          |
| EU+10        | 116   | 134          |
| EU+3         | 68  | 65           |
| GUS          | 361   | 458          |
| <b>Summe</b> | <b>931</b>  | <b>1.176</b> |

Quelle: eigene Berechnungen mit GEMIS 4.4

Die Anteile der Klimagaseinsparung zeigt die folgende Grafik nochmals in der Übersicht.

*Bild 8 Klimagaseinsparung bei der Substitution von Erdgas durch Biomethan*



Die größten Einsparungen würden in der EU-15 und den GUS-Staaten erzielt werden.

Gegenüber den heutigen THG-Emissionen der EU-15 von rd. 4,2 Mrd. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten könnten alleine durch die Biomethanstrategie gut 10% der Emissionen vermieden und *allein damit* das EU-Kyoto-Ziel erreicht werden. Die EU+10-Emissionen von heute etwa 750 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente könnten allein durch die Biomethanstrategie bis 2010 sogar um 15% gesenkt werden.

Dies soll verdeutlichen, welches *beachtliche Potenzial zum Klimaschutz* in den Biomethanpotenzialen liegt.

Die „heimische“ Nutzung des Biomethans schneidet aus Sicht des Klimaschutzes und der Luftschadstoffreduktion günstiger ab als ein Export (z.B. nach Deutschland), wengleich auch dies gegenüber dem Referenzfall *ohne* Biomethan bei den THG deutliche Minderungen erlaubt.

Die Beispiele zeigen, dass die Umweltbilanzen eines möglichen Biomethanhandels mit Ländern Osteuropas und der GUS gegenüber der „heimischen“ Nutzung biogener Ressourcen in den Erzeugerländern leicht ungünstiger sind, also der Biogasexport nach Deutschland keinen klaren THG-Vorteil bietet und zu (leicht) höheren Luftschadstoffemissionen führen würde als die Nutzung im Exportland.

Dennoch zeigt der Vergleich auch, dass die *absoluten* Unterschiede zwischen der heimischen Nutzung von Biogas und Bio-SNG und der „Export“-Option gering sind und die Einsparungen gegenüber den Referenz-Fällen sowohl in DE als auch in den osteuropäischen Ländern deutlich überwiegen.

Insgesamt gilt, dass die „heimische“ Biomethannutzung zwar leichte Umweltvorteile gegenüber Importvarianten (aus Osteuropa) aufweist, aber die Potenzialrestriktionen in der EU-15 die heimische Nutzung begrenzen.

Zur *weiteren* Reduktion von THG-Emissionen in der EU-15 ist ein Import von Biomethan aus *nachhaltig angebaute Biomasse sinnvoll* und würde durch den zusätzlichen Erdgas-Ersatz nicht nur die Umwelt entlasten, sondern auch die Versorgungssicherheit erhöhen sowie in den Exportländern für erhebliche Investitionen und Beschäftigungseffekte sorgen (siehe Kapitel 2).

Daher ist der Export von Biomethan *dann* aus Umweltsicht günstig, wenn er zur Realisierung der Potenziale (z.B. über Auslandsinvestitionen) dient.

Soweit die potenziellen Exportländer dem Europäischen Emissionshandelssystem für CO<sub>2</sub> angehören, ließe sich auch die „lokale“ THG-Reduktion überregional vermarkten. Entsprechend könnten auch *joint-implementation*-Projekte zwischen den EU-Ländern und den GUS-Staaten die flexiblen Instrumente des Kyoto-Protokolls nutzen, um die THG-Reduktion durch Biomethan-Nutzung in GUS-Staaten für EU-Staaten *ohne physischen* Gastransport anzurechnen.

## Literatur

- Fritsche, Uwe R. u.a. 2004: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse: Verbundprojekt unter Leitung des Öko-Instituts, wissenschaftliche Partner FhI-UMSICHT, IE Leipzig, IFEU Heidelberg, IZES Saarbrücken, TU Braunschweig und TU München, gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Projektergebnisse (Broschüre, Endbericht, Datenbasis, Infoblätter usw.) siehe [www.oeko.de/service/bio](http://www.oeko.de/service/bio)
- EEA (European Environment Agency) 2006: Environmentally compatible bioenergy potentials in the EU-25; study commissioned by the European Environment Agency (EEA), prepared by Öko-Institut/AEAT/Alterra/EFI, Darmstadt usw.
- IE (Institut für Energetik und Umwelt) 2007: Möglichkeiten einer europäischen Biogaseinspeisungsstrategie – Teil I; D. Thrän u.a., Kurzstudie i.A. der Bundestagsfraktion Bündnis90/Die GRÜNEN, Leipzig
- ÖKO (Öko-Institut - Institut für angewandte Ökologie e.V.) 2006: GEMIS Version 4.4, Internet-release auf [www.gemis.de](http://www.gemis.de) im Dezember 2006
- VIEWLS (CLEAR VIEWS on CLEAN FUELS) 2005: Biomass production potentials in Central and Eastern Europe under different scenarios; Final report of WP3 of the VIEWLS project, Jinke van Dam et al., Utrecht