

10. Andere Techniken zur Verstromung von Stroh

Für die Kraft-Wärme-Kopplung in kleinerem Maßstab, d.h. Fernwärmewerke, Institutionen und Hofanlagen, besteht sowohl national als auch international ein Marktpotential. Es laufen mehrere Entwicklungsprojekte, die darauf abzielen, Technologie zu entwickeln, mit der Biomasse im kleinen Maßstab und mit akzeptablen Stromwirkungsgraden verstromt werden kann. Zu nennen sind hier Flash-Pyrolyse, Stirlingmotor und Dampfmotor.

Flash-Pyrolyse

Bei der Pyrolyse von Biomasse werden die flüchtigen Bestandteile des Strohs (75-80% des Brennwertes) bei Erhitzung in einer sauerstofffreien Atmosphäre zu Gasen. Wenn der Pyrolysevorgang sehr rasch abläuft und die Gase, die dabei entstehen, ebenfalls sehr schnell abgekühlt werden, wird ein hoher Ertrag (typisch 60-70%) eines ölähnlichen Produktes erzielt, Pyrolyseöl.

ELKRAFT beteiligt sich seit einigen Jahren an mehreren Pyrolyseprojekten in Kanada, Finnland und in EU-Regie, teils, um zu untersuchen, inwieweit sich der Prozeß für Stroh eignet, teils um die Geeignetheit von Pyrolyseöl (technisch und ökonomisch) in Dieselmotoren und Kesseln zu untersuchen. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß Stroh ohne Probleme im Prozeß selbst in Pyrolyseöl umgesetzt werden kann, daß aber weitere Verfahren entwickelt werden müssen, um die Feststoffpartikel wirkungsvoll aus dem Gas abscheiden zu können, bevor es kondensiert wird. In England und Finnland wurden kurzzeitige Versuche mit Pyrolyseöl als Brennstoff in Dieselmotoren in der Größenordnung 60, 250 und 1500 kW unternommen. Verbrennungstechnisch verhält sich Pyrolyseöl unproblematisch, allerdings sind aufgrund des niedrigen pH-Wertes (3-4) von Pyrolyseöl Änderungen an allen Komponenten erforderlich, die mit dem Öl in Berührung kommen. Andere Versuche zeigen, daß Pyrolyseöl relativ einfach sowohl in großen als auch in kleinen Kesseln genutzt werden kann. Die Kraft/Wärmekopplung mit Pyrolyseöl ist z.B. in Gestalt einer zentralen Flash-Pyrolyseanlage, einem Distributionssystem (Tankwagen) und mehreren kleineren Heizkraftanlagen denkbar, die z.B. nur aus einem unbemannten Dieselmotor

bestehen. Der geringe Gehalt des Pyrolyseöls an Asche, Chlor und Alkali kann es auch für einen alternativen Anwendungsbereich, nämlich die Teilbefehuerung in zentralen Kraftwerken, interessant machen. Ökonomisch ist diese Lösung bei den derzeitigen Preisen für Stroh und Holzhackschnitzel jedoch nicht attraktiv.

Stirlingmotor

Der Aufbau eines Stirlingmotors macht ihn besonders geeignet für schwierige Brennstoffe, denn die Verbrennung erfolgt nicht im Zylinder, sondern außen wie in einem Kessel. Je nach der Ausformung von Motor und Befehuerungsausrüstung können gasförmige, flüssige und feste Brennstoffe verwendet werden. Es liegt daher nahe, diese Technologie auch in biomassebefehuerten Heizkraftwerken einzusetzen. An der Dänischen Technischen Universität (DTU) wird an der Entwicklung von drei Motoren mit Stromleistungen von 150, 35, bzw. 9 kW gearbeitet. Die Entwicklung und Erprobung der drei Motortypen erfolgt in mehreren Projekten. Der 150 kW_{el}-Motor wird finanziell von ELKRAFT und der dänischen Energiebehörde unterstützt und basiert auf Vergasungstechnik. Der 35 kW_{el}-Motor wird von der Energiebehörde im Rahmen von zwei Projekten unterstützt, die Arbeit erfolgt im Zusammenarbeit mit den Firmen REKA A/S und Plan-Energi A/S. Der 9 kW_{el}-Motor wird finanziell von Naturgas Midt-Nord und der Energiebehörde gefördert. Dieser Motor ist für gasförmigen Brennstoff vorgesehen und wird im folgenden nicht weiter erwähnt.

Es müssen Stirlingmotoren entwickelt werden, die Biomasse direkt in stationären Anlagen zur Stromerzeugung nutzen können. Das bedeutet, daß bei den Heizflächen des Motors die Erfahrungen mit der Nutzung von Biomasse in

größeren Dampfanlagen berücksichtigt werden müssen. Außerdem ist der Motor hermetisch geschlossen, da der Generator in ein unter Druck gesetztes Kurbellwellengehäuse eingebaut ist. Wenn gleichzeitig fettgeschmierte geschlossene Lager benutzt werden, ist das Problem mit dem Austreten von Arbeitsgas und Öl in die Arbeitszylinder gelöst. Die Temperatur in den Heizflächen des Motors muß so hoch wie möglich sein, damit ein guter Wirkungsgrad erzielt wird. Praktisch heißt das, daß die Temperatur auf den Heizflächen mindestens 650-700 °C betragen muß. Das Rauchgas, das die Heizflächen verläßt, hat eine hohe Temperatur. Deshalb benutzt man einen Luftvorwärmer, der die Verbrennungsluft mit Hilfe der heißen Rauchgase erhitzt. In einem Erdgasbrenner stellt die heiße Verbrennungsluft kein Problem dar. Bei Holzhackschnitzel oder Stroh besteht dagegen die Gefahr, daß die Asche wegen der hohen Temperatur schmilzt und sich auf den wärmeübertragenden Flächen absetzt. Die Entwicklung eines effektiven Verbrennungssystems stellt daher einen wichtigen Teil der dänischen Stirlingmotor-Aktivitäten dar.

Bei der Entwicklung der 150 kW_{el}- und 35 kW_{el}-Motoren wurde berücksichtigt, daß als Energiequelle Biomasse genutzt werden soll, entweder durch Verbrennung oder durch Vergasung. Daher sind Brennkammer und Kesselsektion erheblich größer als bei einem entsprechenden Stirlingmotor für Erdgas oder Öl. Teils ist die Ausbrennzeit für Festbrennstoffe länger als für Öl und Gas, teils muß wegen des Partikelgehaltes großer Abstand zwischen Rohren und Flossen an den Heizflächen des Stirlingmotors bestehen. Die Wärmebelastung im Erhitzer beträgt ca. 50 kW/m², das entspricht der Wärmebelastung in einem Dampfkessel für Hackschnitzel. Es ist aber nur 1/4 bis 1/5 der Belastung in ei-

	Einheit	Stirling 35	Stirling 150	Sunpower Inc
Stromleistung, netto	kW	33	142	2.5
Wärmeleistung	kW	102	350	Nicht bek.
Stromwirkungsgrad	-	21	26	20
Spez. Anl. preis	DKK/kW _{el}	20.000	15-20.000	20.000

Tabelle 10: Der Stirlingmotor. Der Stromwirkungsgrad ist bei Vollast. Der Jahreswirkungsgrad ist niedriger, je nach Betriebsbedingungen. Der Anlagenpreis ist ein versschlagter Preis. Die angegebenen Daten basieren auf Versuchsergebnissen, als Brennstoff wurde Hackschnitzel verwendet.

nem gasbefeuerten Stirlingmotor. Als Brennstoff wird bei den Entwicklungsprojekten vor allem Hackschnitzel verwendet, möglich ist jedoch auch Stroh. Der Chlor- und Alkaligehalt von Stroh führt zu Korrosion auf den Heizflächen, durch ein Waschen des Strohs kann der Gehalt an aggressiven Komponenten gesenkt werden (vgl. Kapitel 2 und Literaturverzeichnis 3 und 49).

Eine amerikanische Firma - Sunpower Inc. in Ohio - hat 1996 sechs Prototypen eines 2,5 kW_{el}-Stirlingmotors mit einem linearen Generator hergestellt, der ohne Kurbelwelle direkt mit dem Kolben verbunden ist. Als Brennstoff dienen Holz, Bagasse (ausgepresstes Zuckerrohr), Reisschalen, Stroh u.ä. Bei einer Jahresproduktion von 10.000 Stück beträgt der Preis \$ 6000, das entspricht ca. 20.000 DKK/kW_{el}.

Dampfmotor

Dampfmotoren können in Heizkraftwerken bis ca. 1 MW_{el} eine Alternative sein, d.h. in kleinen Werken, die den Heizbedarf in kleineren Orten mit bis zu 500 Wohneinheiten decken können.

Ein Dampfmotor bietet folgende Vorteile:

- Ein Dampfmotor dieser Größe kann bei Preis und Wirkungsgrad mit einer Dampfturbine konkurrieren.
- Die Technik ist relativ einfach.
- Das Arbeitsmedium ist Dampf, der in einem Kessel erzeugt wird, der für verschiedene Biobrennstoffe ausgelegt ist.

Nachteilig (oder entwicklungsbedürftig) ist folgendes:

- Es muß eine Maschine entwickelt werden, die nicht mit Öl geschmiert wird, da das Austreten von Öl in die Zylinder die Dampfqualität verringert.

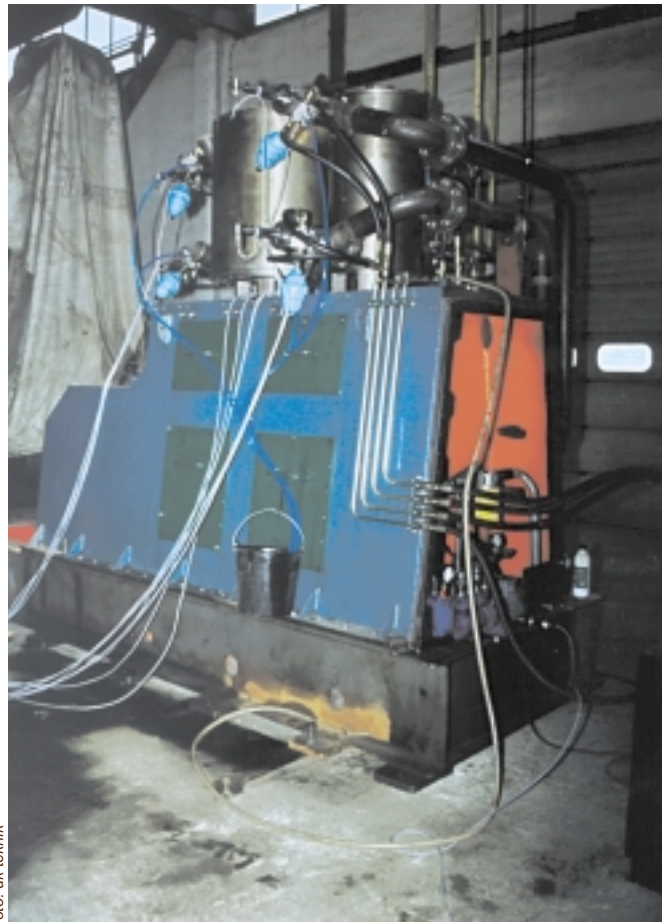


Foto: dk-technik

Der Prototyp eines in Dänemark gebauten Dampfmotors (aufgestellt für den Probetrieb). Die Dampfhöhre liefern Dampf für den Hochdruckzylinder und danach den größeren Niederdruckzylinder. Die hydraulische Ventilsteuerung ist oben links hinter dem Niederdruckzylinder zu sehen.

- Die alte Schiebersteuerung der Ventile ergibt einen niedrigeren Wirkungsgrad als eine moderne hydraulische Ventilsteuerung.

Um einen modernen Dampfmotor zu entwickeln, wurde ein zweizylindriger Prototyp mit einem Dampfdruck von 24 bar und einer Dampftemperatur von 380 °C mit ölfreien Kolbenringen aus Kohlefaser und mit hydraulisch gesteuerten Ventilen hergestellt. Das Projekt wird von dk-TEKNIK und der Ingenieurfirma Milton Andersen durchgeführt und von

der EU und der dänischen Energiebehörde bezuschußt. Nach zufriedenstellendem Probetrieb mit dem Prototyp soll ein Dampfmotor gebaut werden, der mit 70 bar und 550 °C arbeitet.

Ein kommerziell verwertbares Produkt in der Größenordnung 1 MW_{el} und mit einem Netto-Stromwirkungsgrad von knapp 20% kann zwischen 2000 und 2005 auf den Markt gebracht werden. Der spezifische Anlagepreis wird auf 20-25 Mill. DKK pro MW_{el} geschätzt (3, 12, 50).