

■ Wärme und Kälte aus Biomasse

- Thermische Nutzung von Biomasse – Ausgangsstoffe und Konversionsverfahren
- Kraft-Wärme-Kopplung zur effizienten energetischen Nutzung von Biomasse

Thermische Nutzung von Biomasse – Ausgangsstoffe und Konversionsverfahren

Prof. Dr. Hartmut Spliethoff
 ZAE Bayern
 (Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.)
 spliethoff@tum.de

Dr. Marina Braun-Unkhoff
 DLR
 marina.braun-unkhoff@dlr.de

Dr. Bernd Krautkremer
 ISET
 bkrautkr@iset.uni-kassel.de

Einleitung

Biomasse ist weltweit der bedeutendste erneuerbare Energieträger und wird ihren Stellenwert auch in der Zukunft bewahren. Gemäß dem "White Paper" der EU-Kommission soll der Beitrag der Biomasse zur Deckung des Primärenergieverbrauches von 3,3 % im Jahr 1995 auf 8,5 % in 2010 gesteigert werden. In vielen europäischen Ländern wurden Zielvorgaben für den Beitrag der Biomasse zum Primärenergieverbrauch in der Zukunft definiert.

Die Leistung einer Biomassekonversionsanlage kann sich aus dem örtlichen Aufkommen oder dem Einzugsgebiet der Biomasse ergeben. Sinnvoll erscheinen Brennstoffwärmeleistungen von maximal 50 bis 100 MW_{th}. Neben ausschließlich mit Biomasse gefeuerten Anlagen kommt auch eine gemeinsame Verbrennung mit anderen Brennstoffen, vorzugsweise festen Brennstoffe in Frage. Dafür ist die Eignung einer Feuerungsanlage und einer dazu gehörigen Rauchgasreinigungsanlage zu prüfen.

Zur Umwandlung von Biomasse in Strom und Wärme stehen eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung. Sie unterscheiden sich hinsichtlich:

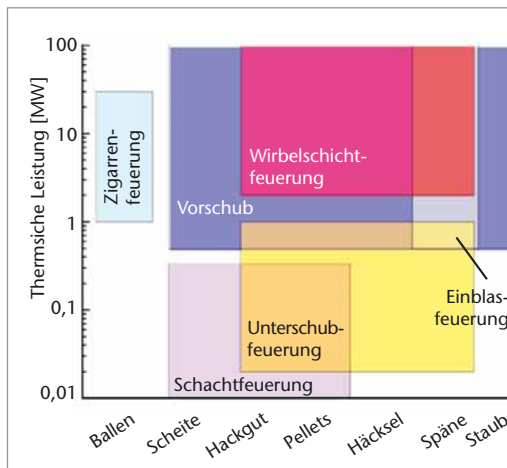
- Brennstoffe: Holz oder Stroh, organische Reststoffe
- Brennstoffumwandlung: Verbrennung, Vergasung, atmosphärisch oder druckaufgeladen
- Stromerzeugung: Verbrennungsmotor, Gasturbine, Dampfturbine, Stirlingmotor,
- Brennstoffzelle thermische Leistungsgröße der Anlage in Megawatt
- erzeugte Produkte: Strom oder Wärme, Strom und Wärme
- ausschließlicher Biomasseeinsatz oder gemeinsame Nutzung mit fossilen Brennstoffen

Biomasseverbrennung

Die Bereitstellung von Wärme und Strom aus Biomasse geschieht üblicherweise in Verbrennungsanlagen, die als Stand der Technik bezeichnet werden können. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Feuerungstechniken erläutert.

Ein wesentliches Kriterium für die Wahl des Feuerungssystems ist die Größe der zu errichtenden Anlage. So wird zwischen Kleinanlagen bis 15 kW thermischer Leistung, mittleren Anlagen bis 1 MW und Großanlagen unterschieden.

- **Kleinstfeuerungen** werden im Haushaltsbereich zur Warmwasser- und Raumwärmenutzung mit Leistungen bis 15 kW_{th} eingesetzt.
- **Schacht- und Unterschubfeuerungen** sind als Feuerungssysteme verbreitet. Anlagen bis zu einer thermischen Leistung von 1 MW_{th} werden in Gewerbe und Handwerk eingesetzt.
- **Rostfeuerungen** werden überwiegend im Leistungsbereich größer als 1 MW_{th} eingesetzt zur Produktion von Wärme, Prozessdampf und Strom, wobei die Anlagen zumeist als Kraft-Wärme gekoppelte Anlagen betrieben werden. Sie eignen sich für stückige, feuchte und problematische Brennstoffe und stellen geringe Anforderungen an die Brennstoffaufbereitung.
- **Wirbelschichtfeuerungen** zeichnen sich durch geringere Emissionen aus, sind jedoch anlagentechnisch aufwendiger und deshalb erst ab Leistungsgrößen oberhalb von etwa 10 MW wirtschaftlich. Staubfeuerungen für Biomasse sind insbesondere dann sinnvoll, wenn der Brennstoff bereits zerkleinert vorliegt.



- **Staubfeuerungen** stellen für den Brennstoff Kohle in Großanlagen die dominierende Feuerungstechnik dar, da sie sich durch eine hohe Leistungsdichte, eine gute Regelbarkeit und einen vollständigen Ausbrand auszeichnen. Bei Brennstoffen mit Fein- und Grobanteilen kann auch eine Kombination von Staub- und Rostfeuerung sinnvoll sein.
- **Zigarrenfeuerungen:** Zur Verbrennung von Strohballen hat sich in Dänemark eine Sonderkonstruktion, der so genannte Zigarrenbrenner, bewährt.
- **Mitverbrennung:** Neben einer Nutzung in ausschließlich mit Biomasse gefeuerten Anlagen kommt auch eine gemeinsame Verbrennung mit anderen Brennstoffen, vorzugsweise festen Brennstoffe in Frage. Dabei ist die Eignung der Feuerungsanlage und der Rauchgasreinigungsanlagen zu prüfen.

Die Wahl des Feuerungssystems hängt neben der Anlagengröße davon ab, in welcher Form (Späne, Häcksel, Pellets, Ballen etc.) die Biomasse vorliegt. In *Abb. 1* ist der Anwendungsbereich von Feuerungssystemen in Abhängigkeit der Anlagengröße und der Form der Biomasse dargestellt.

Schachtf Feuerung

Im unteren Leistungsbereich von 20 kW bis etwa 250 kW werden für die Verbrennung von stückigen Holzresten, aber auch von Hackschnitzeln Schachtf Feuerungen angewandt. Die in den Anlagen nutzbare Brennstoffpalette macht eine zusätzliche Aufbereitung meist nicht erforderlich. Dies, eine einfache Feuerungstechnik und vergleichsweise geringe Anschaffungskosten führen im angegebenen Leistungsbereich zu einer weiten Verbreitung dieser Feuerung.

Unterschubfeuerung

Unterschubfeuerungen, die in einem breiten Leistungsbereich von 20 kW bis 2 MW_{th} angeboten werden, sind für Hackschnitzel, Späne und bis zu einem gewissen Umfang auch für staubförmige Holzreste geeignet. Dieser Feuerungstyp ist für die thermische Nutzung von Produktionsresten aus Holzverarbeitenden Betrieben weit verbreitet, da er

- nahezu vollautomatisch arbeitet,
- im Vergleich zu anderen Feuerungsarten wie Einblase- oder Rostfeuerung aus einfacher Technik und wenigen Komponenten besteht und
- auch unter Berücksichtigung der Bevorratungs-, Beschickungs- und der gegebenenfalls notwendigen Brennstoffaufbereitungseinrichtungen wirtschaftlich attraktiv ist.

Rostfeuerungen

Im Leistungsbereich von 1 MW_{th} und größer sind Rostfeuerungen die dominierende Technologie zur Verbrennung von Biomasse, die relativ geringe Anforderungen an die Brennstoffaufbereitung stellen. Auch problematische Brennstoffe wie feuchte Holzreste oder aschereiche Rindenabfälle können verwendet werden. In Rostfeuerungen kann auch Stroh als ausschließlicher Brennstoff verbrannt werden – wie die Praxis in Dänemark zeigt. Für die Verbrennung von Holz und Holzreststoffen werden Rostfeuerungen zum Teil in Verbindung mit einer Einblasfeuerung für staubförmige Reste eingesetzt. Mit ihrer aufwendigen Anlagentechnik sind Rostfeuerungen erst ab einer Leistung von ca. 1 MW wirtschaftlich.

Abbildung 1
Feuerungssysteme in Abhängigkeit der Anlagengröße und der Form der Biomasse

Wirbelschichtfeuerungen

Wirbelschichtfeuerungen eignen sich insbesondere zur Verfeuerung mehrerer, auch stark unterschiedlicher Brennstoffe. Die prozessbedingte intensive Mischung und Verbrennung, die gute Wärmeübertragung im Wirbelbett, sowie die Entkopplung der Verweilzeit der Partikel und der Rauchgase im Feuerungsraum lassen hinsichtlich Feuchte, Zusammensetzung und Aufbereitung eine breite Brennstoffpalette zu. Da die Wirbelschichtverbrennung apparativ aufwändig ist, kann sie wirtschaftlich nur in größeren Einheiten ab $10 \text{ MW}_{\text{th}}$ betrieben werden. In den skandinavischen Ländern und zunehmend auch in anderen Ländern werden in der Papier- und Zellstoffindustrie anfallende Holzreste und Schlämme zumeist in Wirbelschichtfeuerungen verbrannt, die integraler Bestandteil des Produktionsprozesses sind. Aufgrund der wirtschaftlichen Leistungsgröße werden neben Biomasse verschiedene weitere Brennstoffe wie Torf, Kohle und Abfallstoffe eingesetzt.

Staubfeuerungen

Wenn der Brennstoff bereits zerkleinert vorliegt, sind Staubfeuerungen besonders sinnvoll. Staubfeuerungen stellen für den Brennstoff Kohle in Großanlagen die dominierende Feuerungstechnik dar, da sie sich durch eine hohe Leistungsdichte, eine gute Regelbarkeit und einen vollständigen Ausbrand auszeichnen. Staubfeuerungen werden oft in Holzverarbeitungsbetrieben genutzt, die zu einem Großteil mit schnell laufenden Maschinen arbeiten. Bei Brennstoffen, die einen gewissen Grobanteil aufweisen, kann auch eine Staubfeuerung mit Nachverbrennungsrost sinnvoll sein. Staubfeuerungen zeichnen sich durch hohe Leistungsdichten, hohe Feuerungswirkungsgrade und eine gute Regelbarkeit aus. Die genaue Abstimmung von Brennstoff und Verbrennungsluft ermöglicht effektive feuerungstechnische Maßnahmen zur Verminderung von Stickstoffoxiden (NO_x).

Gaserzeugung aus Biomasse

Biomasse wie auch andere kohlenstoffhaltige feste Brennstoffe können durch eine thermochemische Umwandlung unter Zugabe eines Oxidationsmittels (Luft, Sauerstoff, Wasserdampf) in einen gasförmigen Energieträger umgewandelt werden. Technische Gaserzeugungsprozesse laufen bei Temperaturen von über 500 °C ab, je nach Verfahren können bis zu 1200 °C erreicht werden. Wird Luft oder Sauerstoff eingesetzt, können die exothermen Oxidationsreaktionen die zur Deckung der endothermen Teilschritte notwendige Wärme liefern, sodass eine Energiezufuhr von außen nicht erforderlich ist (autotherme Vergasung).

Die entwickelten Gaserzeugungsverfahren lassen sich in sogenannte Festbettvergaser, Wirbelschichtvergaser sowie in andere Bauarten (Drehrohr, Flugstrom) einteilen. Am weitesten verbreitet sind dabei die Festbett- und die Wirbelschichtvergaser. Der Anwendungsbereich von Festbettvergasern liegt bei kleinen Leistungen bis zu einigen MW_{th} , der von Wirbelschichtanlagen im Bereich über 5 MW_{th} . Bei den Wirbelschichten lassen sich stationäre und zirkulierende Systeme unterscheiden. Darüber hinaus können Vergaser in druckaufgeladene und atmosphärische Anlagen unterteilt werden.

Festbettvergaser

In Festbettvergasern wird der Brennstoff in einer Schüttschicht vergast. Der Brennstoff durchläuft verschiedene Zonen, bei denen die einzelnen Gaserzeugungsreaktionen (Pyrolyse, Oxidation und Reduktion) stattfinden. Man unterscheidet zwischen Gegenstrom- und Gleichstromvergaser. Der wichtigste Vorteil der Gleichstromvergaser ist, dass ihre Rohgase wesentlich weniger Teerprodukte und andere hochsiedende Verbindungen enthalten als die Gase aus Gegenstromvergasern.

Wirbelschichtvergasung

Grundsätzlich existieren stationäre (SWS) und zirkulierende (ZWS) Wirbelschichten. Die ZWS weist eine deutlich höhere spezifische Leistung auf, und durch die Gas/Feststoffströmung ist das Mischungsverhalten besser als bei SWS was sich in besserem Brennstoffumsatz und niedrigeren Teerwerten niederschlägt. Nachteilig ist der höhere Anspruch an die Brennstoffeigenschaften (Körnung) und der deutlich höhere Druckverlust (Eigenverbrauch). Zudem ist die Regelung aufwändiger und die Bauhöhe ist erheblich größer als bei SWS. Für kleinere Leistungen kommt daher eher die stationäre Wirbelschicht in Frage. Hinsichtlich des Teergehalts sind stationäre Wirbelschichten ungefähr eine Größenordnung schlechter als Gleichstrom-Festbettvergaser. Zirkulierende Wirbelschichten sind etwas besser, erreichen jedoch nicht die Werte der Festbettvergaser.

Gaserzeugungsanlagen mit Wirbelschichttechnik für Biomassen werden von verschiedenen Herstellern angeboten, wobei die kommerziell betriebenen Anlagen in der Mehrzahl Gas zur thermischen Nutzung beispielsweise zur Befeuerung von Kalk- oder Zementöfen liefern, darunter auch die mit einer thermischen Leistung von 100 MW derzeit größte Anlage in Rüdersdorf. Erfahrungen mit integrierten Gaserzeugungsprozessen mit Gasturbinen beschränken sich auf wenige Anlagen. In Värnamo (Schweden) wurde von 1993 bis 2000 eine Wirbelschichtanlage mit einer elektrischen Leistung von 6 MW_e betrieben, in der die Gaserzeugung unter Druck betrieben wird.

Gasnutzung und Anforderungen

Das erzeugte Gas lässt sich auf verschiedene Arten zur Elektrizitätserzeugung oder der Erzeugung von Prozesswärme nutzen. Die Systeme weisen dabei unterschiedliche Wirkungsgrade, Kosten und Anforderungen an die Gasqualität auf. Motoren eignen sich für Leistungsgrößen zwischen ca. 50 kW_e und 10 MW_e im Zusammenhang mit atmosphärischen Festbett- oder Wirbelschichtvergasern. Mit Motoren oder Gasturbinen ohne Abhitzenutzung lassen sich Gesamtwirkungsgrade der Elektrizitätserzeugung von maximal 30 % erreichen. Bei kleineren Anlagen (< 10 MW_e)

ist allerdings eher von 25 % auszugehen. Die Wirkungsgrade liegen damit etwas über denen, die sich in diesem Leistungsbereich mit einem Dampfturbinenprozess erzielen lassen.

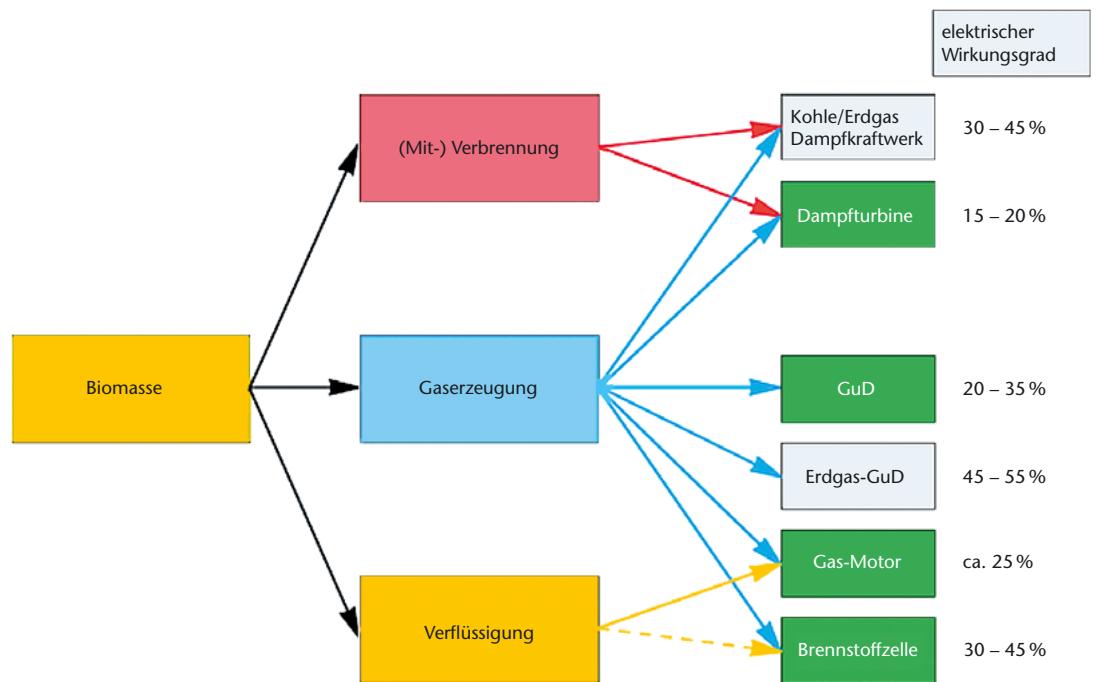
Ab einer Leistungsgröße von ca. 5 MW_e erscheint der Einsatz von Gasturbinen sinnvoll. Geeignete Gaserzeuger sind hier Wirbelschichtanlagen, die unter Normal- oder Überdruck arbeiten. Bei Gasturbinen mit einer Leistung > 25 MW_e bietet sich zudem die Möglichkeit, den Wirkungsgrad bis auf 48 % zu steigern durch Nachschaltung eines Abhitzeessels mit Dampfturbine. Bei Anlagen mit einer Leistung bis 10 MW_e lassen sich ungefähr noch 30 % Wirkungsgrad erreichen. Um Verschmutzungen und Ablagerungen im Motor zu vermeiden, sollte das Gas weitgehend teer- und staubfrei sein. Die Anforderungen an die Gasqualität sind also sehr hoch. Typische Zielwerte für die Nutzung in Gasmotoren sind in *Tab. 1* zusammengestellt.

Komponente	max. zulässige Konzentration (Richtwert)	anzustrebende Konzentration
Partikel	< 50 mg/m ³	< 5 mg/m ³
Teer	< 100 mg/m ³	< 50 mg/m ³

*Tabelle 1
Anforderung an die Gasqualität für die Nutzung in Gasmotoren*

Motoren mit Turbolader stellen dabei höhere Anforderungen an die Gasqualität. Von den heute verfügbaren Vergasern werden die angegebenen Werte beim Betrieb ohne Gasreinigung bei weitem überschritten. Eine Entfernung sowohl von Teeren als auch Partikeln ist also erforderlich. Die Zielwerte für die Gasqualität ergeben sich dabei als Kompromiss zwischen erhöhtem Aufwand für die Gasreinigung und erhöhtem Wartungsaufwand für Motor bzw. Turbine.

Abbildung 2
Elektrischer Wirkungs-
grad von Umwand-
lungsverfahren



Verfahrensvergleich

Abb. 2 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Möglichkeiten der Krafterzeugung und deren Wirkungsgrade.

Es wird deutlich, dass sich die Leistungsgröße unmittelbar auf den Wirkungsgrad auswirkt. Größere Anlagen erlauben effizientere und wirtschaftlichere Konversionsverfahren. Die Gaserzeugung aus Biomasse und die Mitverbrennung des erzeugten Produktgases in einem erdgasgefeuerten GuD-Prozess¹ oder die direkte Mitverbrennung in einem kohlegefeuerten Dampfkraftwerk zeichnen sich durch Wirkungsgrade aus, die über den Wirkungsgraden bei ausschließlich mit Biomasse gefeuerten Anlagen liegen.

Die Gaserzeugung aus Biomasse bietet den Vorteil, dass die Nutzung des Biogases in GuD-Anlagen, internen Verbrennungskraftmaschinen oder auch künftig in Brennstoffzellen mit hohen Wirkungsgraden erfolgt, der im Allgemeinen über dem von Verbrennungsverfahren liegt.

Kraft-Wärme-Kopplung zur effizienten energetischen Nutzung von Biomasse

Kraft-Wärme-Kopplung – eine Einführung

Mit dem Begriff Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet man Prozesse zur Bereitstellung elektrischer Energie, bei denen die dabei entstandene Wärme zumindest teilweise genutzt wird. Obwohl der Begriff KWK die ausschließliche Verwendung von Kraftprozessen vermuten lässt, hat es sich eingebürgert, auch Prozesse mit Brennstoffzellen, Thermophotovoltaik oder ähnlichen Aggregaten ohne zwischengeschaltete mechanische Kraftprozesse hiermit zu belegen, wenn Abwärme genutzt wird. Wird mit der Abwärme zusätzlich ein Kälteprozess angetrieben so spricht man von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK).

Wozu braucht man KWK ?

Die Grundidee der KWK basiert auf der Überlegung, dass die bei der Wandlung in elektrische Energie stets freiwerdende Wärme sinnvoll genutzt werden kann, um so die bereitgestellte Primärenergie (Kraftstoffe) effizienter zu nutzen. Erzielt werden dabei Gesamtnutzungsgrade um 90 %, wodurch Primärenergieeinsparungen bis ca. 30 % möglich werden, die dann entsprechend zu einer Verminderung von Treibhausgasen führen. Aus diesem Grund wird diese Technologie über das sogenannte KWK-Gesetz gefördert. Mit diesem Gesetz wird KWK-Strom gefördert, der in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist wird. KWK-Anlagen, die nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert werden, erhalten eine andere Vergütung (KWK-Bonus) [1].

Die Wärme kann bei diesen Prozessen in vielfältiger Weise genutzt werden wie z. B. zu Heizzwecken, als Prozessenergie aber auch zu Kühlzwecken.

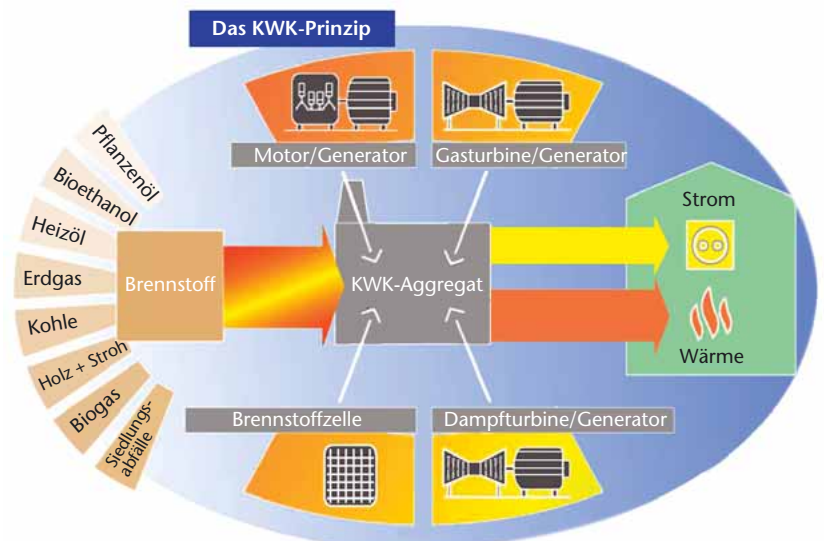
Es steht hierzu eine Vielzahl an Aggregaten zur Verfügung (Kolbenmaschinen mit innerer und äußerer Wärmezufuhr, Gasturbinen, Dampfmaschinen, Brennstoffzellen, Thermophotovoltaik). Diese können wiederum mit einer Vielzahl von Kraftstoffen betrieben werden. Eine Übersicht über die gebräuchlichsten Verfahren findet man in [2] und [3]. Die verschiedenen Prozesse unterscheiden sich teilweise erheblich in der Art der verarbeitbaren Kraftstoffe, dem Verhältnis zwischen elektrischer und thermischer Leistung, aber auch dem Temperaturniveau, auf dem die Wärme zur Verfügung gestellt wird [4]. Da meist nicht die gesamte Wärme genutzt werden kann, kommt dem Verhältnis zwischen Nettostromerzeugung und Nutzwärmeerzeugung (Stromkennzahl) eine besondere Bedeutung zu, da diese letztendlich die Wirksamkeit der Kopplung beziffert.

Dr. Bernd Krautkremer
ISET
bkrautkr@iset.uni-kassel.de

Helmut Böhnisch
ZSW
helmut.boehnisch@zsw-bw.de

Dr. Ahmet Lokurlu
SOLITEM GmbH
a.lokurlu@solitem.de

Abbildung 1
Das KWK-Prinzip [5].
Als KWK-Aggregat können verschiedene Techniken eingesetzt werden.



Herausforderungen der KWK in der Praxis

Abbildung 2
Einbaugerät
Mikro-KWK [6]

Im praktischen Betrieb von KWK-Anlagen besteht das Hauptinteresse darin, die zur Verfügung stehende Wärme auch möglichst vollständig zu nutzen. Das kann schwierig sein, weil es nicht selbstverständlich ist, dass sich Bedarfe an Strom und Wärme im selben Verhältnis einstellen, wie sie vom KWK-System zur Verfügung gestellt werden. Zudem unterliegen die Absolutbeträge, aber auch die Verhältnisse der Bedarfe teilweise starken zeitlichen Schwankungen.

KWK-Anlagen müssen ihre, im Vergleich zu konventionellen Systemen, höheren Investitionskosten über die Vergütung des eingespeisten Stromes kompensieren. Neben einer möglichst günstigen Relation zwischen Brennstoffpreis und Stromvergütung ist dabei immer eine hinreichend große Menge an eingespeister elektrischer Arbeit nötig. Daher müssen KWK-Anlagen möglichst hohe jährliche Nutzungsdauern aufweisen (> 4000h/a). Der hieraus resultierende Zielkonflikt zwischen Wärme- und Stromproduktion wird in der Regel dadurch gemildert, dass die Einheiten nur so groß dimensioniert werden, dass sie die Grundlast des Wärmebedarfs decken können. Für die Abdeckung von Bedarfsspitzen sind dann Speicher und/oder Spitzenlastkessel erforderlich.

Typische Standorte, in denen die KWK zur Anwendung kommt, sind daher meist Objekte mit hohen, möglichst gleichmäßigen Wärmebedarfen. Dies sind z. B. Schwimmbäder, Hotels oder Krankenhäuser. Aufgrund der geringen Grundlasten bei privaten Haushalten scheiden bisherige KWK-Lösungen aus. Es zeichnen sich jedoch auch hier neue Lösungen ab:

Mikro-KWK zeichnet sich durch eine elektrische Leistung um 1 kW und eine thermische Leistung um 3 - 4 kW aus. Dadurch sind auch in diesem Anwendungsfall hinreichende Laufzeiten erreichbar. Verfügbar sind zurzeit verschiedene Maschinen, die auch als Einbaugeräte im Küchenbereich zum Einsatz kommen können (Abb. 2). Da es keine allgemeine Definition für den Begriff Mikro-KWK gibt, werden daneben auch größere Maschinen ebenfalls mit diesem Begriff belegt [7].



KWK zur energetischen Nutzung von Biomasse

Wie Abb. 1 zeigt, ist es denkbar und durchaus üblich KWK-Systeme auch mit biogenen Brennstoffen zu betreiben. Beispiele für ausgeführte KWK-Anlagen zur energetischen Nutzung von Biomasse sind:

- Nutzung von fester, trockener Biomasse in Feuerungsanlagen mit nachgeschalteten Dampfprozessen mit Wasser oder organischen Lösungen als Arbeitsmedium
- Nutzung fester, trockener bis feuchter Biomasse in thermischen Vergasungsanlagen mit nachgeschalteten Verbrennungskraftmaschinen
- Nutzung von nasser Biomasse zur anaeroben Faulung in Biogasanlagen mit nachgeschalteten, konventionellen Verbrennungskraftmaschinen sowie Mikrogasturbinen Stirlingmotoren und Brennstoffzellen
- Nutzung von Alkoholen, die aus Biomasse gewonnen wurden in Verbrennungskraftmaschinen und Brennstoffzellen
- Nutzung von Pflanzenölen, direkt oder verestert in Verbrennungskraftmaschinen
- Feuerung von Holzpellets zum Betrieb von Stirlingmotoren

Aufgrund ihrer im Vergleich zu konventionellen Brennstoffen oft geringeren Energiedichte (Heizwert) ist in vielen Fällen eine dezentrale Nutzung sinnvoll. Dies ergänzt sich theoretisch in idealer Weise mit dem ebenfalls dezentralen Charakter der KWK. Ein weiterer Grund für eine Symbiose dieser Technologien ist das Streben nach einem möglichst hohen Nutzungsgrad, was bei der Verwendung knapper Ressourcen wie der Biomasse ohnehin empfehlenswert ist. Entscheidend ist aber, dass dadurch der Anteil erneuerbarer Energien an der Gesamtenergieversorgung mit dem gleichen Einsatz an Rohbiomasse deutlich gesteigert werden kann.

Ein weiterer positiver Aspekt für die Verwendung biogener Brennstoffe in KWK-Anlagen ist die Möglichkeit, die Abwärme zur Aufbereitung der Brennstoffe zu nutzen. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Wärme für den eigenen oder für fremde Prozesse genutzt wird. Eine interne Nutzung ergibt sich beispielsweise, wenn bei der Nutzung von Alkoholen die Abwärme für die Destillation genutzt wird. Eine externe Nutzung ist z. B. die Trocknung von Holzhackschnitzeln mit der Abwärme einer mit Biogas betriebenen KWK-Anlage. Mit Biomasse betriebene KWK-

Systeme besitzen das Potenzial, Energie dann bereit zu stellen, wenn sie benötigt wird. Damit können sie eine bedeutende Rolle in zukünftigen Energieversorgungsstrukturen spielen, da sie zumindest teilweise die Versorgungslücken fluktuierender Quellen wie Windkraft und Photovoltaik schließen und Bedarfsspitzen mindern können.

Probleme bei der energetischen Nutzung von Biomasse in KWK-Anlagen

Es eignet sich nicht jedes Aggregat für jeden biogenen Brennstoff. Die verschiedenen biogenen Brennstoffe unterscheiden sich neben dem Aggregatzustand hinsichtlich ihres Heizwertes, ihrer Verbrennungseigenschaften (Zündverhalten, Flammgeschwindigkeiten, Ausbrand usw.) aber auch hinsichtlich ihrer unerwünschter Begleitstoffe und Verbrennungsrückstände (Teer, Asche). Weiterhin besteht das Problem, dass die Qualität biogener Brennstoffe oftmals Schwankungen unterlegen ist.



Abbildung 3
Pilotprojekt Biogasbetriebene Mikrogasturbine im ISET [8]

Hier müssen dann unter Umständen Aufbereitungsverfahren zwischengeschaltet werden. Aus diesen Gründen gilt es, für jede der möglichen Kombinationen einen technischen und wirtschaftlichen Kompromiss zu finden. Die Optimierung der Systeme bewegt sich dann im Spannungsfeld zwischen maximalem Aufwand zur Kraftstoffaufbereitung und maximalem Aufwand zur Ertüchtigung der Aggregate für einen spezifischen Brennstoff. Dabei ist es meist sinnvoll, einen hochwertigen, standardisierten Brennstoff einzusetzen, wenn die KWK-Anlagen nur kleine Leistungen haben, weil dann auch Standardmaschinen zum Einsatz kommen können. Bei größeren Einheiten kann man jedoch oft auf eine weitergehende Brennstoffaufbereitung verzichten, da es sich hier lohnen kann, dass Aggregat für den jeweiligen Brennstoff zu ertüchtigen.

Ein weiteres Problem ist die Sicherung einer langfristigen Brennstoffversorgung. Viele biogene Kraftstoffe verfügen noch nicht über eine langfristig gesicherte Versorgungsstruktur. Außerdem entwickeln sich die Märkte noch und sind auch abhängig von den jeweils geltenden rechtlichen Randbedingungen. So führte beispielsweise die Zulassung von Biodiesel als Beimischung in konventionellen Kraftstoff zu einer sehr großen Nachfrage. In diesem Zusammenhang sollte man jedoch nicht verschweigen, dass auch die Versorgung mit fossilen Kraftstoffen durchaus nicht mehr so sicher ist wie man es gewöhnt war.

Das theoretische Potenzial, dass auf Biomasse basierende Systeme Energie dann bereitstellen können, wenn sie benötigt wird, kommt in der heutigen Praxis leider noch kaum zum Tragen. Bioenergiesysteme wie z. B. Biogasanlagen werden möglichst lange mit maximaler Leistung betrieben, so dass sie hauptsächlich zur Stromerzeugung im Grundlastbereich beitragen. Dies begründet sich in der Tatsache, dass durch das geltende EEG die Zielenergieform Strom bevorzugt und durch Abrechnung der eingespeisten elektrischen Arbeit vergütet wird. Es kommt noch hinzu, dass die Anlagen meist ortsfrem liegen, so dass eine Nutzung der Abwärme bis auf die Beheizung der Fermenter der Biogasanlagen in der Regel ausbleibt. Es ist daher fraglich, ob der Begriff KWK hier noch

seine Berechtigung hat. Die Gründe hierfür finden sich auch in den momentan gültigen Richtlinien des Baurechts und in der Raumordnung. Hier ist sicher Aufklärungs- und Nachbesserungsbedarf.

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Zur weiteren Verbreitung von KWK-Anlagen, die biogene Brennstoffe einsetzen, müssen geeignete System-Brennstoffkombinationen identifiziert werden, die wirtschaftlich, effizient und emissionsarm sind. Zur Erreichung dieser Zielsetzungen müssen folgende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt werden:

- Existierende Systeme müssen hinsichtlich des gesamten Konversionspfades optimiert werden.
- Neue Systemkombinationen müssen geprüft, ertüchtigt und ihre Funktion demonstriert werden.
- Biogene Kraftstoffe müssen hinsichtlich ihrer Verbrennungseigenschaften detailliert untersucht werden. Aus diesen Untersuchungen müssen Standards abgeleitet werden.
- Zur Aufbereitung der Brennstoffe müssen vorhandene Verfahren verbessert und neue entwickelt werden. Dies vor allem im Hinblick auf die Verwendung in Brennstoffzellen und zur Einspeisung in vorhandene Versorgungsstrukturen.
- Systeme zur bedarfsgerechten Bereitstellung von Energie müssen erprobt werden.

Neben diesen Forschungsaufgaben müssen noch weitere Schritte erfolgen, die die Grundlage für eine Einbindung in zukünftige Energieversorgungsstrukturen bilden. Dazu gehört neben der gesetzlichen Grundlage der Einspeisung auch eine Vergütungsstruktur, die den spezifischen Eigenschaften dieser Systeme gerecht wird. Nur so kann das hohe Potenzial zur Einsparung fossiler Ressourcen ausgeschöpft werden, das KWK-Systeme bieten, die mit Biomasse betrieben werden.

Zusammenfassung

Die positiven Eigenschaften von KWK-Systemen, die zu deutlichen Energieeinsparungen führen können, lassen sich in der Praxis leider nicht immer vollständig umsetzen. Dies gilt auch für KWK-Systeme, die mit Biomasse betrieben werden. Hier kommt hinzu, dass biogene Brennstoffe sich in ihren Eigenschaften deutlich von Standardbrennstoffen unterscheiden. Trotzdem werden auch heute schon KWK-Systeme mit Biomasse erfolgreich betrieben. Der dezentrale Charakter der energetischen Nutzung von Biomasse, die Möglichkeit die Abwärme für den Aufbereitungsprozess zu nutzen und die Chance die benötigte Energie dann bereit zu stellen, wenn sie gebraucht wird, machen mit Biomasse betriebene KWK-Systeme äußerst interessant für zukünftige Energieversorgungssysteme. Um eine weitere Verbreitung dieser Systeme zu ermöglichen sind neben verschiedener Forschungsaktivitäten, unter anderen auch im Forschungsverbund Sonnenenergie, auch die Verbesserung der gesetzlichen und marktbezogenen Randbedingungen nötig.

Literatur

- [1] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. ASUE, KWK-Gesetz 2002
- [2] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. ASUE, BHKW Kenndaten 2005
- [3] www.bhkw-info.de
- [4] J. Bard, Dezentrale Kraftwärmekopplung, Konversionstechnologien und Einsatzmöglichkeiten, FVS Themen 2001
- [5] Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V., Kraft-Wärme-Kopplung, Chance für Wirtschaft und Umwelt, www.bkwk.de
- [6] www.microgendirect.com
- [7] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. ASUE, Mikro-KWK
- [8] www.mikrogasturbine.de

