

Biogasgewinnung und –nutzung

- Tendenzen und Entwicklungen infolge des EEG -

Ronny Wilfert, Anne Scheuermann, Martin Dilger, Martin Kaltschmitt

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Tel.: 03 41/24 34-1 13, Fax: 3 41/24 34-1 33

E-Mail: energetik-leipzig@energetik-leipzig.de

<http://www.energetik-leipzig.de>

1 Einleitung

Seit Inkrafttreten des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 hat die Erzeugung und Nutzung von Biogas, insbesondere in der Landwirtschaft, erheblich zugenommen. Unterstützt wird diese Entwicklung durch das Marktanreizprogramm (MAP) des Bundes und diverse Investitionsförderprogramme einiger Bundesländer. Hinzu kommt, dass die Potenziale an organischen Stoffströmen, die sinnvollerweise 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 werden könnte. Deshalb werden nachfolgend, ausgehend von den in Deutschland vorhandenen Potenzialen, die sich abzeichnenden Tendenzen und Entwicklungen dargestellt und erörtert.

2 Potenziale

Nachfolgend werden die wesentlichen Stoffströme, die für die Vergärung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen von Bedeutung sind, diskutiert.

Exkrementa aus der Nutztierhaltung. Die in der Landwirtschaft anfallenden tierischen Exkrementa sind aufgrund unterschiedlicher Einschränkungen technisch nicht vollständig verfügbar (Weidegang bestimmter Tierarten etc.). Wird vereinfachend angenommen, dass sich der aus der Nutztierhaltung resultierende, technisch mögliche Biogasertrag aus den anfallenden Exkrementen (Gülle und Mist) in Verbindung mit Einstreu und Futterresten summiert, errechnet sich unter Berücksichtigung der gegebenen Restriktionen ein technisch nutzbares Potenzial von rund 167 Mio. t/a. Daraus ließen sich rund 4,5 Mrd. m³/a Biogas gewinnen. Dies entspricht einem Energiepotenzial von etwa 96,5 PJ/a.

Ernterückstände aus der Landwirtschaft. Unter Ernterückständen aus der Landwirtschaft werden alle aus der Pflanzenproduktion resultierenden Stoffe verstanden (z. B. Rübenblatt, Kartoffelkraut). Werden diese Stoffströme abgeschätzt, ergibt sich für die Biogasgewinnung ein Potenzial von 3,0 bis 5,3 Mrd. m³/a mit einem Energieinhalt von 65 bis 113 PJ/a .

Abfälle aus Gewerbe und Industrie. Organische Produktionsabfälle, vorrangig aus der Nahrungs- und Genussmittelindustrie (z. B. Fleischverarbeitung, Brauereien, Brennereien, Keltereien, Zuckerindustrie), sind unter bestimmten Rahmenbedingungen für die Vergärung geeignet. Unter Beachtung konkurrierender Entsorgungs- und Verwertungsmöglichkeiten (z. B. Verfütterung) kann ein Biogasaufkommen von 0,3 bis 0,6 Mrd. m³/a bzw. ein Energiepotenzial von 6,4 bis 12,2 PJ/a abgeschätzt werden.

Landschaftspflegematerial. Auch organische Rückstände z. B. aus der Straßenrand- sowie Park- und Uferpflege können zur Biogasgewinnung genutzt werden. Die daraus resultierende Biogasausbeute liegt etwa zwischen 0,3 und 0,6 Mrd. m³/a mit einem daraus resultierenden Energiepotenzial von 6 bis 12 PJ/a.

Organische Siedlungsabfälle. Getrennt gesammelte organische Abfälle aus Haushalten (Biotonne) und Marktabfälle können auch vergoren werden. Wird unterstellt, dass rund 90 % bzw. 50 – 75 % der insgesamt anfallenden derartigen Abfälle für die Biogasgewinnung zur Verfügung stehen, ergibt sich eine potenzielle Biogasausbeute von etwa 0,6 Mrd. m³/a bzw. ein Energiepotenzial von etwa 12,5 PJ/a.

Energiepflanzen. Unter Annahme einer für den Energiepflanzenanbau maximalen Fläche von 2 Mio. ha, wovon $\frac{1}{3}$ für die Biogaserzeugung genutzt werden (Anbaumix), ergibt sich bei einem mittleren Ertrag von 13 t TS/(ha · a) ein jährliches Biogasaufkommen von rund 3,7 Mrd. m³. Das entspricht einem Energiepotenzial von 78,7 PJ/a.

In Tabelle 1 sind alle aufgeführten Substrate und deren energetische Potenziale nochmals zusammengefasst dargestellt.

Substrate	Biogasaufkommen	Technisches Brennstoffpotenzial	Technisches Erzeugungspotenzial Strom
	in Mrd. m ³ /a	in PJ/a	in TWh/a
Tierische Exkremete und Einstreu	4,5	96,5	7,2
Ernterückstände der Landwirtschaft	3,0 – 5,3	65 - 113	4,9 - 8,5
Abfälle aus Gewerbe und Industrie	0,3 – 0,6	6,4 – 12,2	0,5 - 0,9
Landschaftspflegematerial	0,3 – 0,6	6 - 12	0,4 - 0,8
Organische Siedlungsabfälle	0,6	12,5	0,9
Energiepflanzen ¹⁾ ¹⁾ bezogen auf 2 Mio. ha Anbaufläche, davon ¹ / ₃ der Fläche zur Biogasgewinnung genutzt (Anbaumix)	3,7	78,7	5,9
Summe	12,4 – 15,3	265,1 - 324,9	19,8 - 24,2

Tabelle 1 Zusammenfassung - Potenziale der Energiegewinnung aus Biogas zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung

3 Anlagenbestand und Anlagenleistung

Seit dem Start des Marktanzreizprogramms und dem Inkrafttreten des EEG ist eine deutliche Zunahme der Biogasanlagenanzahl und damit der neu installierten Leistung zu verzeichnen. Ausgehend von 850 sich in Betrieb befindlichen Anlagen zum Ende des Jahres 1999 hat sich deren Anzahl bis zum Jahresende 2002 um mehr als 85 % auf über 1600 Anlagen erhöht.

Diese Tendenz wird auch in der durchschnittlich pro Anlage installierten elektrischen Leistung deutlich. Diese betrug Ende 1999 etwa 53 kW_{el}. Dies ergab zum damaligen Zeitpunkt eine Gesamtleistung für alle Anlagen in Deutschland von etwa 45 MW_{el}. Ende 2002 kann von einer durchschnittlichen elektrischen Leistung von etwa 100 kW_{el} und einer daraus resultierenden Gesamtleistung von etwa 150 MW_{el} ausgegangen werden. Für die neu errichteten Anlagen ergibt sich somit eine mittlere Leistung von etwa 145 kW_{el} pro Anlage. Unter der Annahme von durchschnittlich 6500 Volllaststunden pro Anlage und Jahr werden durch Biogasanlagen in Deutschland damit etwa 0,97 TWh/a Strom und gleichzeitig etwa 5,5 bis 6,5 PJ/a Wärme erzeugt [2],[5], [6].

Basierend auf der geschilderten Ausgangssituation stellen sich Anzahl und Leistung der realisierten Biogasanlagen in Deutschland wie in Abbildung 1 dar.

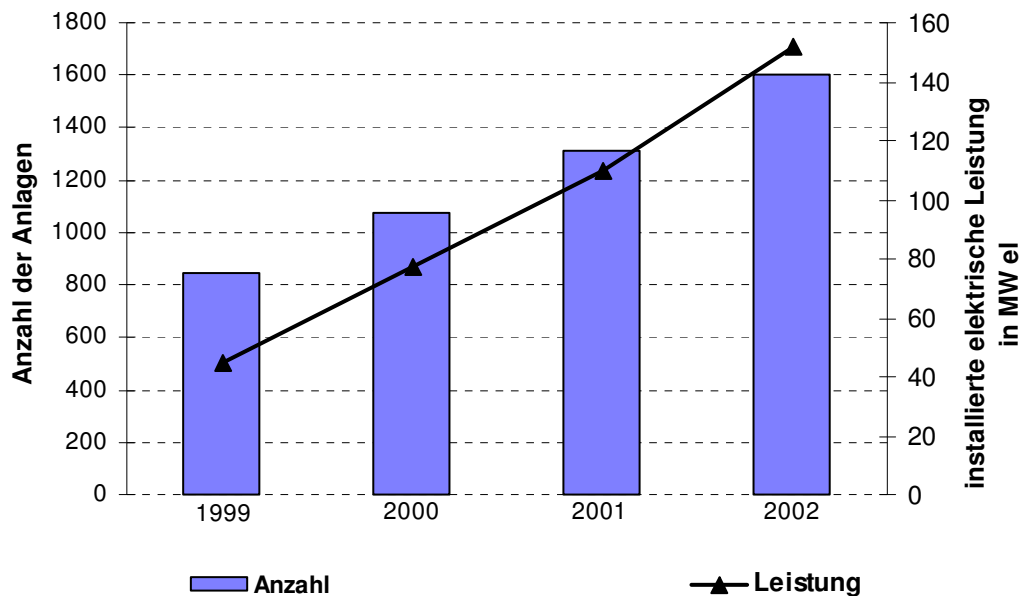


Abbildung 1: Entwicklung des Bestandes und der Leistung von Biogasanlagen in Deutschland seit Inkrafttreten von MAP und EEG (Darstellung: Institut für Energetik und Umwelt gGmbH Leipzig; Datenbasis KfW)

Derzeit dominieren hinsichtlich ihrer Anzahl Anlagen mit einer Leistung bis 70 kW_{el} . In den Jahren 2001 und 2002 wurden jedoch im Bereich über 70 kW_{el} erstmals mehr Anlagen in Betrieb genommen als im Leistungsbereich darunter. Eine deutlich steigende Tendenz ist auch bei Anlagen über 500 kW_{el} erkennbar.

In Süd- und Südwestdeutschland sind eher Einzelhofanlagen verbreitet. In Norddeutschland und ganz besonders in den neuen Bundesländern dominieren demgegenüber Anlagen mit durchschnittlich fast 200 kW_{el} . In jedem der fünf neuen Bundesländern werden derzeit etwa 20 Anlagen betrieben; diese Anzahl dürfte sich bis Ende 2003 nahezu verdoppelt haben. Die meisten Anlagen befinden sich derzeit in Bayern und Baden-Württemberg. Hier wurden auch etwa 65 % der Neuanlagen gebaut. Eine überdurchschnittliche Entwicklung beim Anlagenneubau ist in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen zu verzeichnen.

Abbildung 2 zeigt die sich abzeichnende Entwicklung im Biogasanlagenbestand nach Leistungsbereichen.

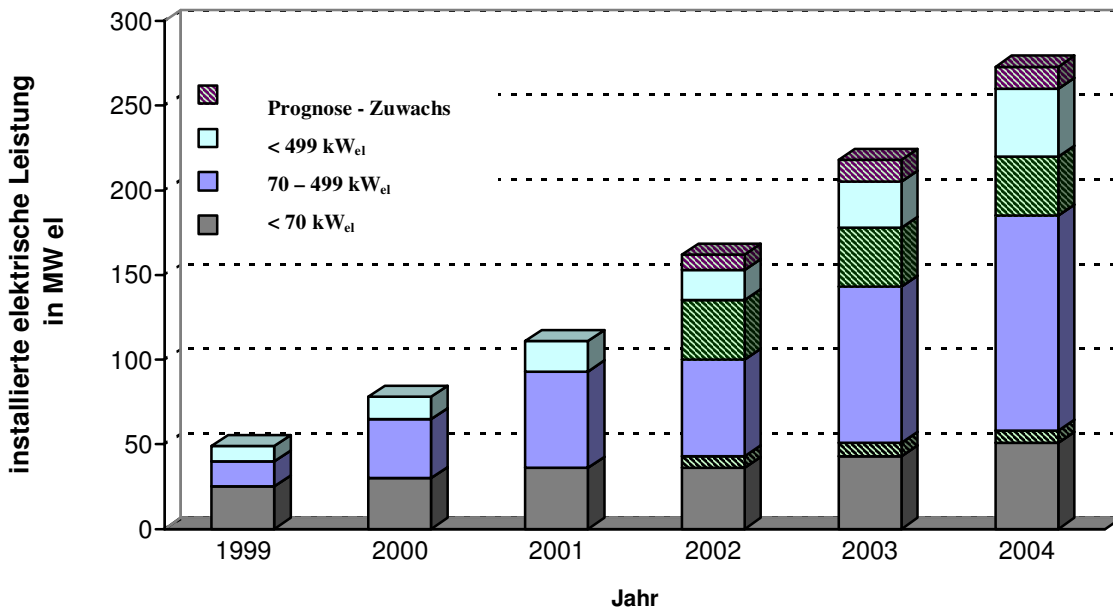


Abbildung 2: Entwicklung des Biogasanlagenbestandes nach Leistungsbereichen – IST-Stand und Prognose [7]

4 Eingesetzte Substrate

Überwiegend wird in Biogasanlagen in Deutschland Rinder- und/oder Schweinegülle sowie - abhängig von der Tierhaltungsform - Festmist als Basissubstrat eingesetzt. Weiterhin kommen, wenn auch in geringerem Umfang, alle Arten von Geflügelexkrementen zum Einsatz, wobei hier regionale Schwerpunkte im Nordwesten Deutschlands existieren. Derzeit werden in über 90 % der landwirtschaftlichen Biogasanlagen neben tierischen Exkrementen als Basissubstrate zusätzlich Kosubstrate eingesetzt. Hinsichtlich der Verarbeitungskapazitäten der Biogasanlagen gibt es regional große Unterschiede. Im Nordosten Deutschlands haben z. B. 70 % der Anlagen einen Durchsatz von 7500 m³ und mehr pro Jahr. Bundesweiter Durchschnitt ist ein Durchsatz von etwa 1000 bis 2000 m³ pro Jahr.

Die am häufigsten eingesetzten Kosubstrate sind Energiepflanzen (Silomais, Grassilage u. a.), Ernterückstände, Rasenschnitt, Fettabscheiderfette, Speiseabfälle sowie Bioabfall aus

industriellen und kommunalen Quellen. Der Anteil der Kosubstrate bezogen auf das insgesamt zugeführte Substratgemisch beträgt bundesweit bei etwa 40 % der Biogasanlagen 1 : 3. In weiteren 25 % der Anlagen werden Basis- und Kosubstrate im Verhältnis 1 : 1 mitverarbeitet [3].

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. Zukünftig muss sogar davon ausgegangen werden, dass für Kosubstrate Kosten anfallen.

5 Eingesetzte Anlagentechnik

Etwa 64 % der Biogasanlagen bundesweit werden einstufig betrieben. Eine zweistufige Prozessführung kommt bei 30 % der Anlagen zum Einsatz. Drei und mehr Stufen sind nur in einigen wenigen Fällen anzutreffen.

Die mesophile Betriebsweise dominiert mit einem Anteil von etwa 86 % aller Anlagen. Etwa 10 % der Anlagen werden thermophil betrieben. Davon kommt bei rund 15 % eine Kombination beider Betriebsweisen zur Anwendung. Der verbleibende Rest wird im psychrophilen Milieu betrieben [3].

Für die anaerobe Vergärung werden im wesentlichen Speicher-, Durchfluss- und Speicher-Durchflussanlagen eingesetzt. Bei Speicheranlagen dient der Fermenter gleichzeitig als Lagerbehälter. Durchfluss- und Speicher-Durchflussanlagen werden (quasi)kontinuierlich beschickt, wobei gleichzeitig die entsprechende Menge Gärreste ausgetragen wird. Während bei reinen Durchflussanlagen die Gärreste in offenen Behältern gelagert werden, ist bei Speicher-Durchflussanlagen der Lagerbehälter gasdicht ausgeführt, um das sich bei der Nachgärung bildende Biogas nutzen zu können.

Bei nahezu allen landwirtschaftlichen Biogasanlagen wird als Basisverfahren die Nassvergärung eingesetzt. Anlagen mit Trockenvergärung spielen bisher kaum eine Rolle. Die Trockenvergärung ist größtenteils noch im Versuchs- bzw. Pilotstadium anzusiedeln.

Zur Realisierung der einzelnen Verfahrensschritte innerhalb der Biogas-Prozessstufen werden verschiedene technische Anlagenkomponenten (Baugruppen und Aggregate) eingesetzt. Diese sind auf Grund ihrer Funktionen eng miteinander verbunden und voneinander abhängig. Die Wahl der verfahrenstechnischen Ausrüstung für eine Biogasanlage ist, wie auch schon die Auswahl des eigentlichen Gärverfahrens, in erster Linie von den zur Verfügung stehenden Substraten abhängig. Diese bestimmen durch ihre Quantität (anfallende

Menge pro Zeiteinheit) die Dimensionierung von Behältervolumina usw. sowie durch ihre Qualität (TS- Gehalt, Struktur der Gärsubstrate u. a.) die Auslegung der Vorbehandlungstechnik.

Die Basis- und Kosubstrate werden meist in einer Vorgrube gesammelt, zerkleinert und homogenisiert. Je nach Konsistenz können zusätzlich Anmischung und Abtrennung von Störstoffen stattfinden. Werden Kosubstrate von außerhalb der Landwirtschaft eingesetzt, so kann unter Umständen deren Hygienisierung notwendig werden. Die Substrateinbringung in den Fermenter wird meist durch elektrisch betriebene Pumpen realisiert.

Die Einbringung von Feststoffen wird über Einspülschächte, Förderschnecken u. a. realisiert.

Hauptkomponente der Biogasanlage ist der Fermenter. Die verschiedenen verfügbaren Systeme unterscheidet man nach ihrer Form (Pfropfenstromfermenter, Rührkessel), Bauweise (stehend, liegend), Art der Durchmischung (mechanisch, hydraulisch, pneumatisch) sowie Art der Temperierung (interne und externe Wärmetauscher) und nicht zuletzt nach den verwendeten Materialien (Stahl, Beton).

Grundanforderungen für alle Varianten sind Gasdichtheit, Temperierung und Isolierung, Einrichtungen zur Durchmischung sowie zum Ein- und Austrag von Substrat. Übliche Verweilzeiten im Fermenter betragen etwa 30 bis 40 Tage.

Bei thermophiler Betriebsweise verkürzt sich die Verweilzeit. Der Prozess ist dann jedoch weitaus anfälliger gegenüber Temperaturschwankungen.

Die Speicherung des gewonnenen Biogases erfolgt in Niederdruckspeichern entweder intern und somit direkt über dem Fermenter (Folienhauben) oder extern in separaten Gebäuden bzw. Räumen (Folienkissen). Verwertet wird das Biogas nach seiner Aufbereitung (Entwässerung und Entschwefelung) derzeit überwiegend in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur gekoppelten Produktion von Strom und Wärme (KWK). Hierbei kommen hauptsächlich Gas-Ottomotoren und Zündstrahlmotoren zum Einsatz. Letztere überwiegen mit einem Anteil von etwa 70 %. Der elektrische Wirkungsgrad liegt bei über 30 %. Mittelfristig dürfte die 35 %-Marke als Standard gelten.

Die aus dem Fermenter ausgetragenen Gärreste werden in geschlossenen oder offenen Nachgär- bzw. Gärrestbehältern gesammelt bzw. gelagert und in den dafür vorgesehenen Zeiträumen als Flüssigdünger auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgebracht.

Beim Bau und bei der technischen Ausrüstung von Biogasanlagen ist eine Tendenz zur standardisierten Herstellung und Montage deutlich erkennbar. Die Nutzung von bestehenden Einrichtungen sowie der Eigenbau von Teilen der Biogasanlage wird zunehmend durch den

Einsatz von, speziell für die Verwendung in Biogasanlagen gefertigten, Komponenten verdrängt. Die Einführung von technischen Regelwerken hinsichtlich der Anlagen- und Betriebssicherheit sowie der Zwang zur Einhaltung von Emissionsgrenzwerten tragen ebenfalls zu dieser Entwicklung bei [4].

Mittlerweile existieren mehr als ein Dutzend Anlagenhersteller, die meist ein komplettes Paket von der Planung über den Bau bis hin zur Unterstützung beim Betrieb der Anlage anbieten. In den letzten drei Jahren führte dieser Rund-um-Service, besonders in Verbindung mit anlagen-, material- und überwachungstechnischen Innovationen, zu einer Erhöhung der spezifischen Investitionskosten um durchschnittlich 35 %. Mittelfristig jedoch wird sich dieser Einsatz hochwertigerer Technik z. B. durch die Stabilisierung des Gärungsprozesses, die Steigerung der Biogausausbeute und der BHKW-Laufzeiten sowie der Senkung von Wartungs- und Instandhaltungsaufwand bzw. Stillstandszeiten, Effizienz steigernd auswirken.

6 Fazit

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.

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

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

- Die Potenziale vorhandener Basis- und Kosubstrate zur Biogasgewinnung liegen bezogen auf ihr technisches Brennstoffpotenzial in einer Größenordnung von 265 bis 325 PJ/a; dies ergibt ein technisches Stromerzeugungspotenzial in der Größenordnung von 20 bis 24 TWh/a.
- Fast alle landwirtschaftlichen Biogasanlagen arbeiten nach dem Prinzip der Nassvergärung, wobei ca. 65 % der Anlagen einstufig und 30 % zweistufig betrieben werden. Die bevorzugte Betriebstemperatur liegt bei den meisten Biogasanlagen im mesophilen Bereich. Der Bau von Biogasanlagen ist durch die vermehrte Standardisierung von Komponenten und Aggregaten gekennzeichnet.

- Der Biogasanlagenbestand hat sich in Deutschland in den letzten drei Jahren fast verdoppelt. Die Gesamtleistung der Anlagen ist von etwa 45 MW_{el} (1999) um über das Dreifache auf 150 MW_{el} (Ende 2002) angestiegen, wobei die durchschnittlich pro Anlage installierte elektrische Leistung von 53 auf 100 kW_{el} zugenommen hat.
- Unter der Annahme von durchschnittlich 6500 Volllaststunden pro Anlage und Jahr werden durch Biogasanlagen in Deutschland damit etwa 0,97 TWh/a Strom erzeugt. Dies entspricht einer Nutzung des Potenzials von etwa 4,0 bis 4,8 %.
- Als Basissubstrat wird in den meisten Biogasanlagen Rinder- und/oder Schweinegülle eingesetzt. In über 90 % der Biogasanlagen werden zusätzlich Kosubstrate verwendet.
- 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.

Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Hartmann, H.; Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger - Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien -; Freising, Leipzig, Dezember 2002
- [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
- [3] 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
- [4] Kaltschmitt, M.; Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2001
- [5] Kaltschmitt, M.; Merten D.; Falkenberg D.: Regenerative Energien – Stand 2001; BWK 54 (2002), 4, S. 66 - 74
- [6] Kaltschmitt, M.; Merten D.: Biogas als regenerative Energie im Energiesystem; Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven VDI-Berichte 1620; 2001 S. 1 – 18
- [7] Scheuermann, A. et al.: Monitoring zur Biomasseverordnung auf Basis des Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) aus Umweltsicht-, 1. Zwischenbericht Institut für Energetik und Umwelt gGmbH Leipzig, April 2002