

Arno Strehler, Freising

# Wärme-Kraftgewinnung aus Biomasse

## Stand der Technik bei Festbrennstoffen

**Biomasse ist vielfältig als Brenn- und Kraftstoff nutzbar, von tierischen Abfällen über Biogas bis zu Raps als Treibstofflieferant im Rahmen des Energiepflanzenbaus. Die größte Verbreitung fand die Holzfeuerung zur Wärme- und Stromerzeugung. Technische Neuerungen zielten auf die Verbesserung der Feuerungsqualität durch Einbau anspruchsvoller Regelungssysteme ab. 109 verschiedene Scheitholz- und Hackgutfeuerungen konnten in Prüfanstalten die Einhaltung dieser harten Emissionsgrenzwerte einer bayerischen Förderung nachweisen. Die Entwicklung von Holzvergäsern läuft im Leistungsbereich von 20 kW bis einige Megawatt weiter. Unter deutschen Bedingungen ist eine Rentabilität nur bei der Beiprodukt- oder Abfallnutzung gegeben.**

Zunächst soll die Kraftgewinnung aus Festbrennstoffen unter Beachtung einer möglichen Kraftwärmekopplung betrachtet werden.

### Die Vergasung von Festbrennstoffen mit Schwachgasnutzung

Es gibt eine große Zahl von Vergäsern, die im Holzbereich ihren Ursprung haben. Man unterscheidet in Systeme mit aufsteigender und absteigender Vergasung im Bereich der Festbettreaktoren und in sogenannte Fließbettvergäser beziehungsweise Wirbelschichtvergäser mit einfacher oder zirkulierender Wirbelschicht. Sehr viele Forschungsinstitute, aber auch Anlagenhersteller befassen sich mit diesem Themenbereich. Bei einigen Herstellern beginnt die Markteinführung ihrer Produkte, wobei in Deutschland kaum ein Absatz zu finden ist, solange billiges Heizöl über den Dieselmotor zur Kraftgewinnung benutzt werden kann. Deshalb wird die Anwendung von Biomassevergäsern vor allen Dingen im Bereich der Reststoffentsorgung zuerst Fuß fassen.

Bei den traditionsreichen Holzvergäsern mit absteigender Vergasung und Gasnutzung in einem Verbrennungsmotor besteht nach wie vor das Problem, das

Schwachgas unter tragbaren Kosten soweit zu reinigen, daß Motoren unbeschadet betrieben werden können. Verschiedene Filtersysteme werden weiterentwickelt.

Im Bereich des aufsteigenden Vergäsert hat eine dänische Firma Aktivitäten unternommen, auch Stroh zu vergasen. Dabei besteht natürlich das Problem der Kondensatbildung und Kondensatbeseitigung [1]. Über den aufsteigenden Vergäser für Stroh wurde bereits in mehreren Vortragsveranstaltungen berichtet [2]. Ein Vergasungssystem mit zirkulierender Wirbelschicht wird für Forschungszwecke am Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik e.V. in Oberhausen betrieben. Die Besonderheiten des ZWS-Holzvergäserzeugers nennt [3].

Für Großanlagen scheint es interessant zu sein, Biomassevergäser mit Gasturbinen zu koppeln. Die Abwärme der Gasturbinen wiederum läßt sich in Dampfturbinen nutzen. Je nach Dampfturbinenart läßt sich nun mehr oder weniger viel Energie für die gekoppelte Wärmebereitstellung abzweigen. Ein interessantes Großprojekt wurde auf der internationalen Fachtagung „Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ in Freiberg vorgestellt [4].

Sehr umfangreich wird der Stand der Technik für Kleinbiomassevergäsertechnologie in einer Studie von Novem, BTG Biomass Technology Grub Enschede im September 1996 beschrieben [5]. Es werden die Aktivitäten aus Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, den Niederlanden, Österreich, England, Schweden und der Schweiz dargelegt. 30 verschiedene Anlagenarten werden untersucht, die Ver-

gäserbauarten erstrecken sich vom alten Imbertvergäser (absteigendes System) über mehrstufige absteigende Vergäser zu kombinierten aufsteigenden und absteigenden Vergäsern bis hin zu Fließbettvarianten, die hier zu beschreiben der Platz nicht ausreicht. Ziemlich genaue Daten gibt es vom Wamslervergäser (mittlerweile Hugo Petersen), die Gasproduktion beträgt 440 m<sup>3</sup>/h bei einem Heizwert von 4500 kJ/m<sup>3</sup>. Der maximale Feuchtegehalt für Holz wird mit 18 % angegeben. Die Abgastemperatur liegt zwischen 600 und 800 °C. Eine Dioxinentwicklung wurde in den Abgasen nicht festgestellt.

### Feuerungsanlagen-Verbindung mit Stirlingmotor

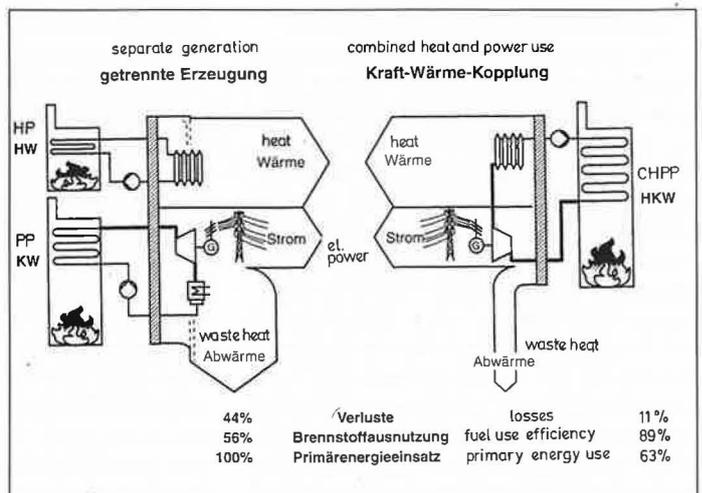
Stirlingmotoren waren vor den Verbrennungsmotoren weit verbreitet. Aufgrund der Schwierigkeiten mit der Biomassevergasung besteht immer wieder Interesse daran, einen Heißgasmotor mit einer Feuerung zu kombinieren. Mehrere Hersteller produzieren in Deutschland Stirlingmotoren wie Solo und Heidelberg [6]. Seriengeräte sind noch nicht auf dem Markt, werden aber im Bereich bis 20 kW bald erwartet.

### Verfeuerung von Biomasse und Kraftgewinnung über Dampf

Dampf läßt sich mit verschiedener Temperatur und unterschiedlichem Druck bereitstellen. Anlagen mit höheren Drücken und Temperaturen haben natürlich einen höheren Wirkungsgrad, werden jedoch durch die anspruchsvollere Technik sehr

Bild 1: Brennstoffeinsparung durch Kraft-Wärme-Kopplung (nach [7])

Fig. 1: Fuel savings with combined power-heat-generation



Dr. Arno Strehler ist Abteilungsleiter an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik Weihenstephan, Technische Universität München, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising.

teuer. Kleinere Leistungen (ab 200 kW) können bereits über Dampfmotore erzielt werden. Die Wirkungsgrade liegen jedoch unter 10 %. Dampfturbinen, die es bereits ab 500 kW zu kaufen gibt, weisen höhere Wirkungsgrade auf, bei ausgefeilten Großanlagen sogar über 40 %. Nur wenn die Kombination zwischen Gas- und Dampfturbine gewählt wird, können die Wirkungsgrade zur reinen Stromerzeugung über 50 % erreichen. Die zusätzliche Abwärmenutzung erhöht den Wirkungsgrad erheblich, wie ein Beispiel nach [7] veranschaulicht (Bild 1).

### Festbrennstoffe-Wärmeerzeugung in Feuerungsanlagen

#### Die Halmgutfeuerung

Aufgrund der geringen Heizölpreise und der mit Halmgut verbundenen höheren technischen Aufwendungen gibt es in Deutschland nur sehr wenige Neuinvestitionen auf diesem Gebiet. Automatisch beschickte Anlagen, die technisch perfektioniert sind, werden aus Dänemark importiert. Nur wenige deutsche Hersteller bieten für die Halmgutfeuerung und hier insbesondere für die Strohfeuerung Anlagen an. Für gehäckseltes oder pelletiertes Stroh werden Feuerungen mit wassergekühltem Rost und automatischer Brennstoffzuführung gewählt.

#### Holzfeuerung

Im Bereich der Holzfeuerung gibt es zahlreiche Aktivitäten, zumal der Holzabsatz generell stagniert. In den letzten Jahren wurden sehr große Erfolge in der Verbesserung der Feuerungstechnik erzielt, angefangen bei einfachen Kaminkassetten, Kaminöfen, Kachelöfeneinsätzen, Kochherden, Heizungsherden, Scheitholzkesseln und Hackgutfeuerungsanlagen von 15 kW bis zu Anlagen im Megawattbereich.

Moderne Kachelöfeneinsätze verfügen bereits über eine vollautomatische Regelung von Primär- und Sekundärluft, manche Hersteller bieten sogar Mikroprozessoren an (rund 1500 bis 2000 DM), die nach dem zeitlichen Verbrennungsablauf Luftklappen automatisch verstellen. Bei Kachelgrundöfen setzten sich Systeme mit oberem Abbrand durch. Bei Holzheizkesseln wurde der untere Abbrand bei fast allen Anbietern als optimale Lösung gewählt, da hiermit Brennstoff auf Vorrat in den Füllraum eingestapelt werden kann. Nachheizintervalle von sechs Stunden bei Nennlast werden von guten Anlagen erreicht, das setzt jedoch ein Füllraumvolumen von 6 l/kW voraus. Zur gleichmäßigen Gasfreisetzung wird die Primärluft dem Leistungsbedarf entsprechend vollautomatisch reguliert. Die Sekundärluft für die Nachbrennkammer

Tab. 1: Zahl der geprüften Anlagen nach Leistungs- und Förderklassen bei Hackgutförderungsanlagen [8].

Table 1: Number of tested chipped wood furnaces, according to capacity and subsidy classes

Förderklasse	2 I	2 II	2 III	Summe
Kessel bis 30 kW	1	1	3	5
Kessel 31 bis 49 kW	2	3	5	10
Kessel über 49 kW	2	3	19	24
Summe	5	7	27	39

oder Gasbrennkammer wird im richtigen Verhältnis zudosiert, bei sehr anspruchsvollen Regelungssystemen sogar mit Abgassonden nach dem Sauerstoffgehalt oder CH-Gehalt nachjustiert. Da Scheitholzkessel im Teillastbereich unter 50 % nicht zuverlässig funktionieren, jedoch mehr als die halbe Heizperiode weniger als 50 % der Vollast gefordert werden, müssen Wärmepufferspeicher installiert werden. Diese erlauben den Betrieb der Kesselanlage im Optimallastbereich, während aus dem Pufferspeicher jede beliebige Teillast entnommen werden kann, ohne auf die Feuerung Einfluß zu nehmen. Die Feuerungsqualität hängt ganz wesentlich von der Gasverweilzeit im Gasbrennraum (Nachbrennraum) ab. Bei trockenem Holz werden wenigstens 0,5 s Gasverweilzeit gefordert, das ergibt ein Mindestvolumen der Nachbrennkammer von 1,3 l/kW. Gute Scheitholzkessel weisen eine entsprechende Dimensionierung auf. Dies beweisen Meßergebnisse von 71 geprüften Scheitholzkesseln, die an offiziellen Prüfanstalten als Basis für die Bayerische und Bundesförderung erzielt wurden.

Nach der Ausführungsform von Scheitholzkesseln gibt es frontbeschickte und von oben beschickte Anlagen für Scheitholzlängen von 33, 50 und 100 cm. Die Preise für derartige Kessel bewegen sich je nach Leistung und Ausführungsart zwischen 200 und 600 DM/kW.

Feuerungsanlagen für automatische Brennstoffnachführung sind technisch komplizierter und daher teurer als Scheitholzkessel. Das Angebot reicht von Einzelöfen mit automatischer Pellet- oder Hackguteinspeisung (ab 8 kW) bis zu Großanlagen im Megawattbereich. Der Pelletofen, der mittlerweile auch als Kleinkessel angeboten wird, besticht durch seine Einfachheit im Feuerungsbereich. Ein Rauchgasgebläse sichert die richtige Verbrennungsluftmenge und Anströmgeschwindigkeit im Brennstoffbereich. Um möglichst billig von Öl auf Holzhackgut umstellen zu können, wurden Voröfen und Einschleibeuerung entwickelt. Bei den Einschleibeuerungen wird der Ölbrenner aus dem Kessel geschwenkt und

die Einschleibeuerung stattdessen eingeführt. Die Verbrennung findet im Kessel statt. Im Fall der Voröfen wird ebenfalls der Ölbrenner abgeschwenkt oder demontiert und das Verbindungsrohr zum Vorofen angeflanscht. Für den Vorofen selbst gibt es verschiedenste Feuerungstechniken, meist Unterschubfeuerungen, jedoch auch Schrägrostfeuerungen und für größere Anlagen für einen fast wartungsfreien Betrieb Schubrostsysteme. Für neue Investitionen werden Kessel mit integrierter Hackgutfeuerung bevorzugt, das Angebot reicht von 15 kW bis 20 MW. Bei Kleinanlagen ist die Unterschubfeuerung weit verbreitet. Bei Anlagen über 100 kW werden Schubroste eingesetzt. Einfache Anlagen arbeiten mit beweglichen Elementen im Rostbereich, um den Brennstoff gleichmäßig zu verteilen und Asche zuverlässig abzuscheiden. Über die Feuerungsqualität geben ebenfalls Prüfergebnisse aus Prüfanstalten Aufschluß. Für die bayerische Förderung müssen besonders enge Grenzwerte eingehalten werden, Förderlisten geben die notwendige Information über die Feuerungsqualität der einzelnen Anlagen. Bis Juli 1997 wurden 39 Hackgutfeuerungsanlagen bis 100 kW geprüft. Eingeteilt wird in drei Förderklassen nach der Feuerungsqualität. Förderklasse 1: Wirkungsgrad 80 %, Kohlenmonoxyd 500 mg/m<sup>3</sup> bei Nennlast, 1000 mg/m<sup>3</sup> bei Schwachlast (30 %), Staub 75 mg/m<sup>3</sup>. Förderklasse 2: Wirkungsgrad und Staub wie bei Klasse 1, Kohlenmonoxyd 250 mg/m<sup>3</sup> bei Nennlast und 500 mg/m<sup>3</sup> bei Schwachlast (30 %). Förderklasse 3: Sie unterscheidet sich von der Klasse 2 durch höhere Ansprüche an den Staubgehalt, es werden 50 mg/m<sup>3</sup> gefordert. Tabelle 1 gibt Aufschluß über die Zahl der geprüften Anlagen mit der Angabe der jeweiligen erzielten Förderstufe nach drei Leistungsklassen. Der Zuschuß wird nach Leistung und Emissionsklasse von 2000 bis 16000 DM pro Anlage gesteigert (solange Fördermittel bereitstehen).

Größere Hackgutfeuerungsanlagen können auch mit Dampfkesseln bestückt werden, um die Kraftwärmekopplung zu verwirklichen.

**Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 97626 erhältlich.**

#### Schlüsselwörter

Biomasse, Kraftwärmekopplung, Kraftgewinnung, Wärmeerzeugung

#### Keywords

Biomass, combined heat and power plant CHP, power and heat generation