

Strom aus fester Biomasse - Der neue Dampfschraubenmotor, klein und wirtschaftlich

Planung und Wirtschaftlichkeit eines Hackschnitzelheiz(-kraft)werkes mit Nahwärmenetz

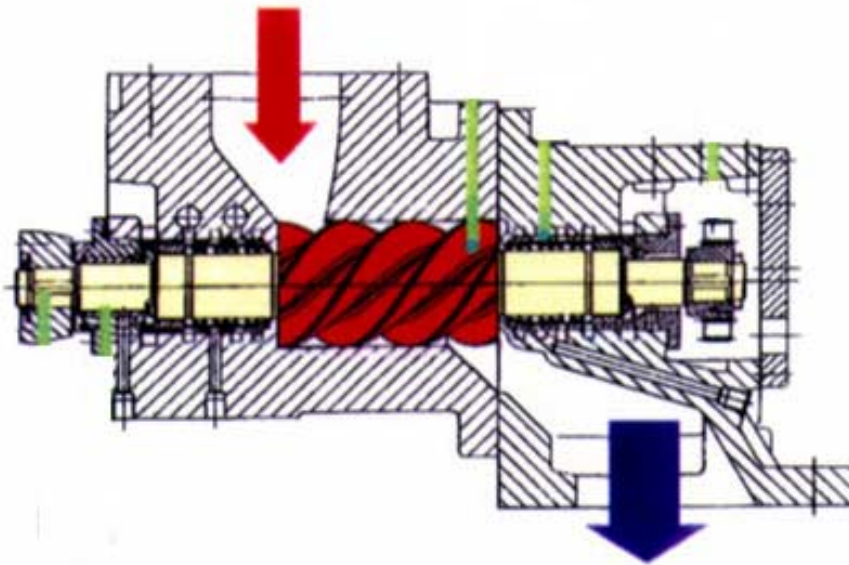
Vortrag:

BENO Bioenergie Niedersachsen, 07/1999, Göttingen

Autor: Dipl.-Ing. Jens Kötting



IGEU Cramer Ganter Kötting GbR mbH, Fichtenstraße 2, 82061 Neuried
Tel.: 0 89 / 7 59 83 34, Fax: 0 89 / 7 59 83 39, E-Mail: info@igeu.de



1 Einführung

Der Einsatz von fester Biomasse zur Energieerzeugung in Heizwerken und Heizkraftwerken ist ökologisch sinnvoll und bei Einhaltung gewisser Rahmenbedingungen wirtschaftlich attraktiv darstellbar. Die größten Vorteile des Brennstoffes Biomasse ist neben der CO₂-Neutralität die Tatsache, daß Biomasse auch auf lange Sicht in sehr großer Menge zur Verfügung stehen wird. Entscheidend für den wirtschaftlichen Betrieb einer Feuerungsanlage ist eine dem jeweiligen Anwendungsfall angepaßte Technik. Welche Faktoren einen wirtschaftlichen Betrieb derartiger Anlagen entscheidend beeinflussen, soll in diesem Beitrag erläutert werden.

Biomasse-Feuerungsanlagen können heutzutage mit hoher Sicherheit und Verfügbarkeit bei Einsatz modernster Technik und Einhaltung strengster Emissionsgrenzwerte betrieben werden. Der Brennstoff „Holz“ ist einer der „saubersten“ Energiequellen, der hilft, wichtige, nur begrenzt verfügbare Rohstoffe einzusparen und die Umwelt nachhaltig zu entlasten. Die EU, der Bund und die Länder haben daher die unterschiedlichsten Förderprogramme aufgelegt, um die technische Entwicklung voranzutreiben und die Verbreitung moderner Technologien zu unterstützen. Die im Vergleich zur Verbändevereinbarung entsprechend höhere Vergütung nach dem Stromeinspeisungsgesetz für Strom aus regenerativen Energieträgern ermöglicht es, die zusätzlich erforderlichen Investitionskosten, die für die Stromerzeugung gegenüber dem reinen Heizbetrieb notwendig sind, auszugleichen und Anlagen auch an dezentralen Standorten wirtschaftlich zu betreiben.

Der nachfolgende Vortrag ist ein Auszug aus einem Energiekonzept für eine Gemeinde. Es wird gezeigt, wie eine innovative Technologie, der Schraubenmotor, in eine Wärmeerzeugungsanlage integriert werden kann und welchen Einfluß diese auf die Wirtschaftlichkeit hat.

2 Versorgungsvarianten

Auszugsweise werden die zwei folgenden Varianten näher erläutert:

- Biomasse-Heizwerk mit Nahwärmenetz
- Biomasse-Heizwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung und Nahwärmenetz

Das Biomasse-Heizwerk mit Nahwärmenetz wird als Basisvariante bezeichnet. Erweitert werden kann diese Variante um die Kraft-Wärme-Kopplung mittels eines Dampfschraubenmotors.

Grundlage für das Energiekonzept war folgender Brennstoff:

- Stroh und Landschaftspflegegut

Holz in der Form von Waldhackschnitzeln oder als Restholz aus der Holzverarbeitenden Industrie sollte, da regional nicht in ausreichender Menge vorhanden, nicht in Betracht gezogen werden.

2.1 Biomasse-Heizwerk und Nahwärmenetz

2.1.1 Auslegung und Leistungsdaten

An Hand der Wärmebedarfsanalyse, der Vordimensionierung und der Netzkonzeption erfolgt die optimierte Auslegung der Anlagenkomponenten und der installierten Leistung. Als Vorgabe gilt, daß für die zentrale Anlagekomponente „Biomassefeuerung“ hohe Vollaststunden erreicht und die Reserve- und Spitzenlast mit bestehenden Kesseln abgedeckt werden. Daraus ergeben sich die nachfolgend dargestellten Auslegungsparameter.

Anschlußleistung aller Wärmeabnehmer (inkl. Netzverluste)	ca. 4.925 kW
Kesselleistung Biomasse	2.000 kW
Jahreswärmebedarf	9.207 MWh/a
Wärmeerzeugung aus Biomasse	7.782 MWh/a
Lastanteil Biomasse	84 %
Wärmeerzeugung aus Erdgas	1.425 MWh/a
Lastanteil Erdgas	16 %
Vollastbetriebsstunden Biomasse	3.891 h/a
Brennstoffbedarf Biomasse	feucht 2.054 t/a atro 1.814 t/a
Nahwärmenetz	ca. 2,74 km

2.1.2 Technische Ausrüstung

Auf die technische Ausrüstung eines Biomasse-Heizwerkes soll nicht näher eingegangen werden. Die nachfolgend dargestellten Investitionskosten beziehen sich auf Lagerplatz, Aufgabeeinrichtungen, Verbrennungsanlage, Warmwassererzeuger, Abgasreinigung (Zyklon + E-Filter), E-MSR-Technik, Bautechnik, Betriebsgrundstück und Nahwärmenetz.

2.2 Biomasse-Heizkraftwerk mit Dampfschraubenmotor und Nahwärmenetz

2.2.1 Auslegung und Leistungsdaten

Die Kesselleistung wird bei dieser Variante um die zusätzliche thermische Leistung zum Betrieb des Schraubenmotors erhöht (d.h. elektrische Leistung zzgl. Verluste), so daß die Aufteilung der Wärmeversorgungsanteile im Vergleich zur ersten Variante identisch bleibt. Der Brennstoffbedarf erhöht sich entsprechend dem Mehrbedarf an Energie für den Antrieb des Schraubenmotors.

Kesselleistung Biomasse	2.250 kW
Elektrische Klemmenleistung Schraubenmotor	240 kW
Brennstoffbedarf Biomasse	feucht 2.307 t/a atro 2.037 t/a
Stromerzeugung Schraubenmotor brutto (ohne Berücks. Eigenbedarf)	932 MWh/a

2.2.2 Technische Ausrüstung - Änderungen

2.2.2.1 Dampferzeuger

Statt eines Warmwassererzeugers wird ein Dampferzeuger installiert, da zum Antrieb des Schraubensmotors das Medium „Dampf“ erforderlich ist. Einbau und Auslegung der Heizflächen erfolgt nach den erforderlichen Eingangsparametern des Dampfes für den Schraubensmotor (s. Ziffer 2.2.2.2) unter dem Gesichtspunkt hoher Verfügbarkeit. Zum Antrieb des Schraubensmotors ist sowohl Satttdampf als auch überhitzter Dampf einsetzbar. Die Stromausbeute bei Satttdampf ist geringfügig niedriger (ca. 5,5 %). Nachfolgend sind die gewählten Dampfparameter aufgeführt:

Dampfparameter Frischdampf (Austritt Dampferzeuger)	16 bar
	überhitzt mit 250 °C

2.2.2.2 Dampfschraubensmotor

Bei Anlagen dieser Größenordnung läßt sich eine Kraft-Wärme-Kopplung nur sehr schwer wirtschaftlich darstellen. Die Probleme liegen zum einen an der relativ kleinen Leistung für den Einsatz einer Dampfturbine, zum anderen an den höheren Investitionskosten gegenüber einem reinen Heizwerk und den niedrigen Vollaststunden bei wärmegeführter Fahrweise. Alternativ könnte zur Stromerzeugung auch ein Dampfkolbenmotor (Spilling) eingesetzt werden, der einen vergleichbaren elektrischen Wirkungsgrad aufweist. Allerdings sind die Wartungs- und Betriebskosten für einen Dampfkolbenmotor auf Grund der Vielzahl an bewegten Teilen relativ hoch. Dieser Motor ist weiterentwickelt worden, so daß nun ein ölfreier Betrieb möglich ist und das Kondensat nicht mehr verunreinigt wird.

Aus diesem Grund wird als Aggregat für die Kraft-Wärme-Kopplung der innovative Dampf-Schraubensmotor gewählt. Dieser wurde von der Universität Dortmund 1996 in einer Prototypanlage installiert. In dieser Anlage wird die Abwärme eines Blockheizkraftwerkes genutzt. Nachfolgend wird der Schraubensmotor kurz beschrieben:

Schraubensmaschinen werden in der Regel als Kompressoren eingesetzt und haben dort eine marktbeherrschende Stellung. Der Schraubensmotor hat gegenüber der Turbine vor allem im unteren Leistungsbereich deutliche Vorteile in der Energieumwandlung und im Teillastverhalten. Schraubensmotoren vertragen gegenüber Turbinen relativ hohe Dampfstände, die bei Turbinen zu Erosionsproblemen führen würde. Allerdings sind relativ große Abmessungen erforderlich, um die Expansion des Dampfes auf einen bestimmten Austrittsdruck (z.B. Vakuum) durchzuführen. Entscheidend ist der Differenzdruck zwischen Ein- und Austritt. Aus diesem Grund wird die Expansionsphase im geschlossenen Arbeitsraum vorzeitig abgebrochen. Wird die Kondensationswärme des Schraubensmotors in einem Nahwärmenetz genutzt, wie hier der Fall, wird der gesamte Anlagenwirkungsgrad nicht negativ beeinträchtigt, da die im Motor nicht genutzte Wärme für Heizzwecke zur Verfügung steht.

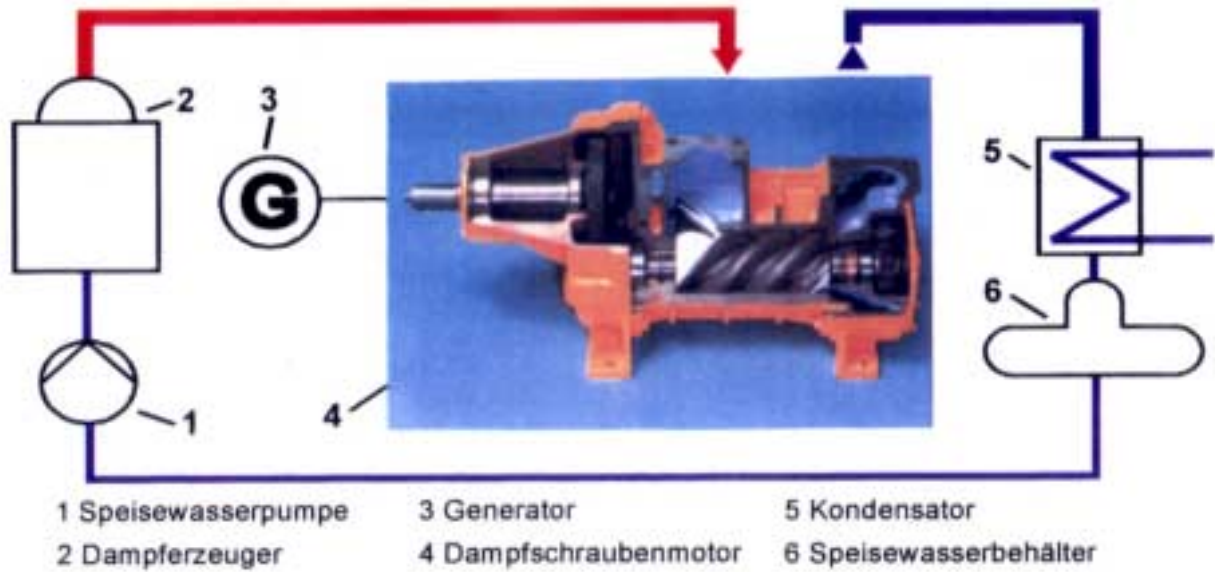


Abb. 1: Abwärmenutzung eines Dampfschraubenmotors¹

Trockenlaufende Schraubenmotoren sind standardmäßig für Drücke bis 16 bar, in Sonderausführungen bis 50 bar erhältlich. Erfahrungen liegen bei Schraubenmotoren bis 300 °C vor. Höhere Eintrittstemperaturen bis 450 °C sind geplant. Heute gebräuchliche Grenzen liegen bei ca. 16...20 bar Differenzdruck.

Die nachfolgende Abbildung (s. Abb. 2) zeigt die Einsatzmöglichkeiten eines Schraubenmotors:

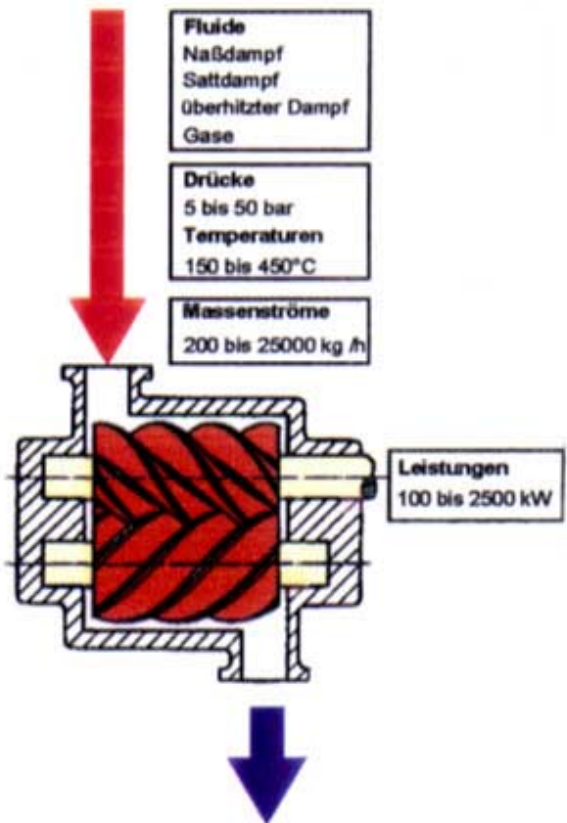


Abb. 2: Einsatzmöglichkeiten eines Schraubenmotors²

Folgende Merkmale zeichnen den Schraubenmotor aus:

- Verdrängermaschine
- unempfindlich
- robust
- effizient
- einfacher Aufbau
- bewährte Technik
- geringe Baugröße

Da Dampferzeuger kleiner Leistungen häufig als Flammrohr-Rauchrohrkessel ausgeführt und damit der maximal zulässige Dampfdruck begrenzt ist, soll das vorhandene Enthalpiegefälle nur in einer Schraubenmotorstufe genutzt werden. Ein Schraubenmotor besitzt konstruktiv fest vorgegebene Ein- und Auslaßflächen für den im Volumen veränderlichen Zahnückenraum (s. Abb. 3). Der Schraubenmotor ist abhängig vom vorhandenen Wärmestrom und den Dampfzuständen auszulegen.

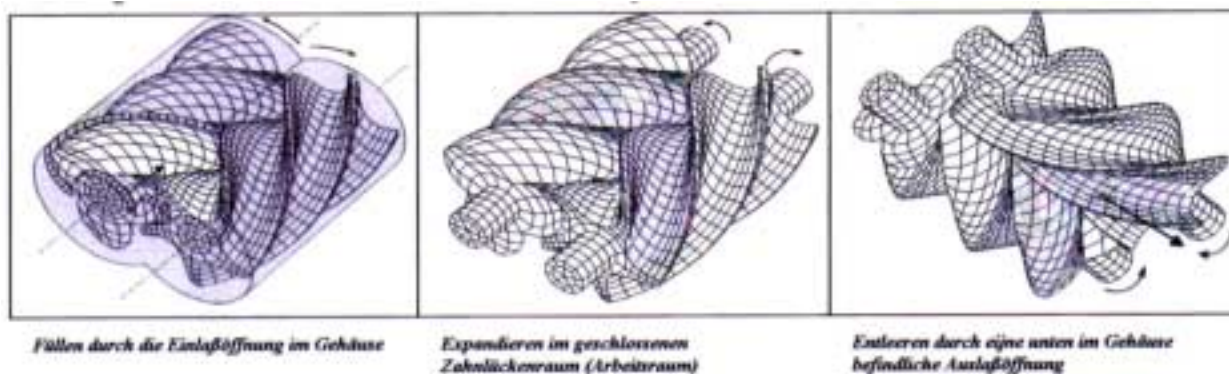


Abb. 3: Ein- und Auslaßvorgang bei einem Dampfschraubenmotor

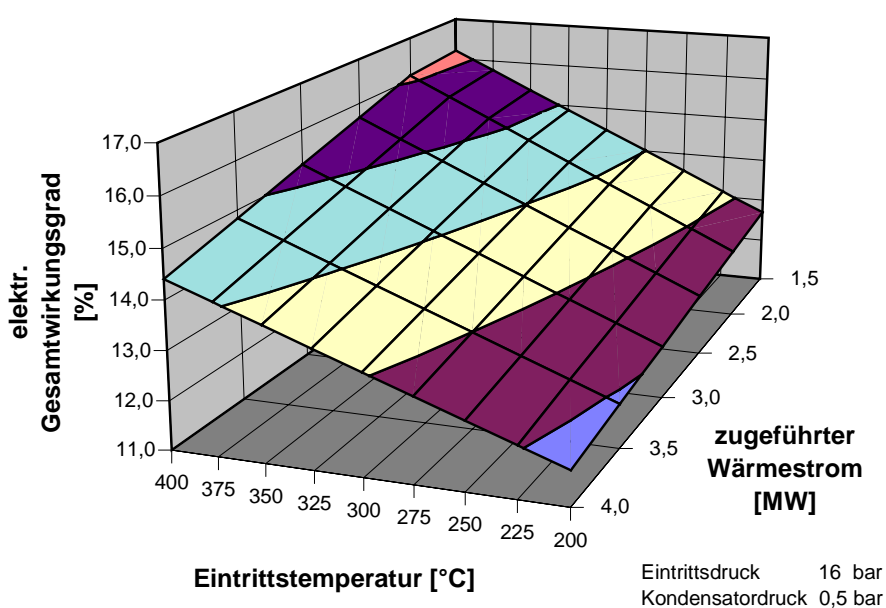


Abb. 4: Elektrischer Gesamtwirkungsgrad eines Schraubenmotors bei konstanter Drehzahl³

Der elektrische Wirkungsgrad des Schraubenmotors hängt dabei sowohl von der Eintrittstemperatur wie auch von der Kondensationstemperatur bzw. dem Kondensationsdruck ab.

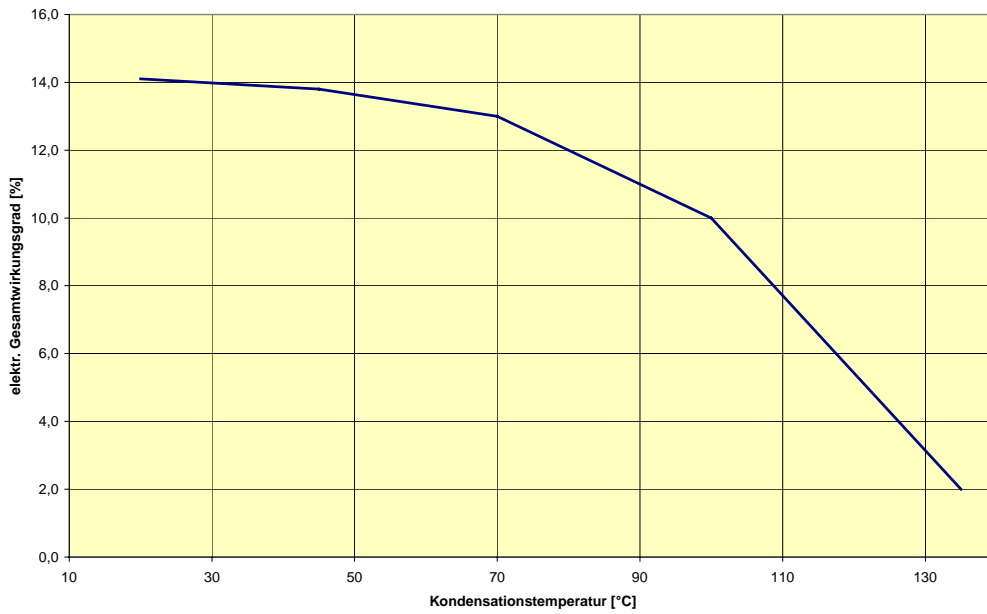


Abb. 5: Lastverhalten von Schraubenmotoren bei variabler Austrittstemperatur⁴

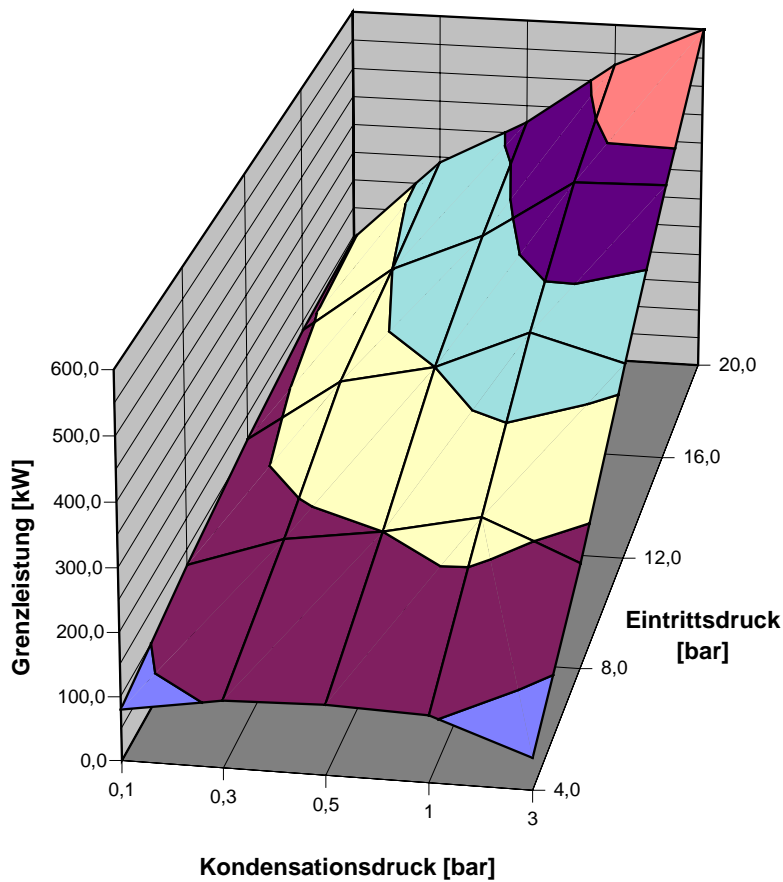


Abb. 6: Grenzleistung eines Schraubenmotors, bis zu der sein Kupplungswirkungsgrad den einer optimierten Gegendruckturbine übertrifft⁵

Daraus ergibt sich, daß bei Schraubenmotoren bei einer geforderten Vorlauftemperatur für das Nahwärmenetz von ca. 90 °C (an diesem Standort) und einem Eintrittsdruck von 16 bar und 250 °C ein elektrischer Wirkungsgrad von etwa 10 % erreichbar ist (s. Abb. 5). Vergleicht man den erzielbaren elektrischen Wirkungsgrad mit dem einer Gegendruckturbine, wird deutlich, daß der Schraubenmotor höhere Kupplungswirkungsgrade aufweist. Dies liegt an den stark ansteigenden Spaltverlusten bei Dampfturbinen mit geringen Volumenströmen.

Nachfolgend sind sämtliche gewählte Ein- und Austrittsparameter des Wärmemediums im Schraubenmotor dargestellt:

Dampfparameter Frischdampf (Eintritt Schraubenmotor)	16 bar
	250 °C
Kondensationsdruck (Austritt Schraubenmotor)	1,2 bar
	(105 °C)

Die spezifischen Investitionskosten liegen, obwohl das Entwicklungspotential noch nicht ausgeschöpft ist, bei ca. 2.500 DM/kW.

Wie aus Abb. 5 ersichtlich ist, können auch niedrigere Kondensationsdrücke und damit höhere elektrische Wirkungsgrade realisiert werden. Vorlauftemperaturen von 80...85 °C für das Nahwärmenetz sind in diesem Fall bei den zu versorgenden Wärmeabnehmern nicht ausreichend. Die Vorlauftemperatur von 105 °C am Austritt des Schraubenmotors wird benötigt, da über einen nachgeschalteten Wärmetauscher das Medium „Wasser“ im eigentlichen Nahwärmenetz beheizt wird. Der Verlust an Vorlauftemperatur beträgt bei üblicher Spreizung im Wärmetauscher ca. 5 K. Mit der indirekten Beheizung wird darüber hinaus eine eindeutige Systemtrennung zwischen Heizkraftwerk und Nahwärmenetz erreicht.

2.2.2.3 E-MSR-Technik

Neben der eigenständigen E-MSR-Technik wird zusätzlich eine Anbindung an das EVU zur Stromlieferung installiert. Der vom Schraubenmotor erzeugte elektrische Strom wird, nach Abzug des Eigenbedarfes des Heizkraftwerkes, in das Netz des EVU eingespeist.

3 Wirtschaftlichkeitsvergleich

3.1 Vorgehensweise und Rahmendaten

Für die Durchführung eines Wirtschaftlichkeitsvergleichs stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Für die Auswahl der wirtschaftlich interessantesten aller untersuchten Varianten ist die Berechnung der Eigenkapitalverzinsung vor Steuern ausreichend. Für die Beurteilung, wie viele der untersuchten Varianten eine wirtschaftliche Investition darstellen, ist die Methode des internen Zinsfußes⁶, die auch steuerrechtliche Effekte berücksichtigt, geeignet. Bei beiden Methoden wird eine rechnerischen Nutzungsdauer⁷ von 15 Jahren angenommen.

Als Vergleichszins⁸ für die Wirtschaftlichkeit einer Variante wurden 3 % angenommen, die einer möglichen Inflation entsprechen. Diese Bedingungen stellen eine Mindestforderung eines Investors an die Rendite dar, der sein eingesetztes Eigenkapital nicht refinanzieren muß. Bei refinanziertem Eigenkapital müßte der Zinssatz der Refinanzierung als Vergleichszins angenommen werden, wobei die Tilgung durch den Investor aufzubringen wäre. Falls der Investor die Tilgung nicht erbringen möchte, wäre die Annuität⁹ des refinanzierten Eigenkapitals als Vergleichszins zu wählen.

Bei der Untersuchung der einzelnen Varianten sind zwei Wege beschriftet worden. Bei den Biomassevarianten liegen keine ausreichend belastbaren Angaben über die Preise für Stroh Brennstoffe vor (jährliche stark schwankende und regionale Unterschiede). Aus diesem Grund wurde bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung dieser Varianten eine Mindestverzinsung¹⁰ von ca. 3 % angenommen und dadurch der maximale Preis für Stroh Brennstoffe bestimmt.

Grundlage für sämtliche Wirtschaftlichkeitsberechnungen bilden die VDI-Richtlinie 2067¹¹ und die darin enthaltenen Kostenpositionen.

Die Wirtschaftlichkeit einer zentralen Nahwärmeversorgung ist gegeben, wenn die Kosten für die Installation und den Betrieb durch die Einnahmen aus dem Wärmeverkauf gedeckt werden können. Die Einnahmepositionen liegen bei vorhandenen Wärmeabnehmern in etwa fest. Neben den verbrauchsgebundenen Kosten können anteilige Kosten für Wartung, Reinigung etc. angesetzt werden. Diese bewegen sich jedoch in einer Größenordnung, die wirtschaftlich nicht von besonderem Interesse sind, vor allem weil die vorhandenen Anlagen als Reserve- und Spitzenlastaggregat eingesetzt werden. Somit werden diese Kosten nur zu einem Teil substituiert. Aus diesem Grund wurden als Erlöse nur die verbrauchsgebundenen Kosten angesetzt. Baukostenzuschüsse können bei vorhandenen Abnehmern in der Regel nicht verlangt werden, es sei denn, die dort bereits installierten Kesselanlagen müßten erneuert werden. Mit den Verbrauchern abzuschließende Energielieferverträge sehen i.d.R. eine Preisgleitklausel vor, die an den Bruttoarbeitslohn, den Gas- oder Ölpreis gekoppelt ist.

Mit der Bestimmung der Wärmeerlöse sind die Brennstoffkosten (bei den Biomassevarianten) die letzte Größe, die noch nicht festliegt und die noch frei am Markt bestimmt werden kann. Daraus ergibt

sich ein entsprechender Einsatzbrennstoff. Dieser kann aus verschiedenen Fraktionen zusammengestellt werden, um den für die Wirtschaftlichkeit erforderlichen Brennstoffpreis darstellen zu können. Dieser "Brennstoffmix" kann selbstverständlich wieder Auswirkungen auf die erforderliche Anlagentechnik haben.

3.2 Energieerzeugung mit Biomasse

3.2.1 Biomasse-Heizwerk mit Nahwärmenetz

Bei dieser Variante ist bei einer Gesamtinvestition von ca. 4,2 Mio. DM und bei einer Mindestverzinsung von 3,11 % ein maximaler Brennstoffpreis von 5 DM/t ermittelt worden. Die erforderliche Anlagentechnik richtet sich in diesem Fall nach dem Brennstoff "Stroh". Damit ist dieser Brennstoffpreis für die Landwirte eindeutig als zu niedrig anzusehen. Damit ist die Wirtschaftlichkeit dieser Variante nicht gegeben. Der wesentliche Grund für das Nichterreichen der Wirtschaftlichkeitsgrenze liegt in den zu niedrigen Wärmeabgabepreisen¹², die aufgrund der bereits bestehenden Energieversorgungsanlagen bei den Abnehmern zustande kommen.

Die Einbindung von neuen, noch in Planung befindlichen, Wärmeabnehmern würde eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bewirken. Dieses erklärt sich dadurch, daß das Nahwärmenetz ohne bedeutende Zusatzinvestitionen auch für diese genutzt werden kann.

Brennstoffpreis Stroh	5 DM/t	Wärmeabgabepreis	0,0523 DM/kWh
Brennstoffpreis Erdgas	0,0426 DM/kWh	Stromeinspeisungspreis	0,0000 DM/kWh
Förderzuschuß	27,80%		
Zinsgünstige Darlehen	27,80%	EK-Verzinsung v. Steuern	2,66%
Eigenkapital	25,80%	Interner Zinsfuß	3,11%
Fremdkapital	18,60%		
Gesamtkapitalbedarf	4.202.712 DM	Inflationsrate	3%

Abb. 7: Wirtschaftlichkeitsdaten Variante "Heizwerk"

3.2.2 Biomasse-Heizkraftwerk mit Schraubemotor und Nahwärmenetz

Bei dieser Variante ist bei einer Gesamtinvestition von ca. 5,0 Mio. DM und bei einer Mindestverzinsung von 3,02 % ein maximaler Brennstoffpreis von 47 DM/t ermittelt worden. Dieser Brennstoffpreis ist für die Landwirte ebenfalls als zu niedrig anzusehen. Damit ist die Wirtschaftlichkeit dieser Variante nicht gegeben. Der wesentliche Grund für das Nichterreichen der Wirtschaftlichkeitsgrenze liegt bei den zu niedrigen Wärmeabgabepreisen, die aufgrund der bereits bestehenden Energieversorgungsanlagen bei den Abnehmern zustande kommen. Dennoch stellt sich diese Variante als die wirtschaftlich günstigste aller untersuchten Biomassevarianten dar. Dieses hängt allerdings wesentlich von der 48 %-igen Förderung durch Zuschüsse und durch die Vergütung des Stroms nach Sätzen des bestehenden StrEG¹³.

Brennstoffpreis Stroh	47 DM/t	Wärmeabgabepreis	0,0523 DM/kWh
Brennstoffpreis Erdgas	0,0426 DM/kWh	Stromeinspeisungspreis	0,1469 DM/kWh
Förderzuschuß	44,5 %		
Zinsgünstige Darlehen	13,9 %	EK-Verzinsung v. Steuern	5,63%
Eigenkapital	25,0 %	Interner Zinsfuß	3,02%
Fremdkapital	16,5 %		
Gesamtkapitalbedarf	5.028.997 DM	Inflationsrate	3%

Abb. 8: Wirtschaftlichkeitsdaten Variante "Heizkraftwerk"

3.3 Sensitivitätsbetrachtungen

Die Variante "Heizkraftwerk" wird einer Sensitivitätsuntersuchung unterzogen, in dem alle Kosten- und Erlösarten einheitlich um 10 % geändert worden sind. Die dadurch zustande kommende Änderung des Ergebnisses wird prozentual dargestellt. Mit der Sensitivitätsbetrachtung soll untersucht werden, welchen Einfluß die jeweiligen Kosten- bzw. Erlösarten auf das Ergebnis haben. Daraus können Maßnahmen zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit abgeleitet werden.

Bei der Variante "Heizkraftwerk" stellte sich heraus, daß die verbrauchsgebundenen Kosten, d.h. die Kosten für Brennstoffe den größten Einfluß von allen Kostenarten auf die Wirtschaftlichkeit haben. Einen deutlichen Einfluß auf den wirtschaftlichen Erfolg haben daneben die kapitalgebundenen und betriebsgebundenen Kosten. Bei den Erlösarten haben die Erlöse aus Wärmeerzeugung einen bedeutend höheren Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit als die Erlöse aus Stromerzeugung. Dieses erklärt sich durch die Tatsache, daß die Anlage, die wärmegeführt betrieben wird, einen verhältnismäßig niedrigen elektrischen Gesamtwirkungsgrad von ca. 10 % besitzt.

Kosten	Kostenänderung um		Ergebnisänderung um	
	Betrag	Einheit	Betrag	Einheit
Verbrauchsgebundene Kosten	10	%	33,77	%
Kapitalgebundene Kosten	10	%	22,85	%
Betriebsgebundene Kosten	10	%	19,21	%
Sonstige Kosten	10	%	9,27	%
Projektentwicklungskosten	10	%	2,65	%
Personalkosten	10	%	1,99	%
Bauzeitzinsen	10	%	0,33	%
Kapitalbeschaffungskosten	10	%	0,00	%
Erlöse				
Erlöse aus Wärmeerzeugung	10	%	50,33	%
Erlöse aus Stromerzeugung	10	%	16,56	%
Erträge aus Kapitalvermögen	10	%	0,00	%

Abb. 9: Sensitivitätsbetrachtung

Generell kann gesagt werden, daß die Erlöse aus Wärmeerzeugung auch im Vergleich zu den Kostenarten den mit Abstand größten Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Investition haben. Daraus kann die Forderung abgeleitet werden, den erzielbaren Wärmeabgabepreis durch geeignete Maßnahmen möglichst zu erhöhen.

Aufbauend auf dem Ergebnis der Sensitivitätsbetrachtung werden Grenzpreise für Wärme bzw. Strom ermittelt. Als Grundlage diente die Annahme eines Vergleichszinsatzes von ca. 3% und eines Strohpreises¹⁴ von 140 DM/t frei Anlage. Es stellte sich heraus, daß die Anhebung des Wärmeabgabepreises um ca. 0,025 DM/kWh die Anlage in den wirtschaftlichen Bereich bringen würde. Der Grenzstrompreis von 0,415 DM/kWh ist dagegen als unrealistisch zu betrachten. Er könnte nur erzielt werden, wenn eine kostendeckende Vergütung für Strom aus regenerativen Energieträgern vom zuständigen Energieversorgungsunternehmen gewährt würde.

	Preis		Interner Zinsfuß	
Grenzwärmepreis	0,0785	DM/kWh	3,07	%
Grenzstrompreis	0,415	DM/kWh	3,00	%

Abb. 10: Grenzerlöse bei einem Strohpreis von 140 DM/t

Die berechneten Grenzpreise beziehen sich auf die beschriebenen Anlagen der Variante "Heizkraftwerk". Würde z.B. durch den Neuanschluß eines neu erbauten Wärmeabnehmers eine Investition in die Erweiterung der Energieerzeugungsanlage erforderlich sein, dann müssten neue Grenzpreise berechnet werden.

Durch Entfall der Investitionen für eigene Kesselanlagen ist bei einem neuen Wärmeabnehmer der oben errechnete Grenzwärmepreis sogar bei dem hohen Brennstoffpreis von 140 DM/t realistisch. Da die derzeitigen Wärmegestehungskosten bei den bestehenden Abnehmern jedoch nicht geändert werden können, stellt sich die Frage, ob der Brennstoffpreis so verringert werden kann, daß in den Anfangsjahren ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage möglich ist. Dies könnte durch Änderung der Brennstoffpalette geschehen, indem sogenannte „Billigmacher“ hinzugenommen werden.

Billigmacher sind naturbelassene Holzreststoffe aus der Holzverarbeitenden Industrie. Diese Brennstoffe sind sehr günstig erhältlich. Branchenübliche Vergütungen liegen, je nach Transportentfernung, bei ca. 10...30 DM/t. Die Änderung der Brennstoffpalette auf Billigmacher hat allerdings Auswirkungen auf die Anlagentechnik. Hierzu gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder es werden zwei Linien (Feuerungsanlagen) installiert, von denen die eine für Stroh, die andere für Billigmacher geeignet ist, oder es wird eine Linie mit zwei verschiedenen Beschickungsvorrichtungen und einer geeigneten Steuerungs- und Regelungstechnik vorgesehen. Beides hat Mehrkosten zur Folge, die sich allerdings bei der zweiten Alternative in einem erträglichen Rahmen halten. Technisch gesehen ist die Aufteilung auf zwei verschiedene Linien eleganter, da die Feuerungsanlagen optimal auf einen Brennstoff ausgelegt werden können. Dies gilt besonders, da Stroh und Holzreststoffe völlig verschiedene Ab-

brandverhalten aufweisen. Des weiteren liegen negative Erfahrungen an bestehenden Anlagen vor, die für beide Brennstoffarten geeignet sein sollten. Kostengünstiger ist die Installation einer Feuerungsanlage auf Grund der niedrigeren spezifischen Investitionskosten.

Bei einem mittleren Brennstoffpreis von 75 DM/t, der durchaus realisierbar ist, läge der Grenzwärmeerlös bei ca. 60...64 DM/MWh, je nach Mehrkosten der Anlage.

4 Zusammenfassung

Die Betrachtungen zeigen eindeutig, daß die Realisierung einer Stromerzeugung mit einem Dampfschraubenmotor zu einer deutlichen besseren Wirtschaftlichkeit gegenüber der Realisierung eines reinen Heizwerkes führen.

Die Ergebnisse dieser Studie, bezogen auf Realisierbarkeit, Einsatz-Brennstoff (Stroh) und Struktur der Wärmeabnehmer können selbstverständlich nicht verallgemeinert werden. Die bei diesem Projekt gegebenen Wärmekosten bzw. -erlöse sind sehr niedrig. Hinzu kommt, daß der Brennstoff "Stroh" nicht zu günstigen Konditionen verfügbar ist.

Wird das Gesamtkonzept nur auf den Brennstoff "Waldhackschnitzel und Billigmacher" bezogen, ist die Wirtschaftlichkeit der Anlage, insbesondere bei Einsatz einer Stromerzeugung, bereits bei sehr niedrigen Wärmeerlösen gegeben.

¹ Prospekt der Fa. IDEA mbH

² item

³ Schraubenmotor zur Wärme-Kraft-Kopplung, Dr.-Ing. R. Piatkowski, Prof. Dr.-Ing. K. Kauder. Vortrag zum 4. Holzenergie-Symposium, Zürich 10/96.

⁴ item

⁵ item

⁶ Bei der Methode des internen Zinsfußes wird der zeitliche Verlauf der Ausschüttungen an die Investoren, sowie die aus den Gewinn- und Verlustzuweisungen sich ergebenden Steuerrückerstattungen sowie Steuerzahlungen berücksichtigt. Die Rendite gibt an, zu welchem Zins das jeweils gebundene Kapital anzulegen wäre, um das gleiche Ergebnis zu bekommen.

⁷ Die rechnerische Nutzungsdauer kann von der technischen Nutzungsdauer abweichen. Sie stellt eine Annahme über die Nutzungsdauer unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten dar.

⁸ Als Vergleichszins ist ein Zinssatz zu wählen, der aus der Sicht des Investors die unterste Grenze der Verzinsung des eingesetzten Kapitals darstellt. Falls der errechnete Zinsfuß, größer oder zumindest gleich dem Vergleichszins ist, kann die Investition als wirtschaftlich betrachtet werden.

⁹ Annuität ist eine über die Laufzeit des Darlehens gleichbleibende Zahlung, die aus der Summen von Zins und Tilgung besteht.

¹⁰ Die Mindestverzinsung stellt sicher, daß das eingesetzte Eigenkapital über den Zeitraum der Betrachtung im Realwert mindestens erhalten bleibt.

¹¹ Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen: Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen

¹² Die Wärmeabgabepreise sind den variablen Kosten der bestehenden Energieversorgungsanlagen gleichgesetzt worden.

¹³ StrEG - Strom-Einspeisungsgesetz

¹⁴ Dieser Strohpreis wurde von den Landwirten der Gemeinde als Richtpreis angegeben.