

Aufbau und Betrieb eines dezentralen Heizkraftwerks zur Versorgung eines Mehrfamilienhauses

Thomas Schuster

Institut für Elektrische Antriebstechnik und Maschinen, Technische Universität GRAZ,
Kopernikusgasse 24, 8010 Graz, Telefon: ++43/316/873-8605, Fax: ++43/316/873-7244
thomas.schuster@tugraz.at, <http://www.eam.tugraz.at>

Kurzfassung: Im folgenden Beitrag wird das technische Konzept eines Blockheizkraftwerks im kleinen Leistungsbereich (9,5 kW elektrisch / 30 kW thermisch) zur Versorgung eines Dreifamilienhauses mit Wärme und Strom vorgestellt. Weiters werden die finanziellen Rahmenbedingungen und Förderungsmöglichkeiten für den Eigenbau eines Blockheizkraftwerks im kleinen Leistungsbereich erläutert. Details über praktische Erfahrungen nach 2 Jahren Betrieb runden die Ausführungen ab.

Keywords:

Biomasse, Kraft-Wärme-Kopplung, Energie und wirtschaftliche Entwicklung, Energiepreise und Energiesysteme

1 Motivation

Im Rahmen des Projektes sollte eine wirtschaftliche und umweltschonende Wärmeversorgung für ein Dreifamilienhaus (Wärmebedarf 45 kW) konstruiert werden.

Als erste Lösung wurde der Bau einer „Nestwärmeanlage“ auf Holzhackschnitzelbasis überlegt, welche die angrenzenden Nachbarhäuser ebenfalls mit kostengünstiger Wärmeenergie versorgen könnte. Eine unter den Nachbarn durchgeführte Befragung zeigte jedoch, dass diese selbst gut mit Heizmaterial versorgt sind. Es besteht bei den Nachbarn kein Interesse an einem Anschluss an eine zwar komfortablere aber auch für sie teurere Wärmeversorgung. Aufgrund der großen Fernwärmeleitungslängen bei den zu erwartenden niedrigen Anschlusswerten ist der Wärmetransport unrentabel. Das Konzept eines Fernwärmenetzes ist auf ländliche, dünn besiedelte Regionen nicht wirtschaftlich sinnvoll anwendbar. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung, nur das eigene Haus selbst mit einer neuen Heizungsanlage mit 45 kW Wärmeleistung zu versorgen.

Um dennoch eine hohe Wirtschaftlichkeit der Anlage zu erreichen und energietechnisch weitestgehend autonom zu werden, entstand die Idee, mit der selben Heizungsanlage gleichzeitig elektrische Energie zu erzeugen. Die aus dem Überschuss an elektrischer Energie gewonnenen Einnahmen sollten zumindest einen Teil der Heizkosten decken.

Als Energieträger sollte Holz verwendet werden, da Holz CO₂ neutral ist und in der näheren Umgebung in ausreichendem Maße zur Verfügung steht.

Die Anlage sollte weitgehend automatisiert sein, um bei minimalem Wartungsaufwand eine akzeptable Zuverlässigkeit zu besitzen. Weiters ist eine benutzerfreundliche Bedienbarkeit für Laien anzustreben.

2 Technologie

2.1 Mögliche Verfahren

2.1.1 Dampf- und ORC-Verfahren

Dampfkraftwerke sind eine der ältesten bekannten Methoden zur Stromerzeugung. ORC-Anlagen basieren auf demselben Prinzip, jedoch wird an Stelle von Wasser ein anderes organisches Verdampfungsmedium verwendet. Die erreichbaren elektrischen Wirkungsgrade für Kohlekraftwerke liegen nach über 100 Jahren Entwicklung bei 46%, mit Gas-Kombikraftwerken (Gasturbine + nachgeschalteter Dampfkraft) können 58% erreicht werden [1]. Die Verstromung von Holz in Dampf- oder ORC-Anlagen erreicht nach aktuellem Stand der Technik nur elektrische Wirkungsgrade von 17-18% [2]. Der Gesamtwirkungsgrad erhöht sich deutlich, wenn die Abwärme der Kraftwerke zur Wärmeversorgung genutzt wird. Derzeit sind im städtischen Bereich einige Projekte bekannt, die das bestehende Fernwärmenetz mit der Abwärme von kalorischen Kraftwerken versorgen (z.B. Projekt GDK Klagenfurt [1]; Gas-Kombikraftwerk Mellach [3]). Vorteil der Dampfkraft- oder ORC-Technologie ist ein einfach zu beherrschender kontinuierlicher Verbrennungsvorgang des Primärenergieträgers. Diese Effizienz von 46-58% elektrischem Wirkungsgrad kann mit Anlagenleistungen von einigen 10 kW Leistung auf Grund des hohen technologischen Aufwandes nicht wirtschaftlich sinnvoll erreicht werden. Eine Leistungsmodulation verringert den elektrischen Wirkungsgrad ebenfalls deutlich. Auch ist das Hochfahren einer Dampfkraftanlage innerhalb von 5-10 Minuten kaum möglich. Des Weiteren ist der sicherheitstechnische Aufwand für solche Anlagen sehr hoch (Druckkesselprüfungen, Kesselwart), eine Tatsache die keinen wirtschaftlich effizienten Betrieb im kleinen Maßstab zulässt.

2.1.2 Stirling Verfahren

Dieses Verfahren ist einfach und für kleine Anlagen gut anwendbar. Die Stirlingmaschine ist wartungsarm, vorausgesetzt die verwendeten Materialien sind hochtemperaturbeständig. Der Verbrennungsprozess muss hohe Temperaturen erzeugen, um das für einen guten elektrischen Wirkungsgrad nötige Temperaturgefälle aufzubringen. Die Stirlinganlage kann rasch in Betrieb gesetzt werden. Der elektrische Wirkungsgrad des Verfahrens wird je nach Anbieter zwischen 10% und 50% beschrieben, wobei 12% realistisch erscheinen [5]. Die Investitionskosten in eine Hightech Stirlingmaschine mit Hochtemperaturkessel sind jedoch unwirtschaftlich hoch.

2.1.3 Biogasanlagen

Gute elektrische Wirkungsgrade (knapp 40%) erzielen Biogaskraftwerke. Der Platzbedarf für das Biomasselager, die Fermenter sowie die Nachgärung ist jedoch hoch, da der Energiegehalt des Primärenergieträgers gering ist. Der Umgang mit den gaserzeugenden Bakterienkulturen ist aufwändig, ein rasches Hoch- oder Niederfahren so wie eine Leistungsmodulation der Anlage sind nicht ohne weiteres möglich. Aufgrund der hohen

Investitionskosten welche zur Herstellung der Anlage notwendig sind, ist ein Stillstand der Anlage unwirtschaftlich. Während der heizfreien Perioden kann die Abwärme kaum genutzt werden. Ein weiterer Nachteil ist die Konkurrenz der Biomasseerzeugung (Maissilage) zur Lebensmittelproduktion: Die für den Energiemaissanbau genutzten Flächen stehen nicht mehr der Produktion von Lebensmitteln zur Verfügung, eine Verteuerung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und damit auch ein Anstieg der Biomassekosten wird so argumentiert. Diese Verteuerung vermindert die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen beträchtlich; viele Betreiber kämpfen um ihr wirtschaftliches Überleben.

2.1.4 Holzgasanlagen

Holzvergasungsanlagen erreichen elektrische Wirkungsgrade von 25-28%. [4]. Dieser Wirkungsgrad ist weitgehend konstant, auch bei Anlagen mit einigen 10 kW Leistung. Das Hoch- und Niederfahren einer Holzgasanlage kann innerhalb 5-10 Minuten erfolgen und die Abwärme kann gut genutzt werden. Eine Leistungsmodulation ist verfahrensbedingt nicht sinnvoll. Die Energiedichte von Holzhackgut mit 750-850 kWh/Srm ist im Vergleich zu anderen Biomasse-Energieträgern hoch, die Größe des benötigten Biomassebunkers ist damit akzeptabel. Anlagen mit einigen 100 kW Leistung sind bereits auf dem Markt erhältlich, jedoch sind sie teuer und die Technik scheint noch nicht ausgereift zu sein [6].

2.2 Technologische Entscheidung

Die Technologie der Holzgasanlage bietet die Möglichkeit, auch kleinste Anlagen mit hohem elektrischem Wirkungsgrad betreiben zu können. Weiters kann eine Anlage dieser Bauart so konstruiert werden, dass ein rasches Hoch- und Niederfahren der Anlage problemlos möglich ist. Die Entscheidung fiel daher zu Gunsten dieser Technologie.

2.3 Bestimmung der Anlagengröße

2.3.1 Technische Voraussetzungen

Da bei diesem Verfahren keine Leistungsregelung möglich ist, wird ein 4m³ Wasser fassender Heizungspufferspeicher verwendet. Dieser wird durch die Anlage aufgeheizt und versorgt während eventueller Stillstandzeiten (z.B. während Wartungsarbeiten) das Haus mit Wärme. Um den Pufferspeicher auch bei extrem niedrigen Außentemperaturen und dementsprechend hohem Wärmebedarf des Hauses noch aufheizen zu können, wurde eine Anlage mit 60 kW Wärmeleistung (20 kW elektrisch) geplant.

Zurzeit sind am Markt keine Anlagen in der benötigten Leistungsklasse, ca. 20 kW elektrisch, und ca. 60 kW thermisch erhältlich. Daher wurde der Entschluss gefasst, einen Anlagenprototyp zu konstruieren. Die Investitionskosten in einen Prototyp kleiner Leistung können niedrig gehalten werden, da die Verwendung vieler kostengünstiger Standardmaterialien möglich ist und die eigene Arbeitsleistung nicht verrechnet wird.

2.3.2 Rechtliche Grundlagen

Eine Anerkennung des Heizkraftwerks als Ökostromanlage ist wirtschaftlich notwendig, um eine angemessene Vergütung für die eingespeiste elektrische Energie zu erhalten. Zum Zeitpunkt des Entscheidungsprozesses für eine Holzgasanlage, im Dezember 2004, war es

dringend erforderlich, die notwendigen Genehmigungen (Baugenehmigung und elektrizitätsrechtliche Genehmigung) bis 31.12.2004 zu erhalten, um noch unter das bis Ende 2004 gültige Ökostromgesetz zu fallen. Das damals diskutierte und zurzeit in Kraft befindliche Nachfolgegesetz ist eine deutliche Schlechterstellung gegenüber dem alten Gesetz (kürzere Förderungsdauer, komplizierter Ablauf der Förderung).

Grundsätzlich war die Genehmigung einer solchen Prototypenanlage seitens der Behörden schwierig, da es für Holzgasanlagen keinerlei rechtliche Grundlagen gab. Nach einigen Nachforschungen war die Zuständigkeit der Villacher Baupolizei geklärt, und auch dass prinzipiell eine elektrizitätsrechtliche Genehmigung und eine Baugenehmigung notwendig sind.

Laut 2004 geltendem „Kärntner Elektrizitätswirtschafts- und Organisationsgesetz“ sind Elektrizitätserzeugungsanlagen mit einer Leistung unter 10 kW genehmigungsfrei (K-ELWOG, §6 Abs.1) [7].

Laut Kärntner Bauordnung (§7 Abs. 1b) bedürfen Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung bis zu 50 kW ebenfalls keiner Genehmigung [7].

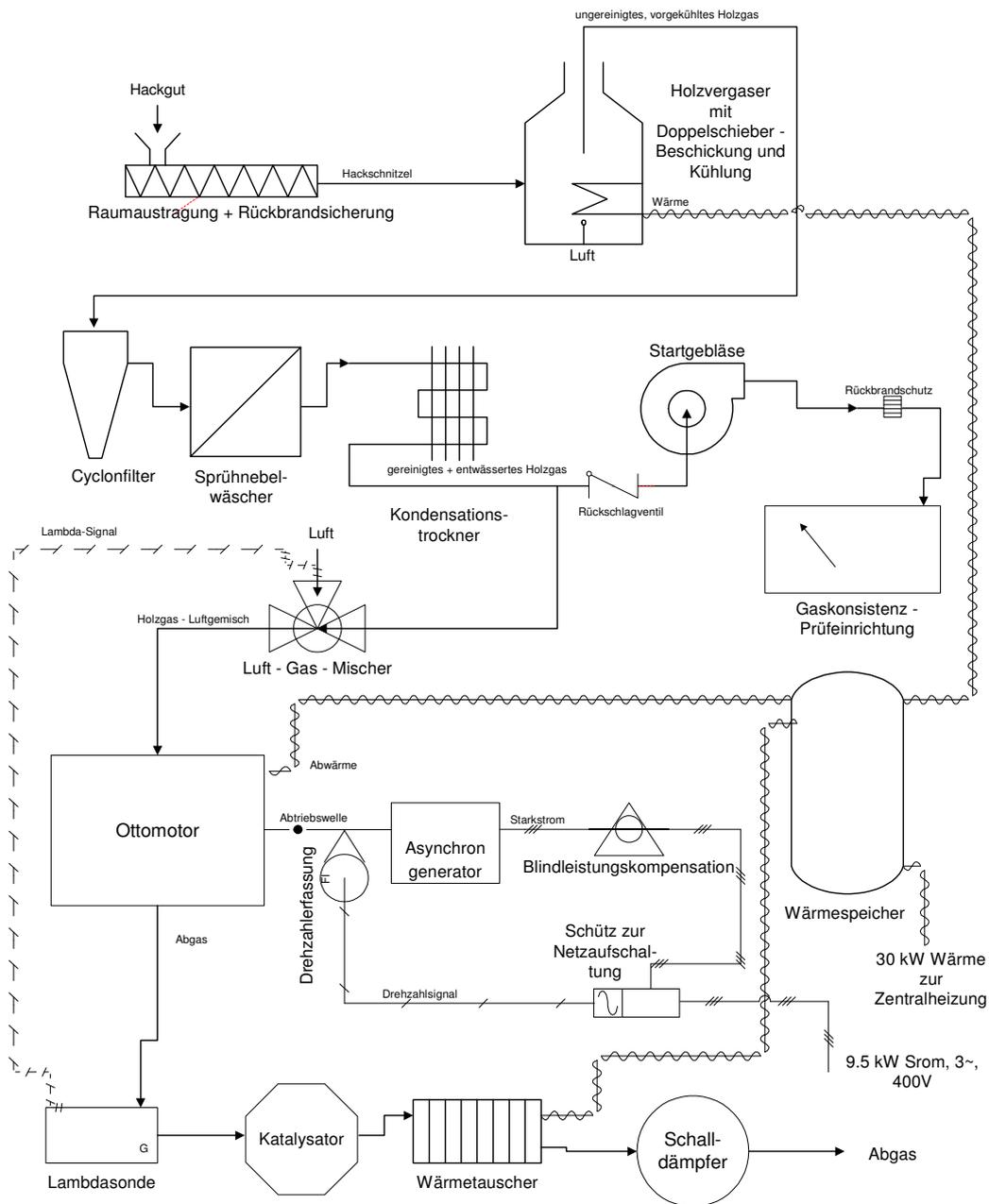
2.3.3 Endgültige Entscheidung

Um langwierige Genehmigungsverfahren zu umgehen und dennoch vor Ende 2004 einen rechtsgültigen Anerkennungsbescheid als Ökostromanlage zu erhalten, musste die Anlage auf 9,5 kW elektrische Leistung und daraus resultierend 30 kW thermische Leistung umkonstruiert werden. Die Anlage ist somit nach beiden in Kapitel 2.3.2 genannten Rechtsvorschriften genehmigungsfrei. In Folge der Reduktion der elektrischen Leistung auf 9,5 kW reduziert sich auch die thermische Leistung auf 30 kW, diese ist nun für die Deckung des Wärmebedarfs des Hauses nicht ausreichend. Daher muss der Wärmebedarf des Hauses durch zukünftige Isolationsmaßnahmen gesenkt werden, eine Halbierung der derzeit berechneten 45 kW Heizlast scheint möglich.

2.4 Das erste Konzept

Das erste Konzept des Blockheizkraftwerks wird in Abb.1 dargestellt. Die einzelnen Schritte (Holzvergasung, Gasaufbereitung, Lambda-Regelung, Verbrennungsmotor und Generator, Abgasnachbehandlung, effiziente Wärmegewinnung) werden in Kapitel 2.5 erläutert.

Blockheizkraftwerk auf Holzhackgutbasis (9,5 kW elektrisch, 30 kW thermisch) Anlagenschema



TITEL	ERSTELLT VON	DATUM
Blockheizkraftwerk Rev.1	Thomas Schuster	25.12.2004

Abb.1: Erstes Konzept

2.5 Anlagenbeschreibung

2.5.1 Holzvergasung

Das Holzhackgut wird über eine vollautomatische Raumaustragung aus dem Vorratsbunker in einen Trockner befördert. Der Trockner benutzt die während des Anlagenbetriebes im Raum vorhandene warme Luft um die Feuchtigkeit der Hackschnitzel um 20-40% zu verringern. Das erhöht den Heizwert des Hackgutes, außerdem ist trockenes Holz eine wichtige Grundvoraussetzung für einen stabilen Vergasungsprozess.

Über eine weitere Förderschnecke, gesteuert durch einen Füllstandsensoren, gelangt das Hackgut dann vom Trockner vollautomatisch in den Holzvergaser. Der Vergaser ist so konstruiert, dass für die Beschickung mit Brennmaterial keine luftdichte Schleuse erforderlich ist.

Der Holzvergaser selbst arbeitet nach dem Gleichstromprinzip. Wichtig für ein gut verwertbares, holzteerarmes Gas ist eine hohe Reaktionstemperatur über 1200°C. Diese hohe Temperatur wird durch entsprechende Konstruktion des Vergasers erreicht und kann nur durch konstanten Gasdurchsatz gehalten werden. Daher sind eine Veränderung des Gasdurchsatzes und damit eine mögliche Leistungsverstellung nicht möglich.

Als Abfallprodukt bei der Vergasung entsteht ca. 1% Holzkohle - diese wird durch eine Schleuse ins Freie befördert und thermisch verwertet.

2.5.2 Gasaufbereitung

Das im Holzvergaser entstandene Gas wird in einem handelsüblichen Wärmetauscher, wie er auch in einem Holzheizkessel verwendet wird, vorgekühlt. Die dabei anfallende Wärme wird dem Zentralheizungskreislauf zugeführt. Das Gas gelangt dann in einen Zyklonfilter, in dem mitgerissene grobe Kohleteilchen abgeschieden werden. Nachgeschaltet ist ein elektrostatischer Filter, der auch feinste Partikel aus dem Gas entfernt. Das so gereinigte Holzgas wird dann in einem Wäscher weiter gekühlt, ein daran angeschlossener Kondensationstrockner kühlt das Gas noch weiter ab, wodurch die Gasdichte erhöht und Feuchtigkeit ausgeschieden wird.

2.5.3 Lambdaregelung

Das gereinigte und gekühlte Holzgas wird nun mit Luft vermischt. Eine Lambdasonde ermittelt aus den Verbrennungsgasen des Verbrennungsmotors den nötigen Sauerstoffbedarf und regelt den Luft-Gas-Mischer, damit ein für den Motor optimales Gas-Luft Gemisch entsteht ($\lambda=1$).

2.5.4 Verbrennungsmotor und Generator

Der Verbrennungsmotor (4-Takt Ottomotor) saugt das zündfähige Gas-Luft Gemisch an und verbrennt es. Die dabei entstehende mechanische Leistung treibt einen Asynchrongenerator an. Der Generator wird netzparallel betrieben, die Netzfrequenz und Polpaarzahl bestimmen die Drehzahl. Die Drehzahl des Verbrennungsmotors wird durch den Generator begrenzt (höheres Drehmoment = mehr Schlupf = mehr abgegebene Leistung), eine weitere Leistungsregelung am Ottomotor ist nicht notwendig. Die Wärme des Kühlwassers wird dem Zentralheizungskreislauf zugeführt.

Der Verbrennungsmotor wird über einen Starter mithilfe einer Batterie angelassen (wie bei einem KFZ). Damit wird das Netz für den Startvorgang nicht belastet.

Der Asynchrongenerator besitzt gegenüber einem Sychrongenerator den Vorteil, dass beim Aufschalten auf das öffentliche Netz auf exakten Polradwinkel und Drehzahl keine Rücksicht genommen werden muss. Auch gibt es keine zu regelnde Erregerspannung.

Die während des Betriebs der Anlage überschüssig erzeugte elektrische Energie wird an das öffentliche Netz abgegeben (Netzparallelbetrieb).

2.5.5 Abgasnachbehandlung

Das Verbrennungsgas des Ottomotors passiert die Lambdasonde und wird dann in einem handelsüblichen 3-Wege-Katalysator nachbehandelt (Reduktion des ohnehin niedrigen CO und HC Anteiles). Ein Wärmetauscher entzieht dem Abgas weitere nutzbare Wärme und führt diese dem Zentralheizungskreislauf zu. Das nachfolgende Schalldämpfersystem verringert die Schallemission des nur noch maximal 60°C warmen Abgases der Anlage auf ein kaum hörbares Maß.

2.5.6 Effiziente Wärmegegewinnung

Die Abwärme des Holzvergasers und des Verbrennungsmotors so wie die im Abgas enthaltene Wärmeenergie wird thermostatgesteuert dem 400 Liter Heizungspufferspeicher zugeführt. Von diesem Heizungspufferspeicher aus wird dann die Zentralheizung des Hauses versorgt. Der Abgaswärmetauscher ist so ausgelegt dass einer seiner Teile zur „Rücklaufanhebung“ verwendet wird. Durch die niedrige Temperatur des hier zugeführten Heizungswassers von 20-60°C wird der Taupunkt des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes unterschritten, dieser kondensiert und die Kondensationsenergie wird genutzt.

Um die Wärmeenergie effizient nutzen zu können, wird die Anlage je nach Wärmebedarf betrieben. Kann die Abwärme nicht in ausreichendem Maß abgeführt werden, schaltet die Anlage ab. Während des Stillstands der Anlage wird das Haus aus dem zuvor aufgeheizten Pufferspeicher mit Wärme versorgt. Reicht die Wärme im Pufferspeicher nicht mehr um das Haus zu heizen, muss die Anlage wieder gestartet werden.

2.6 Technische Erfahrungen im Betrieb

Die Anlage ist seit Herbst 2006 in Betrieb und hat bisher über 2000 Betriebsstunden erreicht. Sie wird überwiegend von eingeschulten Laien bedient und gewartet. Wie bei einem Prototyp zu erwarten, ergeben sich im laufenden Betrieb Verbesserungsmöglichkeiten, die Betriebsstabilität, Leistungsausbeute und Minimierung des Wartungsaufwandes betreffen. Diese Erkenntnisse werden nach und nach während der Stillstandzeiten umgesetzt. Schwere Schäden, welche einen Ausfall der Anlage zur Folge hätten sind bisher nicht aufgetreten.



Abb.2: Anlage nach 2 Jahren Betrieb

3 Finanzielle Rahmenbedingungen und Förderungsmöglichkeiten

3.1 Ökostromgesetz - Vergütung

Während die Errichtung von im Handel erhältlichen Biomasse-Heizanlagen gefördert wird, gibt es für den Eigenbau zurzeit keine Förderungen. Das gesamte Projekt sowie die zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten (eine Patentanmeldung wird derzeit geprüft) wurden daher privat finanziert.

Der erzeugte Strom wird gemäß Ökostromgesetz aus dem Jahre 2004 mit 12-16 Eurocent pro kWh abgegolten, je nach Zusammensetzung des verarbeiteten Hackgutes (Sägewerksabfall: 12 Eurocent/kWh; Waldhackgut: 16 Eurocent/kWh). Der Tarif ist nicht tages- oder jahreszeitabhängig.

3.2 Volleinspeisung – Überschusseinspeisung

Es gibt zwei verrechnungstechnische Möglichkeiten, um elektrische Energie in das öffentliche Netz einzuspeisen:

- Volleinspeisung
- Überschusseinspeisung.

3.2.1 Volleinspeisung

Bei dieser Variante ist die Anlage über ein eigenes Zählsystem mit dem Netz verbunden. Da vom Netzbetreiber mechanische Zählwerke verwendet werden, werden zwei Zähler mit Rücklaufhemmung eingebaut, damit mit einem Zähler der Strombezug und mit dem anderen die Stromlieferung gemessen werden kann. Für die Stromversorgung des Hauses gibt es einen weiteren, unabhängigen Zähler, wie bei jedem Endverbraucher. Vorteil dieser Methode ist, dass die gesamte erzeugte Energie gemessen und verrechnet werden kann. Nachteil ist, dass für drei Zähler Fixkosten verrechnet werden. Daher ist diese Schaltungsart speziell dann von finanziellem Vorteil, wenn die Vergütung für den eingespeisten Strom deutlich höher ist als der Preis für die bezogene Kilowattstunde.

3.2.2 Überschusseinspeisung

Bei dieser Variante wird die Stromerzeugungsanlage parallel zu den anderen Verbrauchern im Haus geschaltet. Es gibt nur ein gemeinsames Zählersystem. Dieses besteht aus zwei Zählern mit Rücklaufhemmung. Während des Betriebs der Anlage deckt diese zumindest einen Teil des Eigenbedarfs des Hauses. Ist die Anlagenleistung höher als der Eigenbedarf wird die überschüssige Energie über den Lieferzähler erfasst und an das öffentliche Netz abgegeben. Bei Anlagenstillstand werden das Haus und die Anlage über den Bezugszähler versorgt. Diese Schaltung ist finanziell günstiger, wenn der Preis für die verkaufte Kilowattstunde geringer oder gleich dem Preis für die bezogene Kilowattstunde ist. Es fallen nur Fixkosten für zwei Zähler an.

Da für die beschriebene Anlage der Strompreis zwischen 12 und 16 Eurocent schwankt, und die bezogene Kilowattstunde inklusive aller zusätzlichen verrechneten Gebühren ca. 15 Eurocent beträgt, ist Überschusseinspeisung im vorliegenden Fall die wirtschaftlichere Variante. Daher fiel die Entscheidung auf die Überschusseinspeisung.

3.3 Wirtschaftlichkeit

Die eingespeiste elektrische Energie beträgt für das Jahr 2007 8453 kW. Das ergibt eine Vergütungssumme von 1890 Euro. Zusätzlich sind der Eigenverbrauch des Hauses sowie der Wert der erzeugten Heizwärme hinzuzurechnen.

Während des Betriebs wurden ca. 90m³ Waldhackgut verarbeitet. Bei einem sehr hohen Preis von 17,92 Euro pro m³ Hackgut im Jahr 2006 ergeben sich Kosten von 1612,80 Euro. Bei der Kalkulation solcher Anlagen ist dringend zu beachten, dass der Preis für Hackgut starken Schwankungen unterliegt. Er bewegte sich 2005-2006 zwischen 9 und 26 Euro pro m³.

Der erwirtschaftete Gewinn steht sehr hohen Anschaffungskosten für die Anlage gegenüber. Im speziellen Fall dieses Prototyps sind diese Kosten verständlicherweise deutlich höher als bei einem in Serie gefertigten Produkt. Die Materialkosten betragen bisher 8054,87 Euro, obwohl vorwiegend gebrauchte Komponenten verwendet wurden. Durch die nicht verrechnete Eigenleistung beim Bau des Kraftwerks konnten die Kosten jedoch in vernünftigen Grenzen gehalten werden, somit ist die Anlage durchaus wirtschaftlich.

Die erzeugte Energie entspricht einem Äquivalent von 8000 Litern „Heizöl leicht“. Da Holz CO₂ neutral ist, können so pro Jahr 23 Tonnen CO₂ eingespart werden.

4 Ergebnisse

Die Erzeugung von elektrischer Energie aus Biomasse ist grundsätzlich auch in kleinen dezentralen Anlagen für Mehrfamilienhäuser möglich. Allerdings macht der stark schwankende Marktpreis für Holzhackgut eine reine Stromerzeugung in diesem Umfang und mit diesem Verfahren nahezu unrentabel. Es wurde jedoch gezeigt, dass die Nutzung der Abwärme zu Heizzwecken die Anlage durchaus wirtschaftlich interessant macht.

5 Literaturverzeichnis

- [1] KEG Kraftwerkerrichtungs- und Betriebs- GmbH, „Häufige Fragen“
<http://www.stw.at/inhalt/KEGFragen.htm>
[20.01.2008]
- [2] Antennen Umwelt Technik Becker, „Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplung mit ORC-Prozess“
http://www.atb-becker.com/download/infobroschuere_orc_prozess.pdf
[25.01.2008]
- [3] Verbund Austrian Thermal Power, „Gas-Kombikraftwerk Mellach“
http://www.verbund.at/cps/rde/xbcr/SID-3E1B22D8-6137145A/internet/Folder_GKW_Mellach.pdf
[18.01.2008]
- [4] REPOTEC renewable Power Technologies, „Biomassekraftwerk Güssing“
<http://members.aon.at/solarschule.pinkafeld/guessing.pdf>
[23.01.2008]
- [5] BIOS Energiesysteme, Graz, „Beschreibung der Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungstechnologie auf Basis Stirlingmotor“,
<http://www.bios-bioenergy.at/de/strom-aus-biomasse/stirlingmotor.html>
[15.01.2008]
- [6] Kuntschar Energieerzeugung GmbH & Co. KG, „Ökologische Energieerzeugung der Zukunft“
<http://www.kuntschar-holzgas.de/>
[19.01.2007]
- [7] Österreichisches Bundeskanzleramt, Rechtsinformationssystem
<http://www.ris2.bka.gv.at/>
[30.01.2008]