Bundesinitiative BioEnergie

In Kooperation und mit
Unterstützung durch:

Markt- und Kostenentwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse

Kurzfassung des Gutachtens

Fachverband Biogas e.V.

Verband Deutscher
Biomasseheizwerke e.V.

Angefertigt im April 2002 von:

FICHTNER

FICHTNER

Sarweystrasse 3 • 70191 Stuttgart
Postfach 10 14 54 • 70013 Stuttgart
Tel.: (07 11) 89 95 - 0
Fax: (07 11) 89 95 - 459

Ansprechpartner:	**Peter Heinrich / Birgit Jahraus**
Durchwahl:	**1820 / 1823**
e-mail:	**JahrausB@Fichtner.de**
	HeinrichP@Fichtner.de

Projektpartner:

Verband Deutscher Maschinen - und Anlagenbau e.V.
Lyoner Straße 18, D-60528 Frankfurt
Tel.: 069/6603-0 Fax: 069/6603-1566
Email: gerd.krieger@vdma.de
Internet: www.vdma.de

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.
Godesberger Allee 142-148 D-53175 Bonn
Tel.: 0228/81 98-226 Fax: 0228/81 98-203
Email: d.bockey@ufop.de
Internet: www.ufop.de

Fachverband Biogas e.V.

Fachverband Biogas e.V.
Angerbrunnenstr. 12 D-85356 Freising
Tel.: 08161/9846-60 Fax: 08161/9846-70
Email: biogas@t-online.de

Deutscher Bauernverband e.V.
Godesberger Allee 142-148 D-53175 Bonn
Tel.: 0228/81 98-0 Fax: 0228/81 98-205
Email: t.forstreuter@bauernverband.de
Internet: www.bauernverband.de

Verband Deutscher Biomasseheizwerke e.V.

Verband Deutscher Biomasseheizwerke e.V.
Theresienstr. 29/II D-80333 München
Tel.: 089/286626-0 Fax: 089/286626-6
Email: verbaende.holzwirtschaft@real-net.de

Borsig Energy GmbH
Duisburger Strasse 375 D-46049 Oberhausen
Tel.: 0208/833-1212 Fax: 0208/833-2107
Email: markus_helm@borsig-energy.de
Internet: www.borsig-energy.de

E.ON Kraftwerke GmbH
Treschkowstr. 5 D-30475 Hannover
Tel.: 0511/439-2785 Fax: 0511/439-2881
Email: thomas.hohmann@eon-energie.com
Internet: www.eon-energie.com

MVV Energie AG
Luisenring 49 D-68159 Mannheim
Tel.: 0621/290-2612 Fax: 0621/290-2874
Email: m.eichelbroenner@mvv.de
Internet: www.mvv.de

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Das zum 01.04.2000 in Kraft getretene Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) regelt die Abnahme und die Vergütung von Strom, u. a. aus der Verstromung von Biomasse, durch Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die Netze für die allgemeine Versorgung betreiben. Ziel dieses Gesetzes ist es, im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen und den Beitrag erneuerbarer Energien an der Stromversorgung deutlich zu erhöhen, um entsprechend den Zielen der Europäischen Union und der Bundesrepublik Deutschland den Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Energieverbrauch bis zum Jahr 2010 mindestens zu verdoppeln.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie hat dem Deutschen Bundestag gemäß § 12 EEG im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie dem Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft bis zum 30.06.2002 einen Erfahrungsbericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen vorzulegen sowie eine Anpassung der Höhe der Vergütungen entsprechend der technologischen und Marktentwicklung für Neuanlagen vorzuschlagen. Davon betroffen ist auch die Verstromung von Biomasse in den verschiedenen Anwendungsbereichen (feste, flüssige, gasförmige Bioenergieträger).

Vor dem Hintergrund dieser Ausgangsituation beauftragte die Bundesinitiative BioEnergie (BBE) in Kooperation mit den vorgenannten BBE-Mitgliedsverbänden und -firmen Fichtner mit der Erstellung eines Gutachtens zur Untersuchung des Stands der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Verstromung von Biomasse.

2. Untersuchungsumfang, Methodik und Kostenansätze zur Ermittlung der Stromerzeugungskosten

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden die derzeitigen Stromerzeugungskosten von Anlagen zur energetischen Biomassenutzung sowie zur Nutzung von Deponie- und Klärgasen ermittelt, die in Deutschland netzgekoppelt betrieben werden. Dies erfolgt zunächst für einen Basisfall. Daneben wird in Sensitivitätsbetrachtungen der Einfluss wesentlicher Parameter auf die Stromerzeugungskosten untersucht.

Es werden vereinbarungsgemäß ausschließlich Neuanlagen, die gedanklich im Jahr 2002 in Betrieb gehen, berücksichtigt.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgen für praxisnahe Musteranwendungen, sogenannte Modellfälle zur Stromerzeugung aus Bioenergie. Dies erfolgt modellhaft, das heißt, es werden typische Werte und Randbedingun-

gen zugrunde gelegt. Daher muss betont werden, dass die Ergebnisse dieser Berechnungen wiederum typische Werte darstellen, die nicht uneingeschränkt auf individuelle Vorhaben übertragbar sind, da bei diesen die Randbedingungen von den im Rahmen dieser Studie angesetzten im Einzelfall stark abweichen können.

Es wurden die im Überblick in der folgenden Abbildung dargestellten Modellfälle definiert.

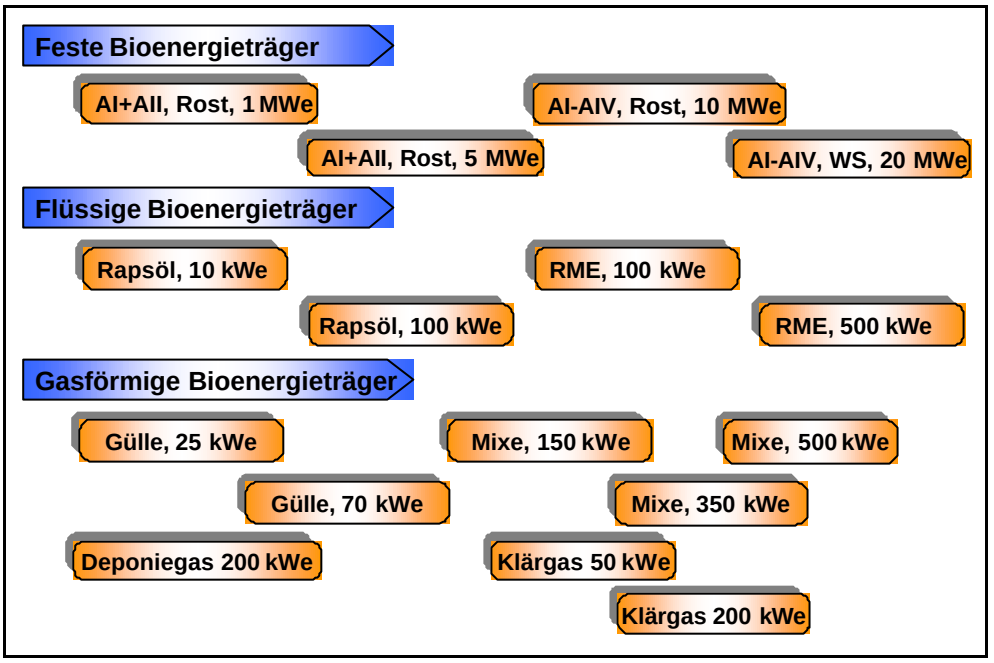

Abbildung 2-1: Gewählte Modellfälle für Biomasseanlagen zur Stromerzeugung

Zur Ermittlung der Stromerzeugungskosten wird eine Investitionsrechnung mit Anwendung der Annuitätenmethode durchgeführt. Es werden die spezifischen Stromerzeugungskosten ermittelt, die sich durch Division der Summe der jährlichen Kosten durch die Menge an erzeugter elektrischer Energie ergeben und die durchschnittliche Kosten über die angesetzte kalkulatorische Betrachtungsdauer darstellen.

Die Rechnungen erfolgen ohne Berücksichtigung von Fördermaßnahmen wie Investitionskostenzuschüsse o. ä. Es bleiben, wie üblich bei derartigen Fragestellungen, auch die Ertragssteuern unberücksichtigt, d. h. es wird eine Rechnung vor Steuern angestellt.

Der für alle Modellfälle verwendete kalkulatorische Betrachtungszeitraum beträgt 15 Jahre. Für den nominalen kalkulatorischen Mischzinssatz (ohne Steuereffekte) wird ein Wert von 8 % angesetzt.

3. Stromerzeugungskosten von Anlagen zur Verstromung fester Bioenergieträger

3.1 Ergebnisse für den Basisfall

Die sich ausgehend von der in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Vorgehensweise ergebenden nominalen Stromerzeugungskosten für mit festen Biomassen befeuerten Stromerzeugungsanlagen sind für den Basisfall der folgenden Abbildung zu entnehmen.

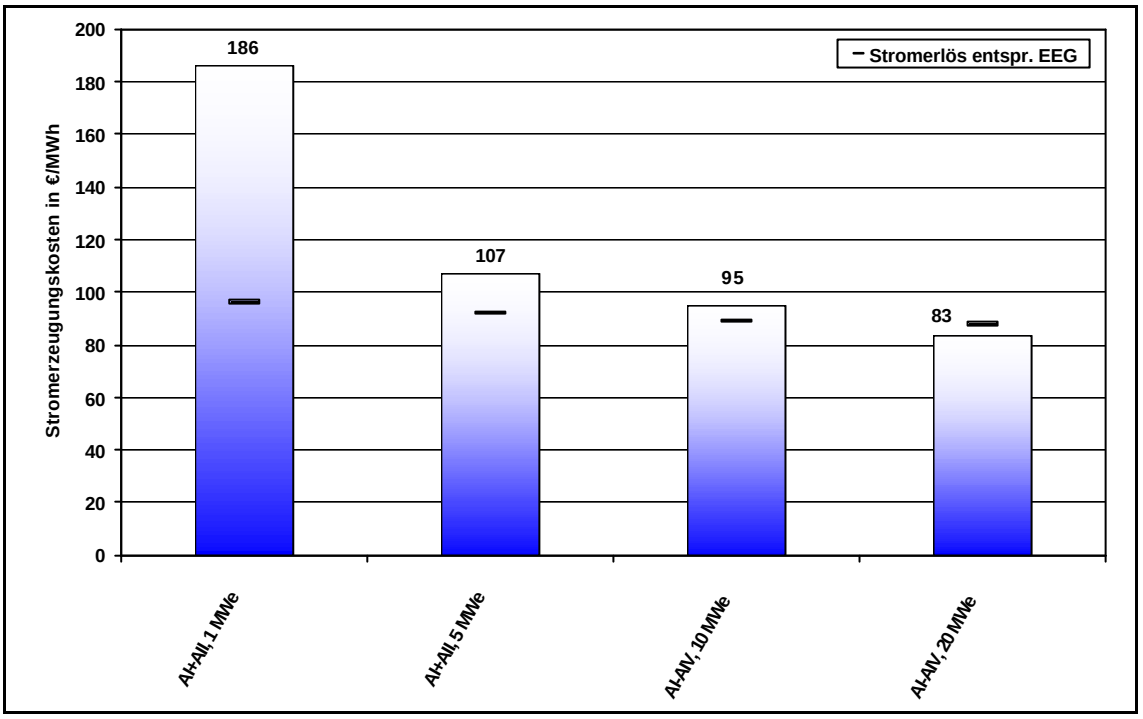

Abbildung 3-1: Stromerzeugungskosten (nominal) von Anlagen zur Verstromung fester Biomassen im Basisfall

Demnach weisen die Stromerzeugungskosten - abhängig von der Anlagengröße - erwartungsgemäß eine große Bandbreite auf. So sinken die Stromerzeugungskosten von mit festen Biomassen befeuerten Anlagen mit zunehmender Anlagenleistung. Während sich bei den Modellfällen mit Leistungen von 1 MW_{el}, 5 und 10 MW_{el} Stromerzeugungskosten oberhalb der Stromvergütung gemäß EEG ergeben, können Dampfkraftanlagen mit Leistungen um die 20 MW_{el}, aufgrund der sinkenden spezifischen Anlagenkosten mit zunehmender Leistung, wirtschaftlich betrieben werden. Dies setzt jedoch voraus, dass die angesetzten Brennstoffkosten erzielbar sind.

3.2 Variation der Brennstoffkosten

Als ein Ergebnis der Parametervariationsrechnungen ist in der folgenden Abbildung der Einfluss der Brennstoffkosten auf die Stromerzeugungskosten von Stromerzeugungsanlagen für feste Biomassen mit 10 und 20 MW_{el} dargestellt.

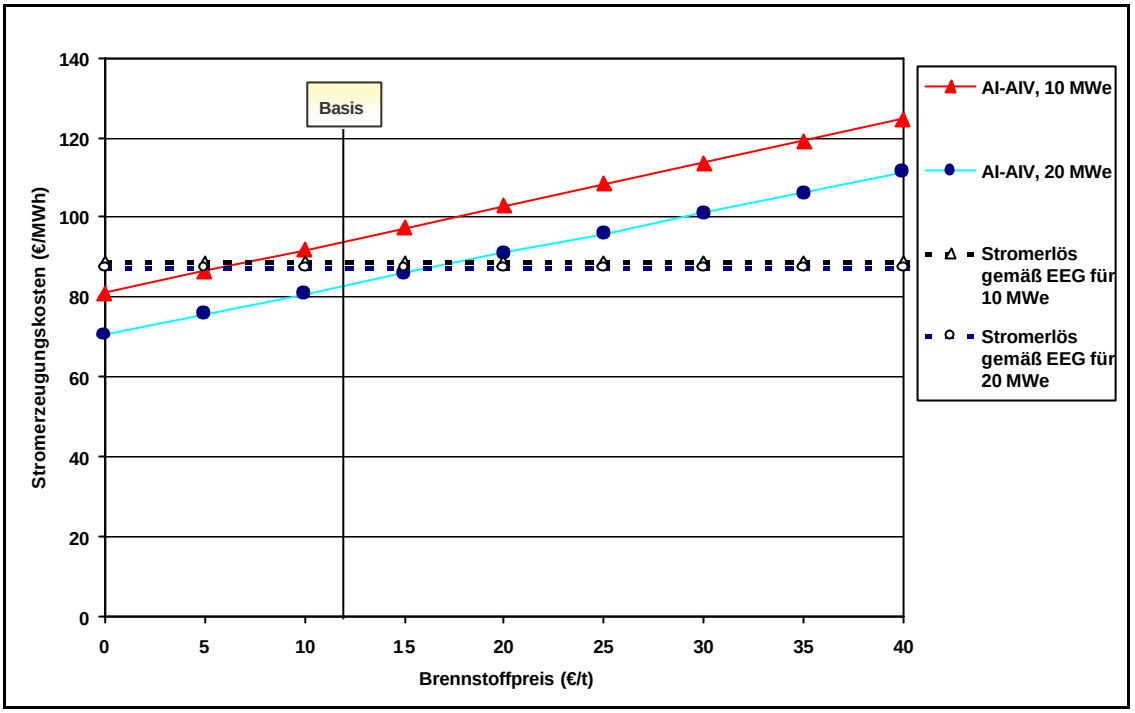

Abbildung 3-2: Stromerzeugungskosten (nominal) von Anlagen zur Verstromung fester Biomassen in Abhängigkeit von den Brennstoffkosten (10 und 20 MW_{el})

Aus den Werten der obigen Abbildung ergibt sich, dass bei Stromerzeugungsanlagen mit einer Leistung von 10 MW_{el} bei Holzkosten von unter etwa 7 €/t ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist. Hierbei handelt es sich jedoch um Holzkosten, die u. E. mittelfristig nur an Standorten mit entsprechend ausreichendem regionalem Holzangebot erzielbar sein werden. Holzkraftwerke mit einer Leistung von 20 MW_{el} sind unter den angesetzten Randbedingungen bei Holzkosten von bis zu etwa 17 €/t wirtschaftlich. Es ist jedoch zu bedenken, dass nicht auszuschließen ist, dass - abhängig von der regionalen Marktsituation für Althölzer - bei einem gewissen Anteil der derzeit sich in Planung oder Entwicklung befindlichen Vorhaben zukünftig mit höheren Kosten für einen Brennstoff-Mix aus Althölzern A I bis A IV zu rechnen ist.

3.3 Variation von Wärmeauskopplung und Wärmevergütung

Die Abhängigkeit der Stromerzeugungskosten von der Wärmevergütung für den Modellfall 1 MW_{el} (wärmegeführte KWK-Anlage) und für den 5 MW_{el}-Modellfall (stromgeführtes Heizkraftwerk, bei dem ein Teil der Abwärme zu Heizzwecken ausgekoppelt wird) ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Demnach können wärmegeführte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit einer Leistung von 1 MW_{el} selbst bei einer hohen Wärmevergütung nicht wirtschaftlich betrieben werden. Stromerzeugungsanlagen mit einer Leistung von 5 MW_{el} können dagegen im Falle einer Wärmevergütung von über 30 €/MWh geringere Stromerzeugungskosten als die Stromvergütung gemäß EEG aufweisen, doch ist diese Wärmevergütung als vergleichsweise

hoch einzuschätzen und kann daher in Deutschland eher selten erzielt werden.

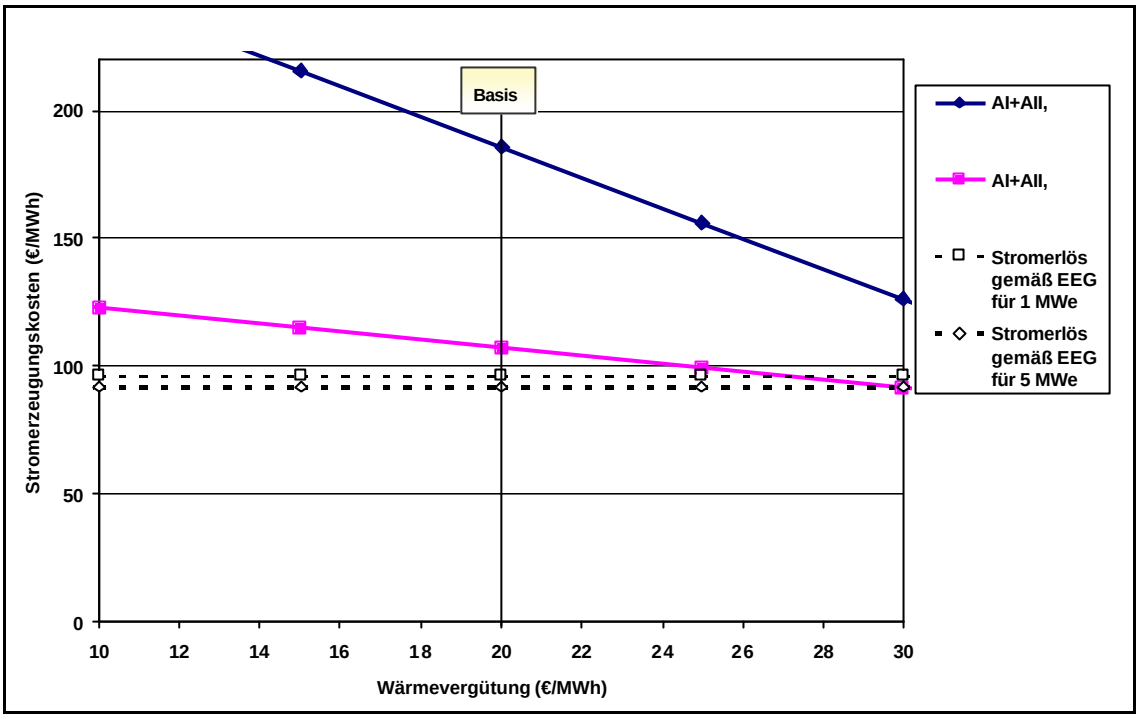

Abbildung 3-3: Stromerzeugungskosten (nominal) von Anlagen zur Verstromung fester Biomassen in Abhängigkeit von der Wärmevergütung (1 und 5 MW_{el})

Die wirtschaftlichen Auswirkungen einer möglichen Abwärmenutzung für den 10 MW_{el}-Modellfall (für den im Basisfall unterstellt wurde, dass die Anlagen ausschließlich zur Stromerzeugung genutzt werden) sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Abbildung enthält die Stromerzeugungskosten - neben denen des Basisfalls - für die folgenden Fälle:

- Es kann über 2.000 jährlichen Vollaststunden die komplette Abwärmemenge zur Einspeisung in ein Fernwärmenetz ausgekoppelt werden ("2.000 h/a - Fernwärme").
- Es kann über 6.000 jährlichen Vollaststunden die komplette Abwärmemenge zur Einspeisung in ein Fernwärmenetz ausgekoppelt werden ("6.000 h/a - Fernwärme").
- Es kann über 6.000 jährlichen Vollaststunden die komplette Abwärmemenge zur Prozessdampfversorgung (5 bar) eines Industriebetriebes ausgekoppelt werden ("6.000 h/a - Prozessdampf").

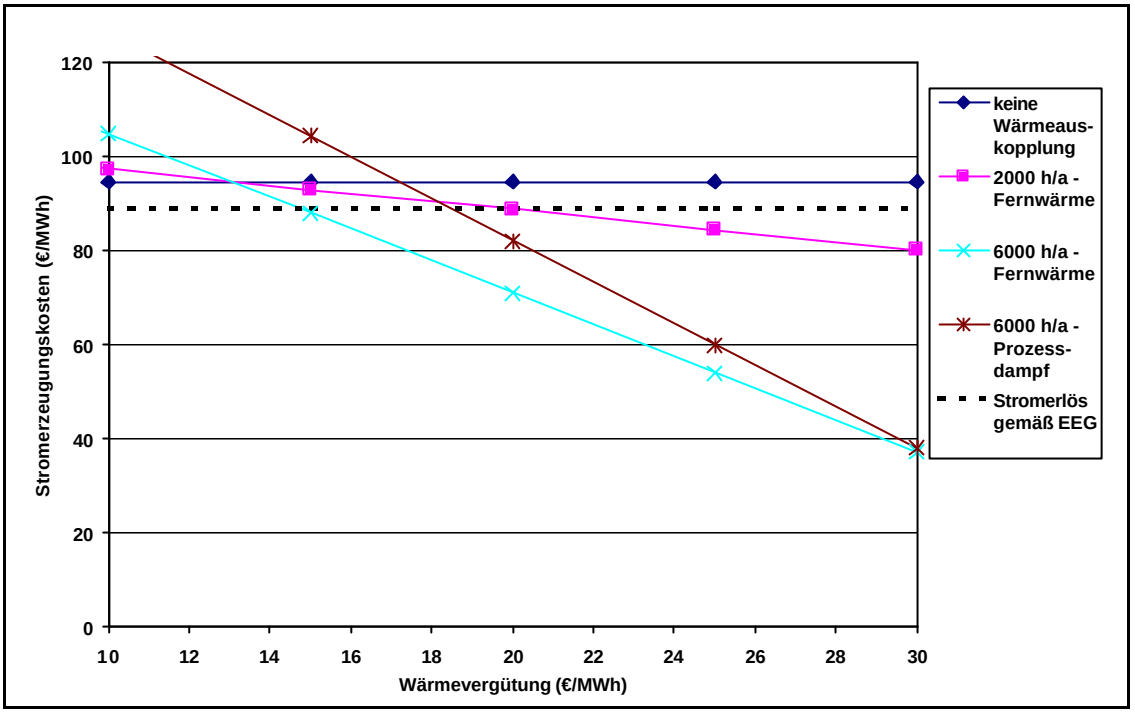

Abbildung 3-4: Stromerzeugungskosten von Anlagen zur Verstromung fester Biomassen in Abhängigkeit von Wärmeauskopplung und Wärmevergütung (10 MW_{el})

Aus der obigen Abbildung ergeben sich die folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Auskopplung von Abwärme zur Einspeisung in ein Fernwärmenetz ist mit geringeren Stromerzeugungskosten als die ausschließliche Stromerzeugung verbunden, falls ein Wärmeerlös von mindestens 13 €/MWh erzielbar ist. Für den Fall, dass über 2.000 jährliche Vollaststunden die komplette Abwärmemenge ausgekoppelt werden kann, ist jedoch die Verringerung der Stromerzeugungskosten bei üblicherweise erzielbaren Wärmeerlösen von bis zu 25 €/MWh eher gering. Zudem unterstellt dieser Fall ein Fernwärmenetz, dessen Größe (grob 3.300 Haushalte) in Deutschland eher selten ist.

- Kann die komplette, über 6.000 jährliche Vollaststunden auskoppelbare Abwärmemenge zur Einspeisung in ein Fernwärmenetz verwendet werden ("6.000 h/a - Fernwärme"), so ergibt sich eine bedeutende Absenkung der Stromerzeugungskosten gegenüber der ausschließlichen Stromerzeugung. Es ist jedoch zu bedenken, dass hierfür unterstellt wurde, dass das Fernwärmenetz knapp 50.000 Haushalte umfasst. Demnach weist dieser Fall einen eher akademischen Charakter auf.

- Die Prozessdampfauskopplung ist - bei Unterstellung derselben nutzbaren Abwärmemenge - mit höheren Stromerzeugungskosten als die Heißwasserauskopplung für ein Fernwärmenetz verbunden. Dieser Fall ist erst bei einem erzielbaren Wärmeerlös von über 18 €/MWh wirtschaftlicher als die ausschließliche Stromerzeugung. Auch dieser Fall wird aufgrund der hohen Prozessdampfmenge in Deutschland nur selten zu realisieren sein.

4. Stromerzeugungskosten von Rapsöl- und RME-BHKW-Anlagen

Die nominalen Stromerzeugungskosten von Rapsöl- und RME-BHKW-Anlagen sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

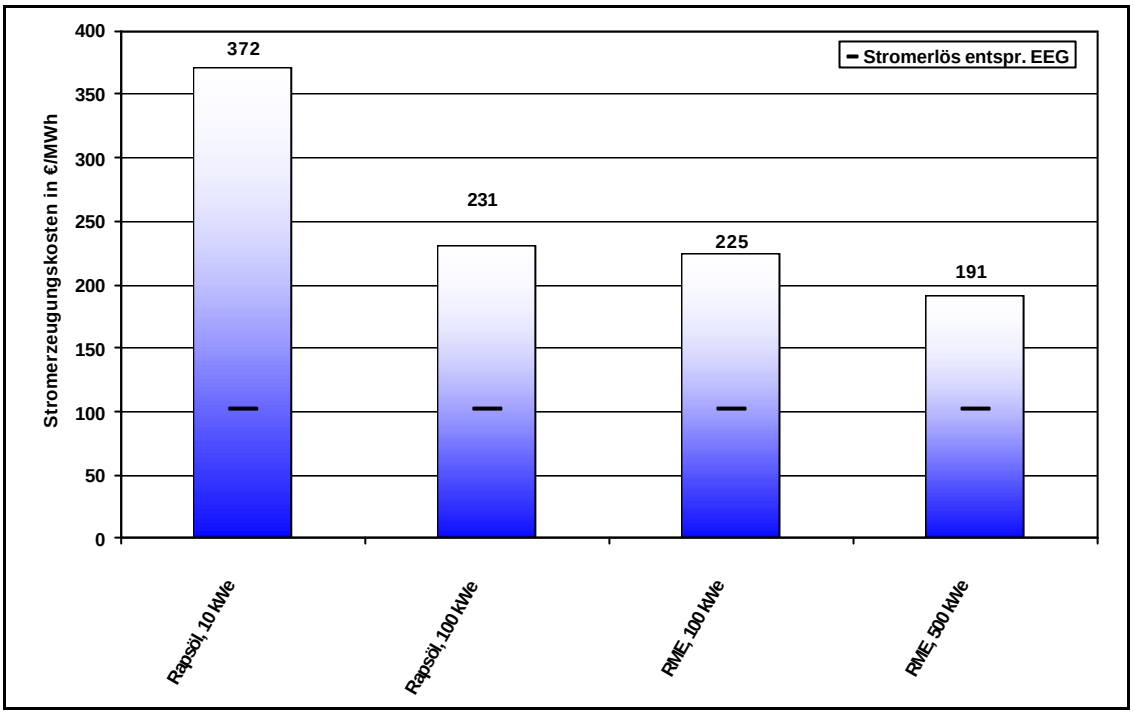

Abbildung 4-1: Stromerzeugungskosten (nominal) von Rapsöl- und RME-BHKW-Anlagen im Basisfall

Aus den Werten der Abbildung ergibt sich, dass Rapsöl- und RME-BHKW-Anlagen sehr hohe Stromerzeugungskosten aufweisen, die die Stromvergütung gemäß EEG bei weitem übersteigen. Dies ist im wesentlichen eine Folge der vergleichsweise hohen Brennstoffkosten.

Die Variation der Kosten für Rapsöl bzw. für RME zeigt, dass selbst bei einer bedeutenden Absenkung der Brennstoffkosten Rapsöl- und RME-BHKW-Anlagen nicht wirtschaftlich sind. Auch durch eine bedeutende Erhöhung der Wärmevergütung ist kein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb erzielbar.

5. Stromerzeugungskosten von Biogasanlagen

Die sich ergebenden nominalen Stromerzeugungskosten für Biogasanlagen sind für den Basisfall der folgenden Abbildung zu entnehmen.

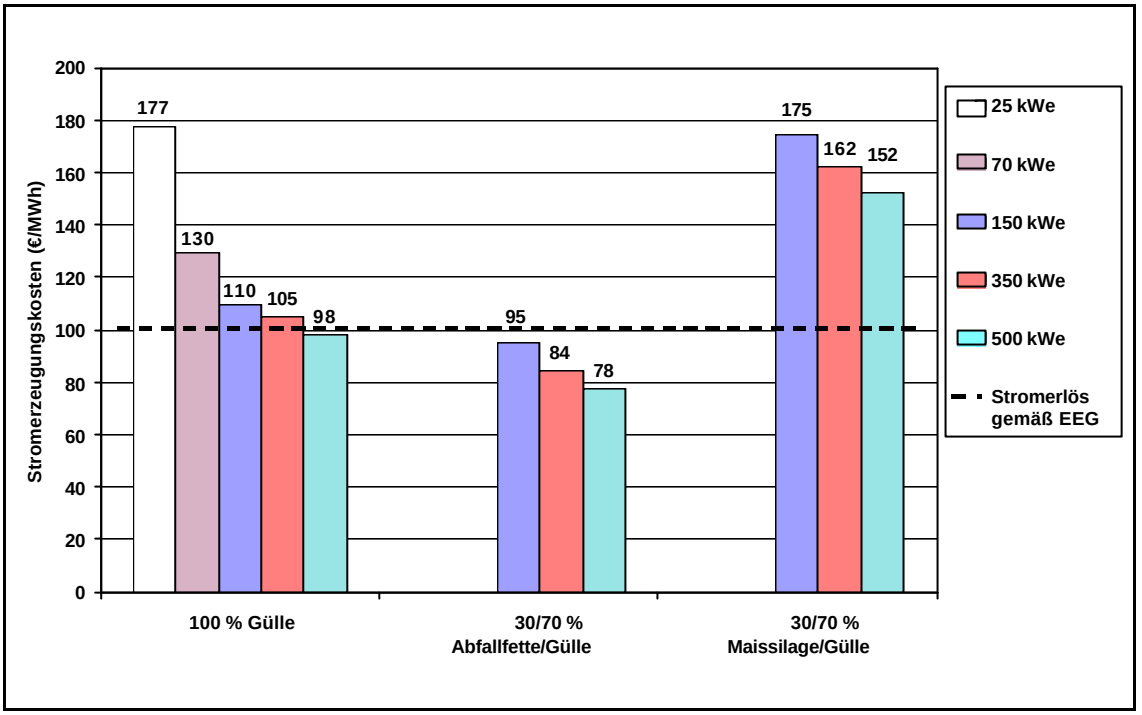

Abbildung 5-1: Stromerzeugungskosten (nominal) von Biogasanlagen im Basisfall

Demnach weisen die Stromerzeugungskosten - abhängig von der Anlagengröße und der Substratart - erwartungsgemäß eine große Bandbreite auf. So sinken die Stromerzeugungskosten mit zunehmender Anlagenleistung. Während Biogasanlagen mit Leistungen bis grob 100 kW_{el} bei den angesetzten Randbedingungen nicht wirtschaftlich betrieben werden können, weisen Anlagen großer Leistung (oberhalb von 200 kW_{el}) beim alleinigen Einsatz von Gülle - unter der Voraussetzung, dass deren kostenneutrale Annahme erzielt werden kann - Stromerzeugungskosten auf, die nur geringfügig von den Stromerlösen gemäß EEG abweichen, so dass im Falle günstiger vorhabensspezifischer Randbedingungen ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb möglich sein kann.

Der Einsatz von Maissilage (stellvertretend für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe) führt aufgrund der hohen Maissilagekosten - auch im Mix mit kostenneutraler Gülle - im Vergleich zum alleinigen Einsatz von Gülle zu grob 50 - 70 % höheren Stromerzeugungskosten - trotz geringerer Investitionskosten.

Die Nutzung von biogenen Abfallstoffen wie z. B. von Abfallfetten in Biogasanlagen mit Leistungen über 100 kW_{el} kann - abhängig von den preislichen Konditionen für die biogenen Abfallstoffe - zu einem wirtschaftlichen Anlagenbetrieb führen. Dies veranschaulicht die folgende Abbildung, in der die Stromerzeugungskosten in Abhängigkeit von den

Kosten bzw. Erlösen von Abfallfetten, die stellvertretend für den Einsatz biogener Abfallstoffe zu betrachten sind, dargestellt sind. Demnach ist bei den angesetzten Randbedingungen (und dem zugrunde gelegten Mix von 30 % Kosubstraten und 70 % Gülle) bei Biogasanlagen im Leistungsbereich von 150 kW_{el} die Erzielung von Erlösen bei der Kosubstratannahme für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb erforderlich, während sich bei Anlagen mit 350 bzw. 500 kW_{el} erst bei Kosubstratkosten von etwa 5 - 10 €/t höhere Stromerzeugungskosten als die Stromvergütung gemäß EEG ergeben.

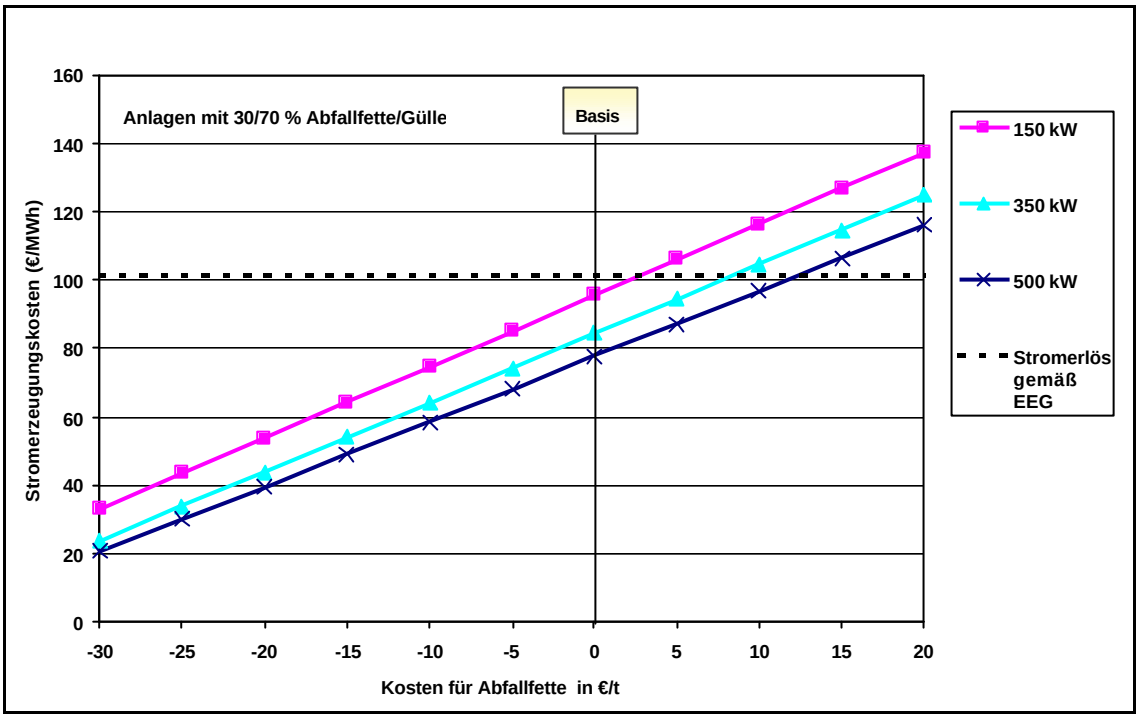

Abbildung 5-2: Stromerzeugungskosten (nominal) von Biogasanlagen in Abhängigkeit von den Kosten für Abfallfette

6. Stromerzeugungskosten von Deponie- und Klärgas-BHKW-Anlagen

Die nominalen Stromerzeugungskosten von Deponie- und Klärgas-BHKW-Anlagen sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

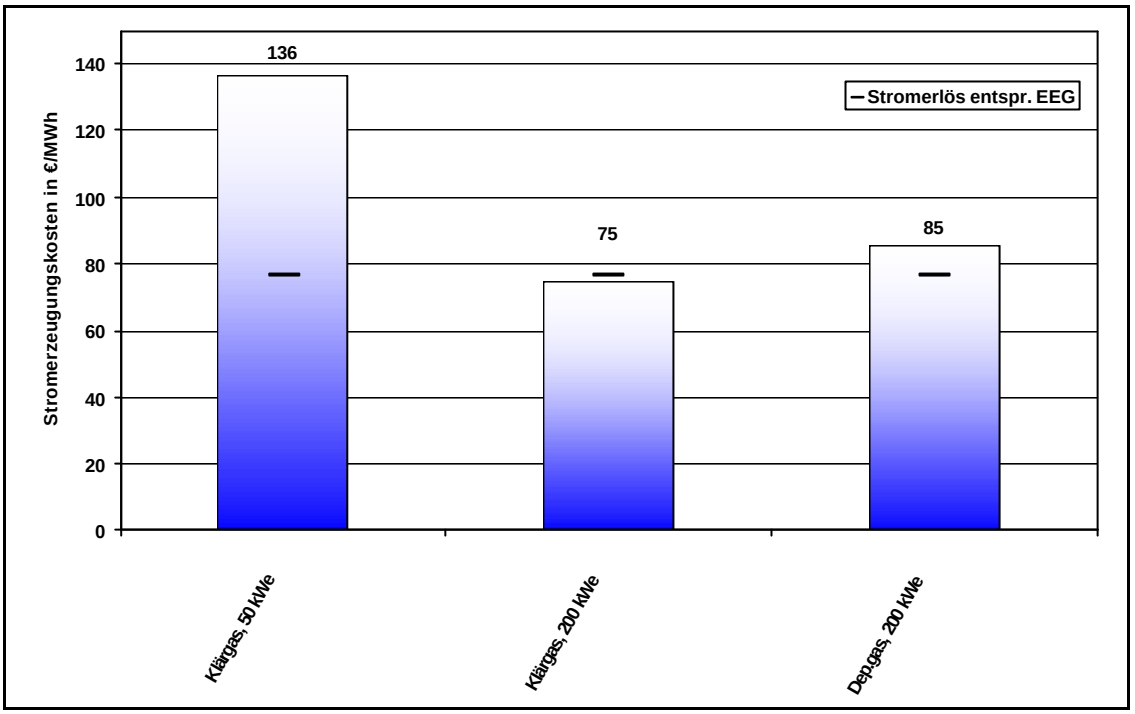

Abbildung 6-1: Stromerzeugungskosten (nominal) von Deponie- und Klärgas-BHKW-Anlagen im Basisfall

Aus den Werten der Abbildung ergibt sich, dass Klärgas-BHKW-Anlagen im kleinen Leistungsbereich (50 kW_{el}) hohe Stromerzeugungskosten aufweisen, die die Stromvergütung gemäß EEG beträchtlich übersteigen. Erwartungsgemäß sinken die Stromerzeugungskosten mit zunehmender Anlagenleistung, so dass ein Klärgas-BHKW mit einer Leistung von 200 kW_{el} bei den angesetzten Randbedingungen wirtschaftlich betrieben werden kann - unter der Voraussetzung, dass die zugrunde gelegte nutzbare Abwärmenge abgesetzt sowie die angesetzte Wärmevergütung erzielt werden kann. Im Gegensatz zu einem Klärgas-BHKW derselben Leistungsgröße ist die modellhafte Deponiegas-BHKW-Anlage mit einer Leistung von 200 kW_{el} - für die angenommen wurde, dass die anfallende Abwärme nicht genutzt werden kann - nicht wirtschaftlich.

Bundesinitiative BioEnergie BBE

"Mehr Marktanteile für die Bioenergie"

...lautet das Motto, mit dem die Bundesinitiative BioEnergie BBE den Einstieg in eine nachhaltige und umweltfreundliche Energiewirtschaft forcieren will. Das Ziel der BBE ist es, die Nutzung der Bioenergie als heimische und CO_2-neutrale Energieform im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor zu verstärken, ihre langfristige Wettbewerbsfähigkeit im Energiemarkt sicherzustellen und ihr den ihrem Potential entsprechenden Platz in der öffentlichen Meinung und in der Politik zu verschaffen.

▶ Wir vertreten dabei die Interessen der Bioenergie auf bundes- und EU-politischer Ebene und setzen uns für eine Verbesserung der politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ein.

▶ Wir ermöglichen es unseren Mitgliedern, in den Fachausschüssen für feste, flüssige und gasförmige Bioenergie die aktive Gestaltung der gemeinsamen Arbeit mitzugestalten.

▶ Wir bieten Ihrem Unternehmen die Vernetzung mit gewünschten Marktpartnern und stellen Kontakte für Projektkooperationen her.

▶ Wir stellen unseren Mitgliedern mit dem „BBE-Aktuell“ kontinuierlich aktuelle Marktinformationen zur Verfügung.

▶ Wir vertreten die Interessen der Bioenergie und unseren Mitgliedern auf Tagungen, Messen, Ausstellungen und in der Öffentlichkeit.

Zusammen sind wir stark!

Stärken Sie mit Ihrem Unternehmen die Marktposition und die Interessensvertretung der Bioenergie und werden Sie Mitglied der Bundesinitiative BioEnergie BBE. Informationen und Beitrittsunterlagen können Sie mit beiliegender Anmelde-Postkarte anfordern. Gerne stehen wir Ihnen auch für weitere Fragen zur Verfügung.

Bundesinitiative BioEnergie BBE
Godesberger Allee 142-148
D-53175 Bonn
Telefon: +49 - (0)2 28 – 81 98-140
Telefax: +49 - (0)2 28 – 81 98-205
eMail: info@bioenergie.de
Internet: www.bioenergie.de