
1.1.6.3 Heizkraftwerke

Volkmar Schäfer, ETA Energieberatung GbR

Einführung

Die wirtschaftliche Grundlage für den verstärkten Ausbau der Stromerzeugung bzw. der gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung in Deutschland auf Basis von fester Biomasse ist das „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien“ (EEG).

Aufgrund der hier festgesetzten Einspeisevergütung für regenerativ erzeugten Strom, können Biomasse-Heizkraftwerke wirtschaftlich betrieben werden! Allerdings sind Planung, Bau und Betrieb solcher Anlagen komplexer als bei anderen regenerativen Energieanlagen.

Effiziente Brennstofflogistik und ganzjährige Brennstoffversorgung, Strom- und Wärmeabsatz mit hoher Auslastung sowie Auswahl der geeigneten und zuverlässigen Technik müssen unter Berücksichtigung standortspezifischer Gegebenheiten optimal geplant und aufeinander abgestimmt werden.

Entwicklung und Tendenzen

Nach aktuellen Zahlen des Bundesumweltministeriums wurden im Jahre 2005 in Deutschland 10,2 % des Bruttostroms aus regenerativen Energieträgern erzeugt (2004: 9,5 %). An diesem „Ökostrom“ hat feste Biomasse einen Anteil von 8,6 %; die hiermit erzeugte Strommenge beläuft sich auf rd. 5,4 TWh/a.

Am Endenergieverbrauch für Wärme hatten alle erneuerbare Energien einen Anteil von 5,3 % (2004: 5,1 %). Der Anteil für Biomasseheizwerke und Biomasseheizkraftwerke beläuft sich hier auf rund 16 %; die hier erzeugte Wärmemenge summiert sich auf rund 12,8 TWh/a. Ende 2006 sind etwa 160 Biomasseheizkraftwerke mit einer installierten elektrischen Gesamtleistung von etwa 1,15 GW_{el} in Betrieb.



Abbildung 1: Biomasseheizkraftwerk Pfaffenhofen

Bisher wurden überwiegend Anlagen im Leistungsbereich von 10 bis 20 MW_{el} realisiert, jedoch sind die Auswirkungen der im novellierten EEG verbesserten Anreizwirkung für Heizkraftwerke kleinerer Leistung mittlerweile erkennbar.

Die novellierte und seit August 2004 gültige Fassung des EEG sieht nämlich eine höhere Einspeisevergütung für Strom aus kleineren Anlagen vor und vergütet zusätzlich den Einsatz von naturbelassener Biomasse, die Wärmeauskopplung sowie den Einsatz innovativer Technik.

Viele neue Projekte sind in Planung. Der Anlagenbestand wird deutlich steigen, insbesondere durch den Zubau kleinerer Biomasseheizkraftwerke, die naturbelassene Biomasse einsetzen.

Als Brennstoff (ca. 12 Mio. t/a) kommt derzeit zu knapp einem Drittel Altholz zum Einsatz, da es kostengünstiger ist als naturbelassene Biomasse und für die bereits bestehenden Anlagen bis zur Novellierung des EEG die gleichen Vergütungssätze vorgesehen waren. Jedoch verstärkt die im EEG festgelegte gesonderte Förderung nachwachsender Rohstoffe die Nachfrage nach naturbelassenem Holz.

Technik

Grundsätzlich lässt sich mit entsprechend geeigneten Biomasse-Anlagen neben Elektrizität, Dampf und Heizwasser auch Prozess- und Klimakälte (über Absorptionskältemaschinen) wirtschaftlich bereitstellen. Beim Biomasseheizkraftwerk Pfaffenhofen wurde das bereits eindrucksvoll bewiesen; die Anlage gilt als beispielhaft.

Oft wurden bisher reine Kraftwerke errichtet; die bei der Stromproduktion anfallende Wärme blieb ungenutzt. Vor dem Hintergrund der stark gestiegenen Öl- und Gaskosten sind aber die erzielbaren Wärmepreise zunehmend attraktiv. Durch die Nutzung der ausgekoppelten Wärme lässt sich immerhin der Gesamtwirkungsgrad verdoppeln bis verdreifachen.

Zur Stromerzeugung werden überwiegend konventionelle Energieumwandlungsverfahren genutzt. In einem Leistungsbereich von 0,5 eher 1,5 bis 20 MW_{el} werden üblicherweise Dampfturbinen zur Stromerzeugung eingesetzt. In einem speziell auf den Brennstoff abgestimmten Dampfkessel wird die Biomasse verbrannt. Die dabei freigesetzte Wärme wird zur Dampferzeugung genutzt. In einer Dampfturbine wird ein Teil der im Dampf enthaltenen Energie in mechanische Energie und letztendlich über einen angeflanschten Generator in elektrische Energie umgewandelt. Der so in der Anlage produzierte Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist und nach dem EEG vergütet. Die parallel erzeugte Wärme kann über ein Nah- bzw. Fernwärmenetz an Kunden verkauft werden.

Im Leistungsbereich von ca. 300 - 1.500 kW_{el} wird der so genannte ORC-Prozess ("Organic Rankine Cycle") eingesetzt. Er basiert auf einem dem Wasser-Dampf-Prozess ähnlichen Verfahren mit dem Unterschied, dass anstelle von Wasser ein organisches Arbeitsmedium verwendet wird. Aufgrund der niedrigen erforderlichen Temperaturen des ORC-Prozesses ist praktisch ein druckloser Kesselbetrieb mit einem Thermoöl-Kessel (Vorlauftemperatur 300°C) möglich. Dadurch können die spezifischen Investitionen pro Kilowatt elektrischer Leistung und die betriebsgebundenen Kosten gegenüber dem Wasserdampfprozess gesenkt werden. Das Verfahren repräsentiert den Stand der Technik, ist marktverfügbar und praxiserprobt. Darüber hinaus gilt der ORC-Prozess als innovative Technik, die einen um 2 ct / kWh erhöhten Vergütungssatz gewährleistet. Allerdings ist hier die Wärmeauskopplung systembedingt auf ein Temperaturniveau von max. 90°C begrenzt. Die ORC-Anlage ist aber bei ganzjährig konstanter Wärmeabnahme oft wirtschaftlicher als eine im vergleichbaren Leistungsbereich eingesetzte Anlage mit Dampfturbine.

Sonstige neue Techniken (thermochemische Vergasung, Pyrolyse, Stirling- oder Dampf-Motor etc.) sind eher die Ausnahme.

Am häufigsten eingesetzt wird in Biomasseheizkraftwerken die Rostfeuerung als Feuerungsanlage. Dabei werden als Rostformen Vorschub-, Wander- und (seltener) Rückschubroste genutzt. In der Holzbe- und -verarbeitenden Industrie kommen auch Unterschubfeuerung und Einblasfeuerung zum Einsatz (besonders geeignet für Sägespäne und Schleifstäube). Im größeren Anlagenbereich kann auch die stationäre Wirbelschichtfeuerung genutzt werden, jedoch erst ab einer installierten elektrischen Leistung von ca. 10 MW_{el}. Sie ist durch eine aufwändigere Technik, aber höhere Wirkungsgrade gekennzeichnet. /IE/

Neben der Verbrennung in speziell auf Biomasse optimierten Kesseln ist die Mitverbrennung in kohlegefeuerten Anlagen (Braun- und Steinkohlekraftwerke) technisch möglich und bereits hinreichend erprobt. Eine anteilige Vergütung des Stroms aus Biomasse erfolgt allerdings nicht, da nach EEG nur der Strom vergütet wird, der ausschließlich aus erneuerbaren Energien erzeugt wird.



Abbildung 2: Turbine mit Generator 6 MW_{el}

In Deutschland sind durchaus energiewirtschaftlich relevante Potenziale einer Stromerzeugung aus Biomasse gegeben. Zur Strom- bzw. gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung werden derzeit jährlich etwa 12 Mio. t/a Holz eingesetzt.

Altholz verzeichnet gegenüber 2003 / 2004 hierbei einen prozentual deutlich abnehmenden Anteil (von ca. 80 % auf ca. 30 %) am Gesamt-Biomasseeinsatz. Das Potenzial an verfügbarer Biomasse aus landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben sowie der Landschaftspflege wird in wesentlich höherem Maße genutzt. Mit der höheren Einspeisevergütung ist dieser Brennstoff in Deutschland zunehmend von Interesse. Als Folge dieses Nawaro-Bonus basiert ein zunehmender Anteil der ab 2004 geplanten Anlagen auf Waldholzsortimenten (ca. 30 % der geplanten Anlagen). Grünschnitt und Sägenebenprodukte machen in Summe die Hälfte des Brennstoffeinsatzes der neu geplanten Anlagen aus. Für die Verbrennung dieser naturbelassenen Hölzer gibt es eine Vielzahl erprobter Techniken.

Entsprechende Anlagen im kleinen und mittleren Leistungsbereich gibt es vorrangig in Deutschland und Österreich. Größere Leistungsbereiche mit z. T. weit über 20 MW_{el} finden sich in den skandinavischen Ländern wie z. B. Dänemark und Schweden.

In vielen Regionen Deutschlands fällt als landwirtschaftliches Nebenprodukt eine beachtliche Menge an Stroh an. Die Einspeisevergütung ist gleichwertig zu Waldhackschnitzeln; die Anlagen sind somit seit August 2004 deutlich wirtschaftlicher. Der Einsatz von Stroh erfordert infolge der schwierigen Brennstoffeigenschaften angepasste Konstruktionen in der ganzen Anlage (anlagenseitige Brennstoffaufbereitung, Verbrennungsanlage und Rauchgasreinigung). Üblicherweise eingesetzt werden gestufte Rostfeuerungen gekoppelt mit einem geeigneten System zur Rauchgasreinigung. In Deutschland und Österreich gibt es erst wenige Stroh-Heizwerke; in Spanien, Großbritannien und insbesondere Dänemark hingegen werden auch größere Stroh-Heizkraftwerke erfolgreich betrieben.

Vergleichbar zu Stroh finden auch andere halmgutartige Brennstoffe bisher in Deutschland wegen der schwierigen Brennstoffeigenschaften keine Nutzung. Grundsätzlich sind die verbrennungstechnischen Eigenschaften von holzartigen Brennstoffen günstiger als von halmgutartigen, da sie im Durchschnitt einen höheren Heizwert und einen geringeren Aschegehalt haben, sowie ein günstigeres Ascheerweichungsverhalten zeigen. Darüber hinaus hat

halmartige Biomasse einen deutlich höheren Chlorgehalt, der zu verstärkter Kesselkorrosion führt.

Energieplantagen zur Produktion von speziell angebaute Biomasse (z. B. Kurzumtriebsplantagen für holzartige Brennstoffe) sind durch das anziehende Preisniveau der Biomassesortimente zunehmend wirtschaftlich. An geeigneten Biomassesorten (Klonen) und Erntetechniken wird derzeit intensiv geforscht und versucht, noch vorherrschende Hemmnisse für die großflächige Nutzung abzubauen. Plantagenbiomassesortimente können zukünftig das Gesamt-Biomasseangebot deutlich erweitern.

Grundsätzlich gilt: Für geplante Projekte erwarten Investoren und insbesondere Banken ein schlüssiges Brennstoffkonzept. Eine Brennstofflogistik, die in allen Punkten wie Brennstoffbereitung, -transport und -handling optimiert ist, stellt die benötigten Brennstoffmengen dauerhaft und kostengünstig zur Verfügung.

Wirtschaftlichkeit

Bei richtiger Planung sind Biomasse-Heizkraftwerke sehr wirtschaftlich zu betreiben. Eine effiziente Brennstoffversorgung, eine auf den Bedarf angepasste Technik und ein langfristig gesicherter Energieabsatz sind drei Hauptsäulen für einen wirtschaftlichen Betrieb. Darüber hinaus garantiert das EEG eine attraktive Einspeisevergütungen für die Dauer von 20 Jahren.

Hiervon können nicht nur Energieversorger oder einzelne Großinvestoren profitieren. Für private Investoren gibt es eine zunehmende Zahl an Geldanlagen in Öko-Fonds oder Öko-Aktien. Ihr Marktvolumen in Deutschland wurde auf der Internationalen Messe über grünes Geld in Düsseldorf für 2004 auf 3,4 Milliarden Euro geschätzt – das sind immerhin etwa 0,8 Prozent des Gesamtanlagenvolumens.

Politische Rahmenbedingungen der EU

Die Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. September 2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt zielt darauf ab, den Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung in der Europäischen Union auf 22 % im Jahr 2010 zu erhöhen. Zu diesem Zweck verpflichtet die Richtlinie die Mitgliedstaaten, sich selbst entsprechende Richtziele für den Ausbau Erneuerbarer Energien zu setzen.

In der Mitteilung der Europäischen Kommission an den Rat und das Europäische Parlament (Stand 26.05.2006) wird der Stand der Entwicklung erneuerbarer Energien in der Europäischen Union untersucht. Sie ist der offizielle Bericht, den die Kommission gemäß Artikel 3 der Richtlinie 2001/77/EG vorlegen muss, um den Fortschritt der EU-15 im Hinblick auf die nationalen Ziele für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen zu bewerten. Deutschland befindet sich demnach auf dem richtigen Kurs.

In Anbetracht der zunehmenden Abhängigkeit Europas von fossilen Brennstoffen ist der verstärkte Einsatz von Biomasse eine der interessantesten Optionen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und der Nachhaltigkeit der Energieversorgung in Europa. In der Mitteilung der Kommission vom 7. Dezember 2005 „Aktionsplan für Biomasse“ wird eine Reihe von Maßnahmen der Gemeinschaft dargelegt, die geeignet sind um insbesondere die Nachfrage nach Biomasse zu steigern, das Angebot zu verbessern, technische Hindernisse auszuräumen und die Forschung zu fördern. [Mitteilung der Kommission vom 7. Dezember 2005: „Aktionsplan für Biomasse“ [KOM(2005) 628 endg. – Amtsblatt C 49 vom 28.2.2006]].

Im Grünbuch der Kommission vom 8. März 2006 „Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie“ [KOM(2006) 105 endg. – nicht im Amtsblatt veröffentlicht] werden die Grundzüge der neuen europäischen Energiepolitik, die eine nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energienutzung zum Ziel hat, beschrieben. Es schließt sich an das vorliegende Programm „Intelligente Energie für Europa“ 2003 - 2006 an.

Die Sicherung einer nachhaltigen Energieversorgung ist ein zentrales politisches Ziel der Bundesregierung. Vor diesem Hintergrund soll der Anteil Erneuerbarer Energien an der

Energieversorgung deutlich gesteigert werden. Eine wesentliche Idee hierbei ist, durch die Degressionseffekte der Breitereinführung dazu beizutragen, dass Strom aus Erneuerbaren Energien sich am Markt durchsetzen kann. Ein erfolgreiches Instrument zur Breitereinführung ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das die Erzeugung von regenerativem Strom aus Windkraft-, Wasserkraft-, Photovoltaik-, Geothermie-, Deponiegas-, Klärgas-, Grubengas- und Biomasseanlagen fördert.

Erneuerbare-Energien-Gesetz

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zählt zu den zentralen Elementen des energiepolitischen Maßnahmenbündels der Bundesregierung. Der Deutsche Bundestag hat dieses Gesetz am 29. März 2000 verabschiedet; es trat zum 1. April 2000 in Kraft.

Mit dem EEG wurde das in Deutschland durch das Stromeinspeisungsgesetz bereits 1991 eingeführte Einspeise- und Vergütungssystem zugunsten regenerativen Stroms an die Bedingungen im liberalisierten Strommarkt angepasst und erheblich verbessert.

Der Erfahrungsbericht zum EEG aus dem Jahr 2002 (Bundestagsdrucksache 14/9807) hat trotz der unverkennbaren Erfolge des EEG Änderungsbedarf deutlich gemacht. In seiner novellierten und seit August 2004 gültigen Fassung in der Version vom 07.11.2006 fördert das Gesetz insbesondere die Stromerzeugung aus kleineren Anlagen und vergütet zusätzlich den Einsatz von naturbelassener Biomasse, die Wärmeauskopplung sowie den Einsatz innovativer Techniken.

Für die Erzeugung von Strom aus Biomasse in kleineren Anlagen, die mit Industrierestholz und Waldholz befeuert werden, sowie Biogasanlagen unter 150 kW elektrisch – insbesondere wenn Nachwachsende Rohstoffe eingesetzt werden – waren die bisherigen Vergütungssätze des EEG für einen wirtschaftlichen Betrieb nicht ausreichend. Für Strom aus Biomasse wurde deshalb eine neue Stufe bei 150 kW mit einer maßvoll erhöhten Vergütung eingeführt. Darüber hinaus erhöhen sich die Vergütungssätze um einen angemessenen Betrag (NaWa-Ro- oder Direktbonus), soweit der Strom ausschließlich aus Pflanzen- und Pflanzenbestandteilen, die in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben oder im Rahmen der Landschaftspflege anfallen, und / oder aus Gülle bzw. Schlempe gewonnen wird, und die keiner weiteren als der zur Ernte, Konservierung oder Nutzung in der Biomasseanlage erfolgten Aufbereitung oder Veränderung unterzogen wurden. Hiermit werden die höheren Kosten beim Einsatz Nachwachsender Rohstoffe berücksichtigt, die neben Altholz und Bioabfällen für den weiteren Ausbau der energetischen Biomassenutzung von hoher Bedeutung sind.

Biomasse-Verordnung

Welche Sortimente zur Biomasse zählen und somit vergütungsfähig sind, regelt die Biomasse-Verordnung vom 28. Juni 2001 in der aktuellen Fassung vom 09. August 2005.

Damit hatte die Entwicklung regenerativer Energien einen Rahmen bekommen, der Planungssicherheit schafft und Investitionen in erneuerbare Energien attraktiv macht.

Tabelle 1: Vergütungen und Boni

| installierte Leistung | Grund-Vergütung | NawaRo Bonus | KWK Bonus | Technik Bonus |
|------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Stand 2007</i> | ct/kWh _{el} | ct/kWh _{el} | ct/kWh _{el} | ct/kWh _{el} |
| ≤ 0,15 MW _{el} | 10,99 | + 6 | + 2 | + 2 |
| ≤ 0,50 MW _{el} | 9,46 | + 6 | + 2 | + 2 |
| ≤ 5,00 MW _{el} | 8,51 | Holz: + 2,5 andere: + 4 | + 2 | + 2 |
| ≤ 20,0 MW _{el} | 8,03 | | + 2 | |

In oben abgebildeter Tabelle sind die Grundvergütungen für 2007 und die Boni für KWK (Neuanlagen), innovative Technik (Neuanlagen) und den ausschließlichen Einsatz nachwachsender Rohstoffe dargestellt (Alt- und Neuanlagen).

Der Bonus für KWK bedingt einen Nachweis für den Netzbetreiber, dass es sich um Strom im Sinne des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes handelt, bei Kleinanlagen unter 2 MW reichen entsprechende Herstellerunterlagen.

Eine Zusatzvergütung für innovative Technik gibt es u. a. für Biomasse-Strom aus Brennstoffzellen, Dampfmaschinen, Stirling-Motoren oder ORC-Anlagen.

Der NaWaRo- oder Direkt-Bonus wird ausschließlich für bestimmte nachwachsende Rohstoffe gezahlt. Hierfür sind beispielhaft Waldhackgut, Stroh und Landschaftspflegeschnitt zu nennen. Der Vergütungszeitraum des novellierten EEG beträgt 20 Jahre zzgl. des Inbetriebnahmejahres.

Die Grundvergütung wird jährlich um 1,5 %, bezogen auf den Vorjahreswert, reduziert. Die Boni bleiben unverändert.

Die anteilig höheren Förderungen für die unteren Leistungsbereiche bei größeren Anlagen werden verrechnet und mit einem Mischpreis vergütet.

Eine beschränkende Neuerung ergab sich für die Verwertung bestimmter (belasteter) Altholzsortimente. Strom aus der Verwertung von belasteten Althölzern der Kategorien A III und A IV wird bei Inbetriebnahme nach dem 30. Juni 2006 mit nur noch 3,9 ct / kWh_{el} vergütet. Die Einteilung dieser Altholzsortimente ist in der Altholzverordnung geregelt.

Für eine schnelle und exakte Berechnung der entsprechenden Vergütungen eignet sich der im Internet verfügbare und nachfolgend dargestellte EEG-Rechner.

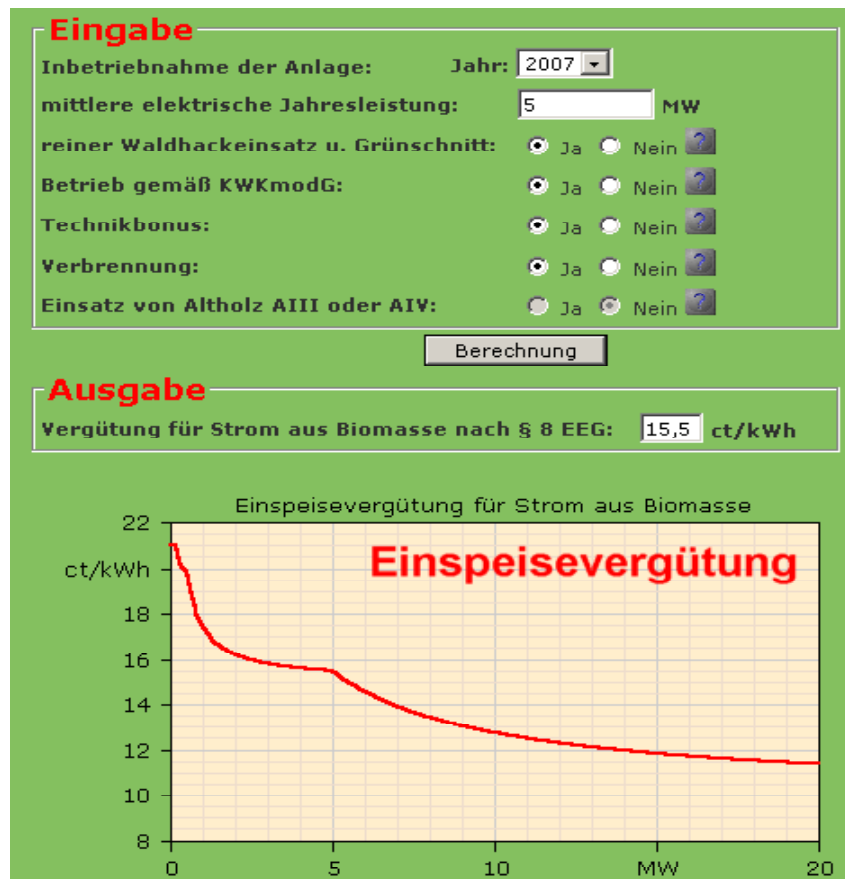


Abbildung 3: EEG-Rechner zur einfachen Berechnung (Internet: www.eta-energieberatung.de)

Förderung

Für Biomasse-Heizkraftwerke bzw. -kraftwerke gibt es, im Gegensatz zu Heizwerken, keine speziellen Förderprogramme.

Marktentwicklung

Vor dem Hintergrund einer durch das EEG garantierten Vergütung für Ökostrom sowie den in den letzten Jahren deutlich gestiegenen Wärmekosten werden zunehmend mehr Biomasse-Heizkraftwerke geplant oder befinden sich bereits in der Realisierung.

Bei den in Deutschland in Betrieb befindlichen Biomasseanlagen zur Stromerzeugung handelt sich überwiegend um Heizkraftwerke, die durch Gewerbe- und Industrieunternehmen betrieben werden und bei denen Wärme zu Prozesszwecken ausgekoppelt wird. In den letzten Jahren ist ein zunehmendes Interesse der Energiewirtschaft an der Verstromung fester Biomassen zu beobachten. So stellen überregionale und regionale Energieversorgungsunternehmen sowie Stadtwerke die Betreibergruppe mit den höchsten Zuwächsen an Biomasseheizkraftwerken dar.

Insbesondere wärmeintensive Branchen bzw. Betriebe mit ganzjährig hohem Wärmebedarf profitieren von einem Wechsel auf „Biomasse“. Die jährlichen Wärmekosten lassen sich hier deutlich reduzieren; und zwar nachhaltig und umweltfreundlich.

Dies gilt insbesondere für die Lebensmittelindustrie aber auch für z. B. Krankenhäuser oder Seniorenheime. Darüber hinaus wird ein Brennstoffwechsel durch die besondere Berücksichtigung innovativer Anlagentechniken im EEG unterstützt, weil jetzt auch kleinere Leistungsbereiche wirtschaftlich abgedeckt werden können. Eine derartige Anlage kann dem tatsächlichen energetischen Anforderungsprofil des jeweiligen Unternehmens einfacher angepasst werden.

Üblicherweise sollten Biomasseheizkraftwerke insbesondere anhand des gegebenen Wärmeabsatzes dimensioniert werden. Wurden bisher überwiegend Anlagen im Leistungsbereich von 10 – 20 MW_{el} realisiert, wird in den folgenden Jahren ein Zuwachs bei Anlagen im kleineren Leistungsbereich von 0,5 - 5 MW_{el} erwartet.

Solche Anlagengrößen sind darüber hinaus leichter mit regionalen Holzbrennstoffen zu versorgen. Eine Konkurrenz mit der Holzwerkstoffindustrie oder Papier- und Zellstoffindustrie ist beim Betrieb solcher Projekte nicht gegeben. Die mindere Qualität des hier eingesetzten Materials (nadelhaltig, rindenhaltig, Span- und Fasergröße) entsprechen nicht deren Anforderungen.

Doch auch andere Trends sind erkennbar. So könnten Anlagen für Rohstoffe interessant werden, die bisher aufgrund höherer Investitionen nicht wirtschaftlich betrieben werden konnten. Als Beispiel ist hier die Verbrennung von Stroh zu nennen, das z. B. aufgrund niedriger Ascheschmelzpunkte und erhöhter Chlor-Belastung eine spezielle und somit teurere Anlagentechnik erfordert.

Die derzeit in Betrieb befindlichen Biomasseanlagen verwenden überwiegend den Dampfkraftprozess mit Dampfturbine zur Stromerzeugung. Für eine große Zahl derzeit geplanter Projekte kommt aber bei gegebenen Randbedingungen (z. B. Wärmekunden mit Temperaturniveau von maximal 90°C) zunehmend der ORC-Prozess in Betracht. Projektgröße, Aufwand, Kosten und letztendlich Wirtschaftlichkeit sind hier entscheidend.

Getrieben durch den Wunsch auch Biomasseheizkraftwerke kleinerer Leistung zu realisieren, kommen heute zunehmend auch Dampfmaschinen oder Holzvergaser mit nachgeschaltetem Blockheizkraftwerk zum Einsatz. Bei Holzvergasern steht die Langzeiterfahrung in der Praxis jedoch noch aus.

Weiterführende Literatur

Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung.

Stand: Mai 2006; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
Internet: www.bmu.de

Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen.

Hg. v. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow. Münster, 2005. 353 S.;
CD-ROM (Datensammlung) Internet: www.fnr.de

Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Institut für Energetik & Umwelt gGmbH (IE); Leipzig 2003. 114 S. im Auftrage des BMU und des UBA. Internet: www.bmu.de

Fortschreibung der Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse. Institut für Energetik & Umwelt gGmbH (IE), Leipzig, 2004. 28 S. im Auftrage des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Baden-Württemberg (ZSW). Internet: www.bmu.de

Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, 1. und 2. Zwischenbericht (2005 und 2006); Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig

Adressverzeichnis. Nachwachsende Rohstoffe. Grundstoffproduzenten, Stoffliche Nutzung – Produkthersteller, Maschinen- und Anlagenhersteller, Organisationen. Hg. v. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow sowie aktualisierte Online-Adressdatenbank. Internet: www.fnr.de

Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien. Hg. v. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow. Münster, 2003. 692 S., 2. Aufl. Internet: www.fnr.de