

# Stellung und Bedeutung von Biogas als regenerativer Energieträger in Deutschland



Die energie- und umweltpolitischen Diskussionen in Deutschland werden seit mehr als drei Jahrzehnten durch die energiebedingten Umweltauswirkungen maßgeblich mitbestimmt. Beispielsweise fokussiert sich gegenwärtig die öffentliche Diskussion u. a. auf die möglichen Folgen des anthropogenen Treibhauseffekts. Zur Vermeidung oder zumindest zur Reduktion der energiebedingten Umweltauswirkungen gelten regenerative Energien oft als „Hoffnungsträger“.

Seit Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 hat die Erzeugung und Nutzung von Biogas, insbesondere in der Landwirtschaft, erheblich zugenommen. Unterstützt wird diese Entwicklung durch das Marktanzreizprogramm (MAP) des Bundes und diverse Investitionsförderprogramme einiger Bundesländer. Hinzu kommt, dass die Potenziale an organischen Stoffströmen, die zur Biogaserzeugung genutzt werden können, durchaus beachtlich sind. Damit liegen heute Randbedingungen vor, die erwarten lassen, dass die Erzeugung und Nutzung von Biogas weiter zügig ausgebaut wird.

## 12.1 Biogaserzeugung als Option einer Energiegewinnung aus Biomasse

Unter Biomasse werden Stoffe organischer Herkunft verstanden, die zur Energiebereitstellung genutzt werden können. Biomasse beinhaltet damit die in der Natur lebende Phyto- und Zoomasse (Pflanzen und Tiere) und die daraus resultierenden Abfallstoffe (z. B. Exkrememente). Daneben werden darunter auch organische Stoffe aus bereits abgestorbenen Organismen verstanden, die noch nicht fossil sind (z. B. Stroh, Schlachthofabfälle).

Biomasse wird im Allgemeinen unterteilt in Energiepflanzen, Ernterückstände, organische Nebenprodukte und Abfälle (vgl. Kapitel 4). Diese Stoffströme

müssen für eine energetische Nutzung zunächst verfügbar gemacht werden. In den allermeisten Fällen ist dazu ein Transportprozess notwendig. In vielen Fällen muss die Biomasse, bevor sie energetisch genutzt werden kann, mechanisch aufbereitet werden (vgl. Kapitel 3). Oft wird auch eine Lagerung realisiert, um Biomasseanfall und Energienachfrage aufeinander abzustimmen (Abb. 12-1).

Anschließend kann aus Biomasse Wärme und/oder Strom bereitgestellt werden. Dazu stehen verschiedene Technologien zur Verfügung. Zunächst gehört dazu die direkte Verbrennung in entsprechenden Feuerungsanlagen, mit denen auch eine gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom möglich ist. Dabei ist die ausschließliche Wärmebereitstellung aus festen Bioenergieträgern der „klassische“ Anwendungsfall zur End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse.

Zusätzlich dazu steht noch eine Vielzahl weiterer Techniken und Verfahren zur Verfügung, mit deren Hilfe Biomasse zur Deckung der End- bzw. Nutzenergienachfrage verfügbar gemacht werden kann (Abb. 12-1). Hier wird zwischen thermo-, physikalisch- und biochemischen Veredelungsverfahren unterschieden. Dabei stellt die Biogaserzeugung (anaerober Abbau der Substrate zu Gas) und Biogasnutzung eine Möglichkeit unter den biochemischen Veredelungsverfahren dar.

## 12.2 Stand der Biogasgewinnung und -nutzung in Deutschland

Nachfolgend wird der Stand der Biogasgewinnung und -nutzung in Deutschland zum Zeitpunkt August 2003 dargestellt. Die Ausführungen beziehen sich auf Biogasanlagen ohne Deponie- und Klärgasanlagen.

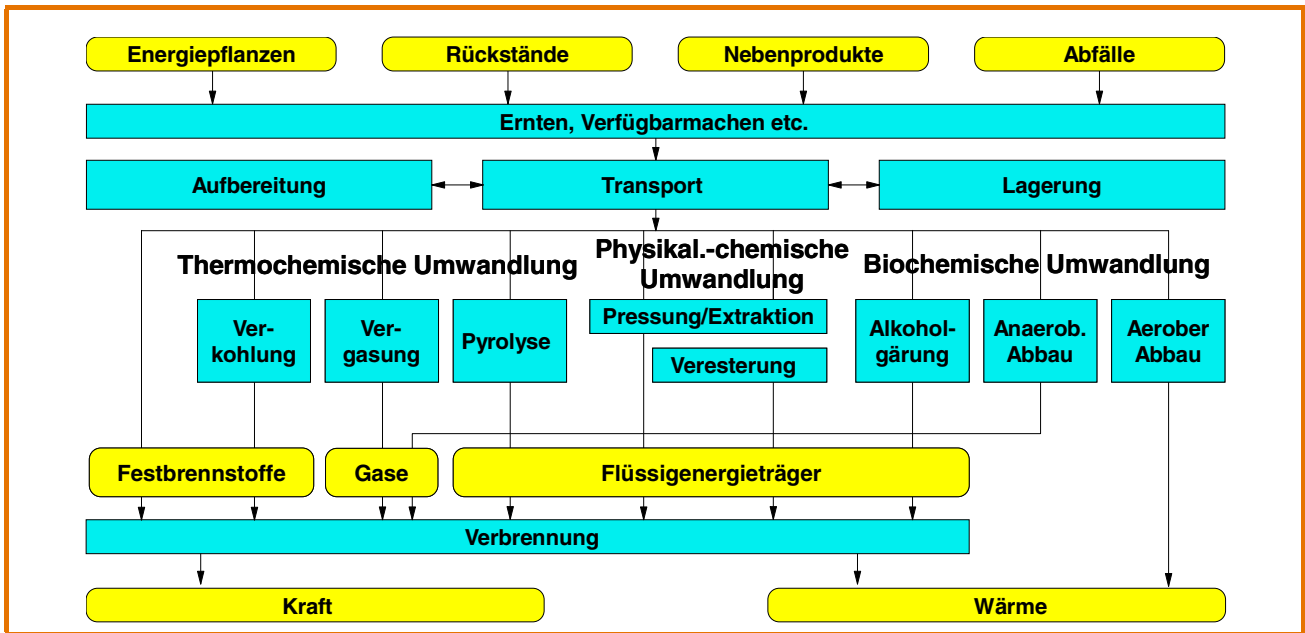


Abb. 12-1: Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse zu End-/Nutzenergiebereitstellung [12-1/

### 12.2.1 Anlagenbestand und Anlagenleistung

Seit Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 hat die Erzeugung und Nutzung von Biogas insbesondere in der Landwirtschaft erheblich zugenommen. Ausgehend von 850 sich in Betrieb befindlichen Anlagen zum Ende des Jahres 1999 hat sich deren Anzahl bis Mitte 2003 auf über 1.700 Anlagen erhöht. Diese Tendenz wird auch in der installierten elektrischen Leistung deutlich. Die durchschnittlich pro Anlage installierte Leistung betrug Ende 1999 etwa 53 kW. Dies ergab zum damaligen Zeitpunkt eine Gesamtleistung für alle Anlagen in Deutschland von etwa 45 MW<sub>el</sub>. Mitte 2003 kann von einer durchschnittlichen elektrischen Leistung von etwa 110 kW und einer daraus resultierenden Gesamtleistung von etwa 180 MW<sub>el</sub> ausgegangen werden. Für die neu errichteten Anlagen ergibt sich somit eine mittlere Leistung von etwa 150 kW<sub>el</sub> pro Anlage [12-2/, /12-3/, /12-4/.

Basierend auf der geschilderten Ausgangssituation stellen sich Anzahl und Leistung der realisierten Biogasanlagen in Deutschland wie in Abb. 12-2 dar.

Auf Grund unterschiedlicher Agrarstruktur und daraus resultierender Unterschiede in den Größenklassen der landwirtschaftlichen Betriebe ist die Entwicklung der Anlagenleistung und -zahl in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich. Die meisten Biogasanlagen werden derzeit in Bayern und Baden-Württemberg betrieben. In diesen beiden Bundesländern wurden auch etwa 65 % der seit 1999 in

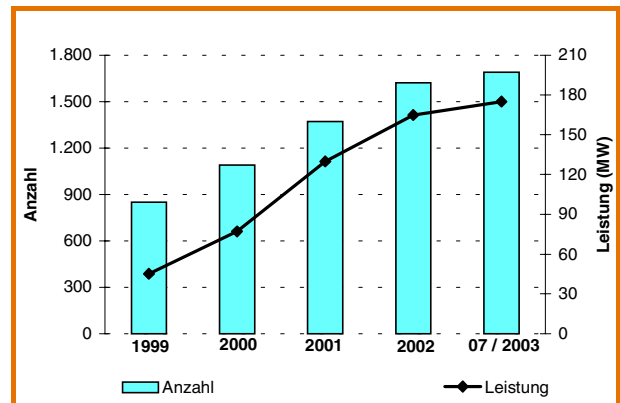


Abb. 12-2: Entwicklung des Bestandes und der Leistung von Biogasanlagen seit Inkrafttreten von MAP und EEG (Datenbasis KfW) [12-2/

Betrieb genommenen Neuanlagen errichtet. In Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen ist ebenfalls eine überdurchschnittliche Entwicklung im Anlagenbau zu verzeichnen [12-2/.

Ein Vergleich der elektrisch installierten Leistung pro Bundesland macht deutlich, dass ein Gefälle zum Einen zwischen den neuen und alten Bundesländern, zum Anderen zwischen Nord- und Süddeutschland besteht (Abb. 12-3). In Bayern werden zwar bundesweit die meisten Biogasanlagen betrieben (rund 46 %), die durchschnittlich installierte elektrische Leistung ist mit ungefähr 65 kW pro Anlage allerdings gering. In den neuen Bundesländern sind vergleichsweise wenige Biogasanlagen in Betrieb. Die hier durch-

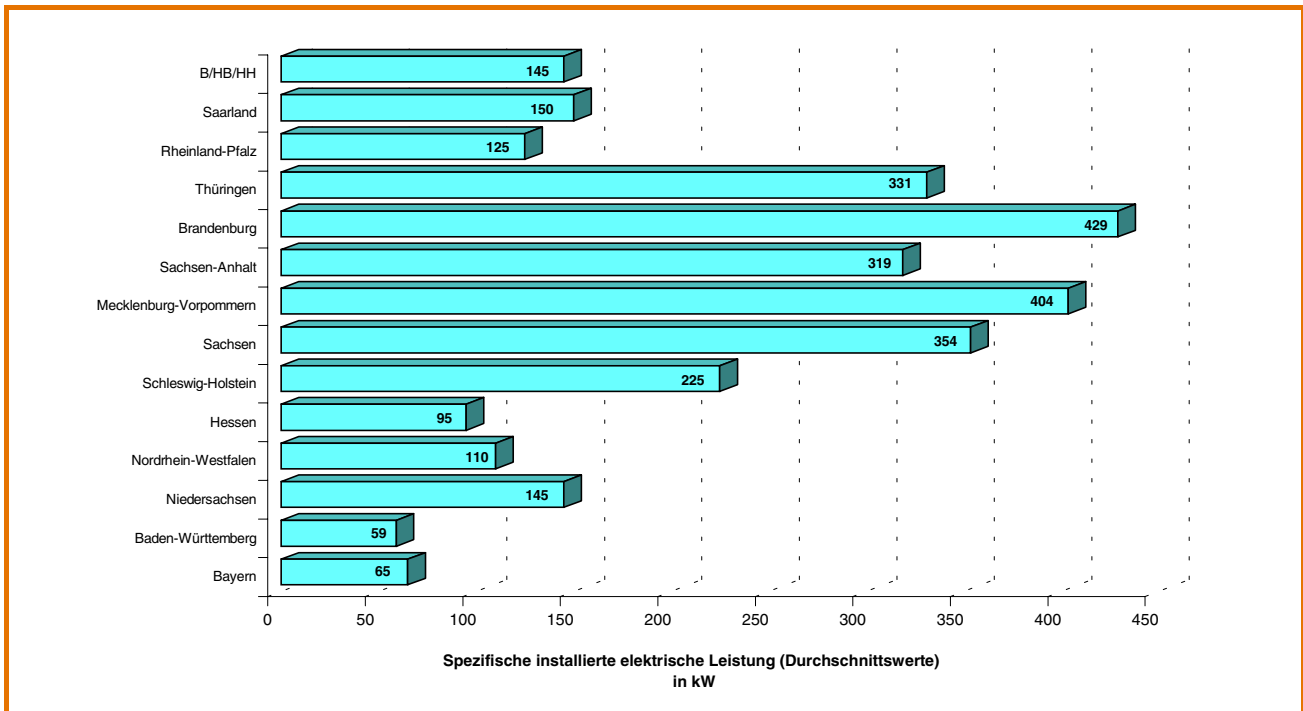


Abb. 12-3: Spezifische elektrische Leistung (Durchschnittswerte) pro Biogasanlage in den Bundesländern; Darstellung IE Leipzig auf Datenbasis KfW [12-2]

schnittlich installierte elektrische Leistung liegt jedoch bei ungefähr 350 kW.

Bei einem Vergleich der installierten elektrischen Leistung der Bundesländer Bayern und Niedersachsen wird der Unterschied zwischen Nord- und Süd- deutschland deutlich. Auf Niedersachsen entfallen

mit ca. 15 % der bundesweit betriebenen Anlagen ungefähr 20 % der in Deutschland installierten elektrischen Leistung. In Bayern stellen ca. 46 % der bundesweit betriebenen Anlagen jedoch nur einen Anteil von ca. 27 % der deutschlandweit installierten elektrischen Leistung (Abb. 12-4).

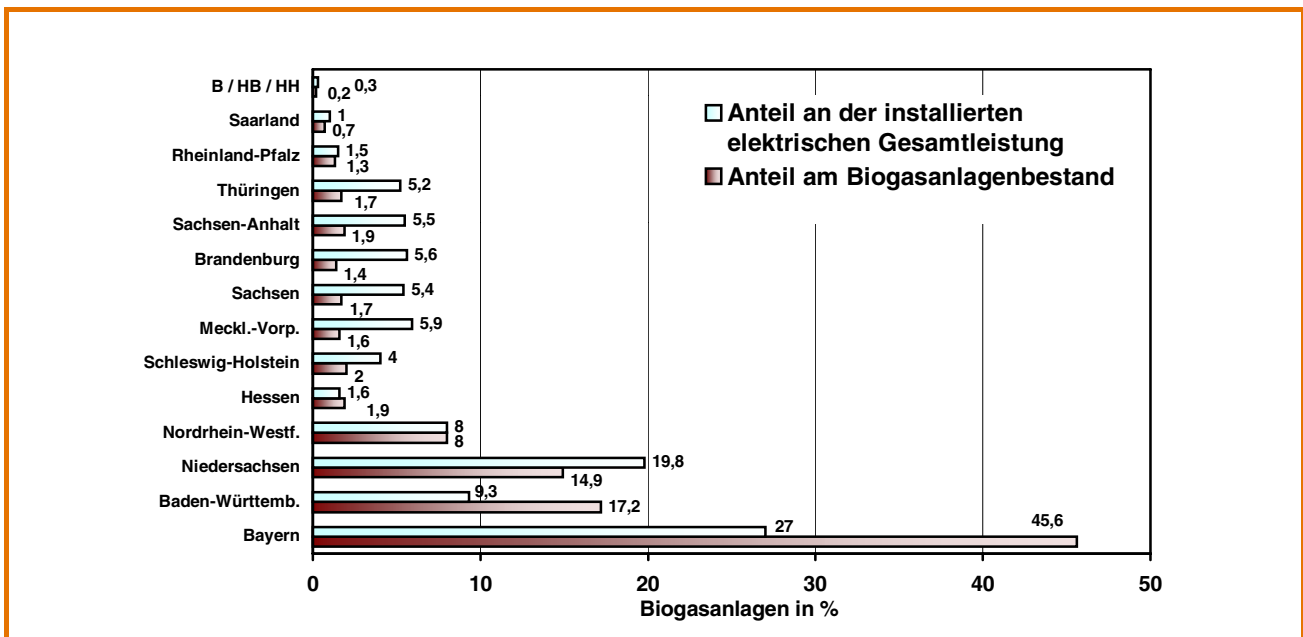


Abb. 12-4: Gegenüberstellung der Anteile von Leistung und Bestand der Biogasanlagen in den Bundesländern; Darstellung IE Leipzig auf Datenbasis KfW und eigene Erhebung [12-2]

## 12.2.2 Eingesetzte Substrate

In Deutschland werden als Basissubstrat überwiegend Rinder- und/oder Schweinegülle sowie in Abhängigkeit von der Tierhaltungsform Festmist eingesetzt. Weiterhin kommen, wenn auch in geringerem Umfang, alle Arten von Geflügelexkrementen zum Einsatz, wobei hier regionale Schwerpunkte im Nordwesten Deutschlands existieren. Hinsichtlich der Verarbeitungskapazitäten der Biogasanlagen gibt es regional große Unterschiede. So haben z. B. im Nordosten Deutschlands 70 % der Anlagen einen Durchsatz von 7.500 m<sup>3</sup> und mehr pro Jahr. Bundesweiter Durchschnitt ist ein Durchsatz von etwa 1.000 bis 2.000 m<sup>3</sup> pro Jahr.

Derzeit werden in über 90 % der landwirtschaftlichen Biogasanlagen neben tierischen Exkrementen als Basissubstrate zusätzlich Kosubstrate eingesetzt. Am häufigsten werden Energiepflanzen (Silomais, Grassilage u. a.), Ernterückstände, Rasenschnitt, Fettscheiderfette, Speiseabfälle sowie Bioabfall aus industriellen und kommunalen Quellen eingesetzt. Der Anteil der Kosubstrate bezogen auf das insgesamt zugeführte Substratgemisch beträgt bundesweit bei etwa 40 % der Biogasanlagen 25 %. In einem weiteren Viertel der Anlagen werden Basis- und Kosubstrate im Verhältnis 1:1 verarbeitet. In den anderen Anlagen liegt der Kosubstratanteil unter 25 % /12-5/.

Die Bedeutung von Energiepflanzen als Kosubstrat resultiert, trotz zusätzlicher Kosten für Anbau, Ernte und Lagerung, aus den infolge des weiteren Ausbaus der Biogasnutzung enger werdenden Märkten für Kosubstrate aus Industrie und Gewerbe sowie von Kommunen. Hinzu kommt, dass derzeit kaum noch Entsorgungserlöse für Kosubstrate zu erzielen sind.

## 12.3 Potenziale

Biogas kann aus einer ganzen Reihe unterschiedlicher **Stoffströme** gewonnen werden. Deshalb werden nachfolgend für die unterschiedlichen potenziell nutzbaren Biomassefraktionen die unterschiedlichen Gaserträge bzw. technischen Primärenergiepotenziale

der verschiedenen betrachteten Stoffströme sowie die korrespondierenden technischen Erzeugungspotenziale<sup>1</sup> (potenziell mögliche Strom- bzw. Wärmebereitstellung) bzw. Endenergiepotenziale<sup>1</sup> (d. h. die im Energiesystem nutzbare Endenergie) dargestellt. Dabei wird zwischen den folgenden Gruppen von Substraten unterschieden:

- Stoffströme, die heute schon auf jeden Fall energetisch genutzt werden. Dabei handelt es sich um bereits abgelagerte organische Siedlungsabfälle auf vorhandenen Deponien, die infolge dort natürlicherweise ablaufender anaerober Prozesse sowieso und unbeeinflussbar zu Biogas (d. h. Deponiegas) umgewandelt werden.
- Stoffströme, die mit hoher Wahrscheinlichkeit vergoren werden, da dies aus verfahrenstechnischen Gründen notwendig (oder sinnvoll) ist und/oder wo dies ein aus gegenwärtiger Sicht vielversprechender Verwertungspfad im Rahmen eines sinnvollen und kostengünstigen Abfallmanagements darstellt. Darunter wird hier die Vergärung von Klärschlamm aus kommunalen und industriellen Kläranlagen sowie die mögliche Vergärung von organischen Siedlungsabfällen und von organischen Abfällen aus Industrie und Gewerbe (primär lebensmittel- und -verarbeitende Betriebe) verstanden.
- Stoffströme, die optional vergoren werden können, obwohl die entsprechenden Stoffströme auch ohne eine anaerobe Fermentation genutzt werden können, aber eine Vergärung mit bestimmten betrieblichen und/oder ökonomischen Vorteilen verbunden sein kann. Damit stellt bei dieser Gruppe die Biogaserzeugung eine Option dar, die sich vor dem Hintergrund der gegebenen alternativen Nutzungsmöglichkeiten nicht zwingend anbietet. Zu den hierunter zusammenfassenden Stoffströmen zählen primär die bei der Nutztierhaltung anfallenden Exkremente (im Wesentlichen Gülle), die weiteren in Landwirtschaft und Gartenbau bei der Lebensmittel- und Futtermittelproduktion anfallenden Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle (z. B. Rübenblätter, Kartoffelkraut) und die bei der Landschaftspflege anfallenden organischen Stoffe

1. Das technische Potenzial regenerativer Energien beschreibt den Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist. Zusätzlich dazu werden i. Allg. strukturelle und ökologische Restriktionen (z. B. Naturschutzgebiete, Flächen für die angestrebte Biotopvernetzung in Deutschland) und gesetzliche Vorgaben (z. B. Zulässigkeit von hygienisch bedenklichen organischen Abfällen für den Einsatz in Biogasanlagen) berücksichtigt, da sie letztlich auch – ähnlich den (ausschließlich) technisch bedingten Eingrenzungen – oft „unüberwindbar“ sind. Es kann dabei unterschieden werden hinsichtlich der Bezugsgröße für die Energie in

- technische Primärenergiepotenziale (z. B. die zur Biogasgewinnung verfügbaren Biomassen),
- technische Erzeugungspotenziale (z. B. Biogas am Ausgang einer Biogasanlage),
- technische Endenergiepotenziale (z. B. elektrische Energie aus Biogasanlagen beim Endverbraucher) und
- technische Endenergiepotenziale (z. B. Energie der heißen Luft aus dem Föhn, der mit elektrischer Energie aus einer Biogasanlage betrieben wird).

(u. a. Biomasse aus der Pflegenutzung, von Friedhöfen und Straßenrändern).

- Stoffströme, die bewusst und ausschließlich für eine Vergärung in Biogasanlagen produziert werden. Darunter wird hier im Rahmen eines Energiepflanzenanbaus produzierte Biomasse verstanden, die meist in Co-Fermentation in beispielsweise mit Gülle betriebenen Biogasanlagen vergoren werden kann.

**Potenzielle Gaserträge.** Die potenziellen Gaserträge aus der Vergärung der dargestellten organischen Stoffe liegen in Deutschland in folgenden Bereichen /12-2/, /12-3/, /12-6/, /12-7/:

- Aus Deponien wäre ein Gasaufkommen von rund 0,9 bis 1,2 Mrd. m<sup>3</sup>/a gewinnbar.
- Aus der Vergärung kommunaler und industrieller Klärschlämme resultiert ein potenzielles Biogasaufkommen von rund 0,9 Mrd. m<sup>3</sup>/a. Hinzu kommen noch rund 0,6 Mrd. m<sup>3</sup>/a aus organischen Abfällen von Haushalten und Kommunen sowie aus Markt- abfällen. Aus organischen Gewerbe- und Industrie- abfällen sind zusätzlich zwischen rund 0,3 und knapp 0,6 Mrd. m<sup>3</sup>/a an Biogas zu erwarten. Zusammengenommen errechnen sich zwischen 1,8 und 2,1 Mrd. m<sup>3</sup>/a.
- Aus der Vergärung von Gülle sind potenziell rund 4,5 Mrd. m<sup>3</sup>/a gewinnbar. Hinzu kommen aus Nebenprodukten der Pflanzenproduktion rund 3,0 bis 5,3 Mrd. m<sup>3</sup>/a und aus Landschaftspflegematerialien weitere 0,3 bis 0,6 Mrd. m<sup>3</sup>/a. Zusammengenommen errechnen sich daraus zwischen 7,8 und 10,4 Mrd. m<sup>3</sup>/a.
- Unter der Annahme einer für den Energiepflanzenanbau maximalen Fläche von 2 Mio. ha, die zur Vergärung genutzt werden, ergibt sich ein Biogasaufkommen von rund 11 Mrd. m<sup>3</sup>/a.

Demnach könnten in Deutschland zusammengenommen rund 22 bis 25 Mrd. m<sup>3</sup>/a an Biogas erzeugt werden. Bei einem mittleren unterstellten Methananteil von rund 60 % entspricht dies einem Methanaufkommen von 13 bis 15 Mrd. m<sup>3</sup>/a.

Die wesentlichen Potenziale stammen dabei aus dem landwirtschaftlichen Sektor, da hier zum Einen erhebliche Mengen an Rückständen und Nebenprodukten der Viehhaltung (u. a. Gülle) vergoren werden können und zum Anderen zusätzlich auch andere bei der landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Pflanzenproduktion anfallende Substrate (z. B. Abfälle aus dem Gemüseanbau, dem Hopfenanbau, dem Weinanbau, dem Zierpflanzenanbau) verfügbar sind, die stofflich bisher kaum mit einer direkt greifenden

Wertschöpfung genutzt werden. Im weiteren Sinne zählen zu den landwirtschaftlichen Substraten aber auch die bei der Landschaftspflege anfallenden Stoffströme (z. B. Grasschnitt von Hutungen und Streuobstwiesen). Damit nimmt die Landwirtschaft, wenn nur die Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle betrachtet werden und das potenzielle Gasaufkommen aus Deponien (es ist praktisch nicht steuerbar und muss aus Umweltschutzgründen infolge der gesetzlichen Vorgaben genutzt werden) und aus einem Energiepflanzenanbau auf Grund der oft vergleichsweise hohen Kosten zunächst nicht berücksichtigt wird, einen Anteil am gesamten potenziellen Biogasaufkommen von rund 75 bis 80 % ein. Wird zusätzlich die Möglichkeit eines Energiepflanzenanbaus auf theoretisch dafür verfügbaren Flächen betrachtet, erhöht sich der Anteil der Landwirtschaft am insgesamt verfügbaren Gasertrag weiter. Nicht zuletzt aus diesem Grund wird in der vorliegenden Handreichung der Schwerpunkt auf diesen Sektor gelegt.

Damit leistet die Landwirtschaft den größten Beitrag zum Gesamtpotenzial; dies gilt, auch wenn unterstellt werden muss, dass das gesamte Biogas bei einer Potenzialerschließung aus ökonomischen, logistischen und organisatorischen Gründen nicht in der „klassischen“ Landwirtschaft (d. h. im eigentlichen landwirtschaftlichen Sektor) allein erzeugt werden würde. Demgegenüber tragen andere Sektoren der Volkswirtschaft, bei denen organisch belastete Abwässer und organische Stoffströme anfallen, nur sehr begrenzt zum Gesamtpotenzial in Deutschland bei.

**Technische Energieerzeugungspotenziale.** Nachfolgend werden die den diskutierten Gaserträgen entsprechenden technischen Erzeugungspotenziale dargestellt (berechnet über den entsprechenden Heizwert von Biogas):

- Aus dem in Deponien produzierten Gas resultiert ein Energiepotenzial von ca. 15 bis 21 PJ/a.
- Aus der Vergärung kommunaler und industrieller Klärschlämme wären knapp 19,5 PJ/a verfügbar. Hinzu kommen noch knapp 13 PJ/a aus organischen Abfällen aus Haushalten und Kommunen sowie aus Markt- abfällen. Aus den organischen Abfällen des Gewerbes und der Industrie sind zusätzlich zwischen rund 6 und knapp 12 PJ/a zu erwarten. Zusammengenommen liegt das gesamte Erzeugungspotenzial derartigen organischen Materials zwischen 38,5 und 44,5 PJ/a.
- Aus der Vergärung von Gülle sind potenziell rund 96 PJ/a gewinnbar. Hinzu kommen aus Nebenprodukten der Pflanzenproduktion rund 64 bis

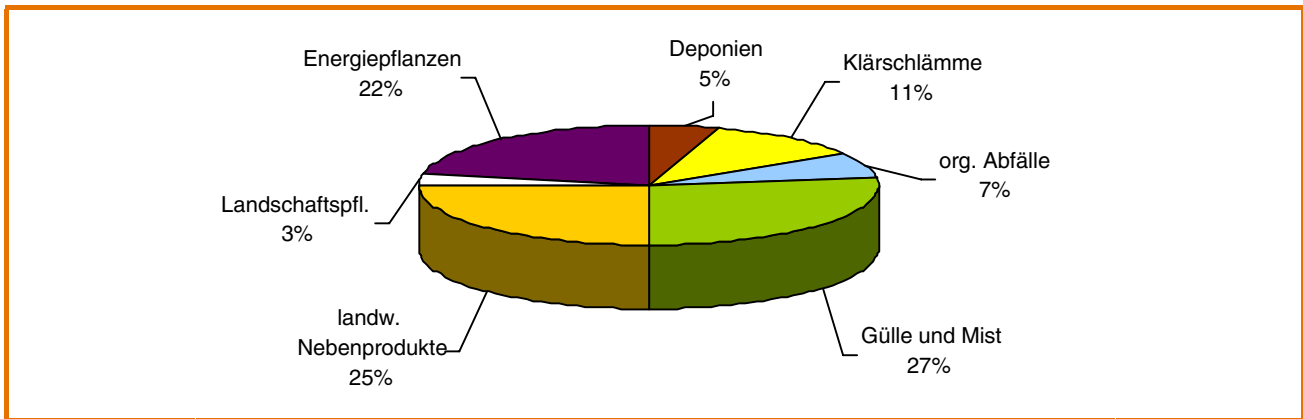


Abb. 12-5: Anteil der verschiedenen vergärbaren organischen Stoffströme am Gesamtpotenzial

108 PJ/a (inklusive Stroh). Aus Landschaftspflegematerialien lässt sich etwa 6-8 bis 12-16 PJ/a Energie gewinnen. Zusammengenommen sind dies zwischen 168 und 220 PJ/a.

- Wird eine Fläche von 2 Mio. ha. unterstellt, die zum Anbau von Energiepflanzen zur Vergärung genutzt wird, so wären in Deutschland rund 234 PJ/a an Energie bereitstellbar.

Für Deutschland errechnet sich aus diesem Substratmix (siehe Abbildung 12-5) ein mögliches Gesamtenergieerzeugungspotenzial der Biogaserzeugung von rund 360 bis 520 PJ/a. Bezogen auf den Endenergieverbrauch von rund 9.288 PJ/a (1999) sind dies 3,9 bis 5,6 % und bezogen auf den gesamten Primärenergieverbrauch bzw. den Primärenergieverbrauch an Naturgasen (im Wesentlichen Erdgas) von rund 14.194 PJ/a bzw. 3.057 PJ/a (1999) 2,5 bis 3,7 % bzw. 11,8 bis 17,0 %.

Ähnlich dem potenziellen Gasaufkommen ist das technische Erzeugungspotenzial im Wesentlichen in der Landwirtschaft verfügbar, da aus „klassisch“ landwirtschaftlichen Substraten die größten Anteile am Gesamtpotenzial resultieren. Die regionale Verteilung innerhalb Deutschlands orientiert sich dabei primär an der Landfläche und zu geringeren Anteilen an der Bevölkerungsdichte.

**Technische Endenergiepotenziale.** Die dargestellten Erzeugungspotenziale können in Wärme und/oder Strom umgewandelt werden. Dabei beschreiben die nachfolgend ausgewiesenen Erzeugungspotenziale die bereitstellbare Wärme bzw. den produzierbaren Strom ohne und die Endenergiepotenziale mit Berücksichtigung nachfrageseitiger Restriktionen. Letztere bilden damit den Beitrag der Biogaserzeugung

und -nutzung zur Deckung der End- bzw. Nutzenergienachfrage am besten ab.

**Stromerzeugung.** Mit einem Umwandlungswirkungsgrad zur Stromerzeugung in Motoren bzw. in Blockheizkraftwerken (BHKW) von rund 35 % errechnet sich aus dem aufgezeigten Erzeugungspotenzial ein potenzielles Stromaufkommen und damit ein technisches Endenergiepotenzial zwischen 38 und 51 TWh/a; dies entspricht bei Volllaststunden zwischen 5.000 und 7.000 h/a einer zu installierenden Leistung von 5,3 bis 9,8 GW. Zusätzlich dazu könnten die anfallenden rund 2,9 Mio. t/a an Klärschlamm über eine Zufeuerung in vorhandenen Kohlekraftwerken genutzt werden /12-4/. Dies entspricht einer potenziellen Stromerzeugung zwischen 1,9 und 3,2 TWh/a. Bei den anderen anfallenden vergorenen Substraten wird demgegenüber eine stoffliche Nutzung (u. a. Dünger, Kompost) unterstellt. Das insgesamt daraus resultierende Endenergiepotenzial liegt unter Berücksichtigung der entsprechenden Verteilungsverluste zusammengenommen bei rund 37 bis 49 TWh/a.

**Wärmebereitstellung.** Mit einem Umwandlungswirkungsgrad zur ausschließlichen Wärmebereitstellung zwischen 90 und 99 % errechnet sich ein potenzielles Wärmeaufkommen bzw. Endenergiepotenzial zwischen 325 und 515 PJ/a. Wird demgegenüber ein ausschließlicher Einsatz in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Kraft-Wärme-Kopplung unterstellt und hier von einem thermischen Wirkungsgrad zwischen 55 und 60 % ausgegangen, ermittelt sich eine potenziell bereitstellbare Wärme von rund 200 bis 312 PJ/a (d. h. technisches Erzeugungspotenzial) bzw. ein technisches Endenergiepotenzial von 180 bis 295 PJ/a.



## 12.4 Ausblick

Die im Wesentlichen im landwirtschaftlichen Sektor bestehenden technischen **Potenziale der Biogasgewinnung** in Deutschland **sind beachtlich** und energiewirtschaftlich relevant. Die Potenzialnutzung erfolgt bisher jedoch auf einem nur sehr geringen Niveau. Insbesondere die Nutzung der verfügbaren **Wärmeenergie** sollte zukünftig weiter vorangetrieben werden, um die Energieressourcen wesentlich **besser auszunutzen**. Die Wärmeenergie kann erheblich zum wirtschaftlichen Ertrag einer Biogasanlage beitragen, was durch die Darstellung der Potenziale der Wärmebereitstellung verdeutlicht wird.

Die zur Erschließung dieser Potenziale eingesetzte **Anlagentechnik hat sich** in den letzten Jahren erheblich **weiterentwickelt** und ist **verlässlicher** sowie **betriebsicherer** geworden. Die meisten Systemkomponenten weisen jedoch noch Verbesserungspotenziale aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht auf. Damit diese in den nächsten Jahren erschlossen werden können, dürften sich modulare, standardisierte Systeme weiter durchsetzen.

Der **Biogasanlagenbestand** hat sich in Deutschland in den vergangenen vier Jahren fast verdoppelt. Die Gesamtleistung der Anlagen ist von etwa 45 MW<sub>el</sub> (1999) auf 180 MW<sub>el</sub> (Mitte 2003) angestiegen, wobei die durchschnittlich pro Anlage installierte elektrische Leistung von 53 auf 110 kW<sub>el</sub> zugenommen hat. Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend fortsetzt.

Ungeachtet der mittelfristig noch zu lösenden Probleme stellt die **Gewinnung und Nutzung von Biogas** schon jetzt eine **ausgereifte und marktgängige Technologie** dar. Sie ist als eine **vielversprechende Option zur Nutzung regenerativer Energien** anzusehen, die in den nächsten Jahren verstärkt zu einer nachhaltigen Energiebereitstellung sowie zur Senkung der Emission von Treibhausgasen wird beitragen können. Die vorliegende Handreichung soll einen Beitrag zu dieser Entwicklung leisten.

## 12.5 Literaturverzeichnis

- /12-1/ Kaltschmitt, M., Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2001
- /12-2/ Wilfert, R., Schattauer, A.: Biogasgewinnung und -nutzung – Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse; DBU Projekt; 1. Zwischenbericht; Institut für Energetik und Umwelt gGmbH Leipzig, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL); Braunschweig, Dezember 2002
- /12-3/ Kaltschmitt, M., Merten, D., Falkenberg, D.: Regenerative Energien – Stand 2001; BWK 54 (2002), 4, S. 66-74
- /12-4/ Kaltschmitt, M., Merten, D.: Biogas als regenerative Energie im Energiesystem; Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven. VDI-Berichte 1620; 2001, S. 1-18
- /12-5/ Weiland, P., Rieger, Ch.: Wissenschaftliches Messprogramm zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich; (FNR-FKZ: 00NR179), 1. Zwischenbericht, Institut für Technologie und Systemtechnik / Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig, 2001
- /12-6/ Schillig, F.: Persönliche Mitteilung; ECOfys GmbH, Köln, Dezember 2000
- /12-7/ Kaltschmitt, M., Wiese, A. (Hrsg.): Erneuerbare Energieträger in Deutschland - Potenziale und Kosten; Springer, Berlin, Heidelberg, 1993

