

biomasse-kwk auf basis stirlingmotor

von friedrich biedermann und ingwald oberberger

Die KWK-Technologie auf Basis Stirlingmotor stellt eine interessante und Erfolg versprechende Anwendung im Bereich der Stromerzeugung aus fester Biomasse für Leistungen unter 100 kW_{el} dar. Gerade in diesem Leistungsbereich ist derzeit keine ausgereifte Technologie am Markt verfügbar. Im Rahmen einer Forschungs- und Entwicklungskooperation der Bios Bioenergiesysteme GmbH, der Mawera Holzfeuerungsanlagen GesmbH, der Austrian Bioenergy Centre GmbH und der Technischen Universität Dänemark wurde eine KWK-Technologie auf Basis Stirlingmotor für Nennleistungen von 35 und 75 kW_{el} entwickelt [1, 2].

Typische Anwendungsfälle für dezentrale Biomasse-KWK-Anlagen im kleinen Leistungsbereich sind holzbe- und verarbeitende Betriebe, Biomasse-Nah- bzw. Fernheizwerke, große Hotels und kleinere Industriebetriebe mit Prozesswärme- bzw. Prozesskältebedarf. Für alle diese Anwendungsfälle bestehen in Österreich große Umsetzungspotenziale. Wesentlich ist jedoch, dass zur Realisierung, Markteinführung und Weiterentwicklung dieser Technologien auch entsprechende wirtschaftliche Rahmenbedingungen gegeben sein müssen: Einspeisetarife für Ökostrom in kostendeckender Höhe, gesichert über einen Zeitraum von zumindest zehn Jahren ab Anlagen-Inbetriebnahme. Die Stromeinspeisetarife sollten dabei an den eingesetzten Brennstoff sowie die Größe der Anlagen vernünftig angepasst sein. Weiters ist wesentlich, dass diese Ökostromverordnungen auch über einen längeren Zeitraum –

zumindest zehn Jahre – Gültigkeit haben sollten, da ansonsten nicht genügend Zeit zur Verfügung steht, sinnvolle Technologieentwicklungen, Demonstrationsprojekte sowie die Vermarktung neuer und innovativer Biomasse-KWK-Technologien durchzuführen.

Beschreibung der KWK-Technologie auf Basis Stirlingmotor

Der Stirlingmotor fällt in die Gruppe der Heißgas- oder Expansionsmotoren, bei denen die Kolbenbewegungen nicht durch Expansion von Verbrennungsgasen einer inneren Verbrennung erfolgen, sondern durch die Expansion einer konstanten Menge eines eingeschlossenen Gases aufgrund von Energiezufuhr aus einer externen Wärmequelle. Dadurch ist die Kraft-erzeugung von der Feuerung (Wärmequelle) entkoppelt, die prinzipiell mit beliebigen Brennstoffen arbeiten kann und unabhängig vom Kraftprozess emissions-technisch optimiert werden kann.

Der an der Technischen Universität Dänemark entwickelte Stirlingmotor setzt als Arbeitsgas Helium ein und ist hermetisch abgedichtet (siehe Abbildung 1). Der Einsatz von Helium als Arbeitsgas ist bezüglich eines hohen elektrischen Wirkungsgrades sehr effizient, stellt jedoch hohe Anforderungen an die eingesetzten Dichtungen. Bei dem an der Technischen Universität Dänemark entwickelten Stirlingmotorkonzept befindet sich der Generator in dem unter Druck stehenden Motorgehäuse, wodurch die Abdichtung der Antriebswelle und des Kolben wesentlich vereinfacht wird. Nur die Kabel verlassen das Gehäuse, im Gehäuseinnenraum können einfache Dichtungen verwendet werden. Bei konventionellen Stirlingmotorkonzepten,

die nicht hermetisch abgedichtet sind, stellen die bewegten Dichtungen (speziell der Kolbenstangen) einen Problemkreis dar, der technisch nur schwer in den Griff zu bekommen ist [3].

Die Entwicklung und Konzeption der Feuerung für die KWK-Anlage auf Basis von Stirlingmotoren stellen eine interessante und anspruchsvolle Forschungs- und Entwicklungsarbeit dar. Die Rauchgastemperaturen am Eintritt des Erhitzerwärmetauschers des Stirlingmotors müssen möglichst hoch gehalten werden, damit ein hoher elektrischer Wirkungsgrad erzielt werden kann. Die Anlage wurde für Temperaturen im Bereich des Erhitzerwärmetauschereintrittes von 1 300 °C konzipiert. Bei konventionellen Biomassefeuerungen liegen die maximalen Rauchgastemperaturen bei rund 1 000 °C. Durch die daraus resultierenden hohen Temperaturen im Feuerraum kann es zu Verschlackung von Asche kommen, die sich dann an den Feuerraumwänden anlagert und Probleme im Anlagenbetrieb bedingt. Zielsetzung bei der Entwicklung der Hochtemperaturfeuerung war es, einerseits eine möglichst hohe Rauchgastemperatur am Erhitzerwärmetauscher zu garantieren, jedoch andererseits lokale Temperaturspitzen in der Feuerung weitgehend zu vermeiden. Wegen der hohen auftretenden Feuerraumtemperaturen und der hohen Temperaturen am Erhitzer-Wärmetauscher des Stirlingmotors kommen nur



Dr. Friedrich Biedermann, Prof. Dipl.-Ing. Dr. Ingwald Oberberger, beide BIOS Bioenergiesysteme GmbH, Graz

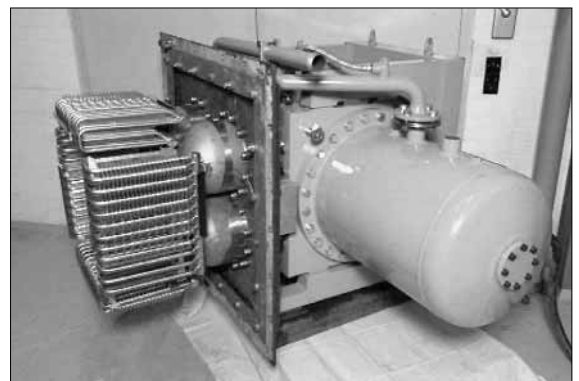


Abbildung 1: Bild des 35-kW_{el}-Stirlingmotors mit eingebautem Erhitzerwärmetauscher.

Brennstoffe mit hohem Ascheschmelzpunkt und niedrigen Chlorgehalten (Hackschnitzel, Sägespäne und Pellets) als Brennstoff in Frage. Für diese holzartigen Brennstoffe mit geringem Aschegehalt ist eine Unterschubfeuerung besonders geeignet. Die neu konzipierte Feuerung wurde mit Hilfe von CFD-Simulationen, die von der Bios Bioenergiesysteme GmbH durchgeführt wurden, entwickelt.

In Abbildung 2 ist der neu entwickelte Stirlingmotorprozess schematisch dargestellt. In der Feuerung wird Biomasse verbrannt. Die dabei entstehenden heißen Rauchgase werden durch den Erhitzer-Wärmetauscher des Stirlingmotors geleitet, wo ein Teil des Energiegehaltes der Rauchgase genutzt wird und Wärme an das Arbeitsgas im Motor übertragen wird. Das Rauchgas verlässt den Erhitzerwärmetauscher mit einer Temperatur von rund 850 °C. Die im Rauchgas enthaltene Restwärme wird in einem Luftvorwärmer zur Vorwärmung der Verbrennungsluft genutzt. Der Luftvorwärmer stellt beim Stirlingmotorprozess eine wesentliche Komponente zur Erhöhung des elektrischen Wirkungsgrades dar. Nach Verlassen des Luftvorwärmers wird das Rauchgas in einem nachgeschalteten Economiser geleitet und Wärme an ein Prozess- oder Fernwärmenetz abgegeben. Die Wärmeabfuhr im Kühler-Wärmetauscher des Stirlingmotors erfolgt durch den Rücklauf des Prozess- oder Fernwärmenetzes. Der Erhitzer-Wärmetauscher ist mit einem automatischen Reinigungssystem ausgestattet, das Ascheanbackungen periodisch abreinigt und den Aufwand für manuelle Reinigung deutlich reduziert.

Die mit dieser Biomasse-Klein-Kraft-Wärme Kopplungsanlage erreichbaren elektrischen Anlagenwirkungsgrade liegen derzeit bei rund zwölf Prozent (siehe Abbildung 3).

Die neue KWK-Technologie stellt weltweit die erste erfolgreiche Anwendung von Stirlingmotoren in Biomassefeuerungen im Leistungsbereich kleiner 100 kW_{el} dar und kann als Durchbruch bei der Nutzung von Biomasse zur Stromerzeugung im kleinen Leistungsbereich angesehen werden. Die KWK-Technologie auf Basis eines 35-kW_{el}-Stirlingmotors wurde über 8000 Betriebsstunden erfolgreich getestet und bereits im Rahmen eines kommerziellen Projektes realisiert. Eine Pilotanlage mit einem 75-kW_{el}-Stirlingmotor wurde im Herbst 2003 in Betrieb genommen (siehe Abbildung 4). Diese Anlage wurde bereits über 3000 Stunden erfolgreich betrieben. Eine erste Kleinserie von rund zehn Stirlingmotoren wird derzeit produziert, wobei erste Demonstrationsanlagen mit Motoren aus dieser Serie noch in der Heizperiode 2004/2005 realisiert werden sollen.

Die Vorteile des Stirlingmotorprozesses liegen in der kompakten Bauform (Aufrüstung von bestehenden Anlagen möglich), im vollautomatischen Betrieb und in der Wartungs- und Geräuscharmheit. Besonders wichtig ist, dass diese Technologie für Kleinanlagen geeignet ist. Derzeit hat keine andere Technologie im Leistungsbereich unter 100 kW_{el} für die Stromerzeugung mit Biomasse Marktreife erlangt. Entwicklungsbedarf besteht insbesondere noch im Bereich der Reduktion der Ascheablagerungen im Erhitzer-Wärmetauscher des Stirlingmotors – dieses Problem wird durch die Installation eines automatischen Abreinigungssystems deutlich reduziert, es sind aber noch Optimierungen möglich – sowie in der Optimierung einzelner Komponenten, z. B. im Hinblick auf Schmierung und Lagerung. Weiters sind noch wenig Langzeit-Betriebsverfahren mit Biomassefeuerungen vorhanden und die Anwendung des Stirlingmotorprozesses

ist auf Hackgut, Sägespäne und Pellets – asche- und chlorarme Brennstoffe – beschränkt.

Zusammenfassung

Für die erfolgreiche Markteinführung von dezentralen Kraft-

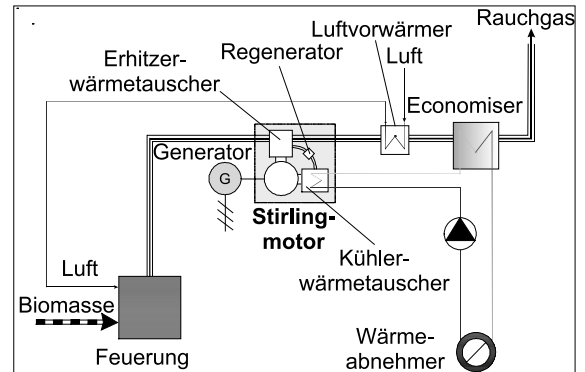


Abbildung 2: Schematische Darstellung der entwickelten Biomasse-KWK auf Basis eines Stirlingmotors.

Wärme-Kopplungstechnologien auf Basis Biomasseverbrennung im kleinen Leistungsbereich sind mehrere Rahmenbedingungen von besonderer Bedeutung. Die Technologien müssen robust sein und hohe Verfügbarkeiten aufweisen. Weiters müssen sie im vollautomatischen Betrieb gefahren werden können, um die Personalkosten niedrig zu halten. Dezentrale Biomasse-KWK-Anlagen sollten überwiegend wärmegeführt betrieben werden, um hohe Gesamtwirkungsgrade zu erreichen, was ein gutes Teillastverhalten der eingesetzten Technologie voraussetzt.

Eine gute Anlagenauslastung und ein hoher elektrischer Anlagenwirkungsgrad sind wichtige Faktoren, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten. Der elektrische Anlagenwirkungsgrad von dezentralen Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungen im kleinen Leistungsbereich sollte über elf Prozent liegen, das zukünftige Ent-

Die Vorteile des Stirlingmotorprozesses liegen in der kompakten Bauform, im vollautomatischen Betrieb und in der Wartungs- und Geräuscharmheit. Besonders wichtig ist, dass diese Technologie für Kleinanlagen geeignet ist.

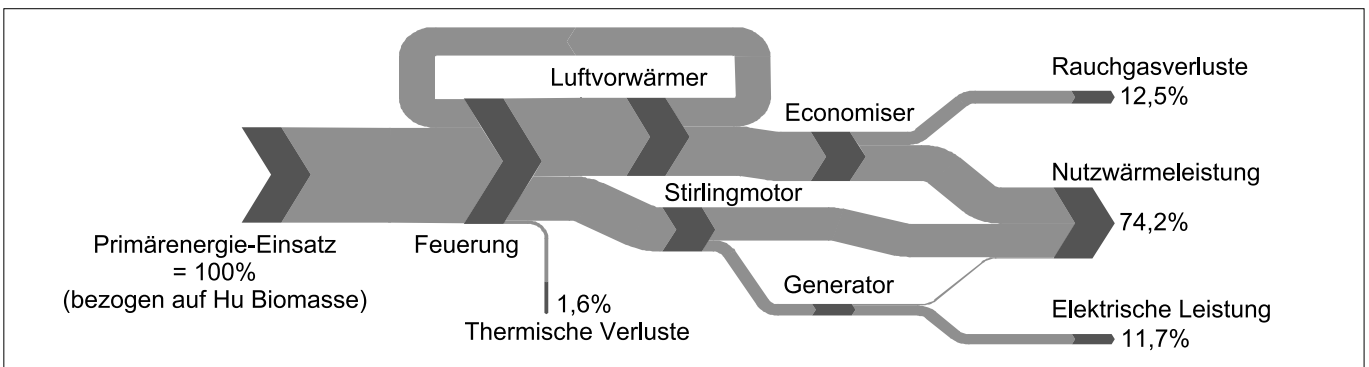


Abbildung 3: Energiebilanz am Beispiel der neu entwickelten Stirlingmotoranlage mit einer wärmegeführten Betriebsweise.

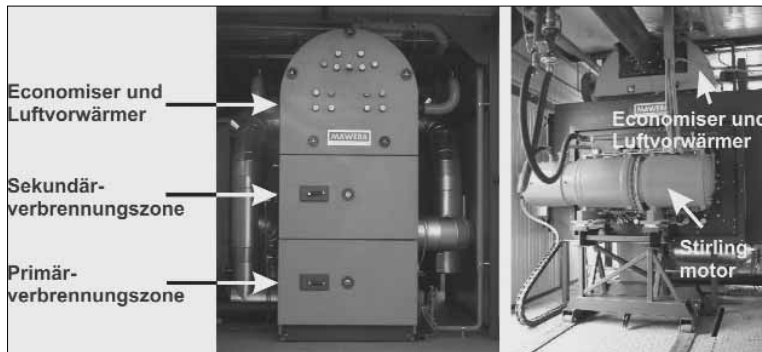


Abbildung 4: Pilotanlage auf Basis eines 75-kW_{el}-Stirlingmotors.

wicklungsziel liegt bei bis zu 18 Prozent.

Die im vorliegenden Artikel beschriebene KWK-Technologie auf Basis Stirlingmotor befindet sich derzeit an der Schwelle zur Markteinführung. Derzeit wird von der Mawera Holzfeuerungsanlagen GesmbH in Kooperation mit der Bios Bioenergiesysteme GmbH eine Kleinserie von zehn 35-kW_{el}-Stirlingmotoren geplant und produziert. Drei dieser Motoren werden gerade assembliert und sollen noch in der Heizperiode 2004/2005 in KWK-Anlagen eingebaut werden.

Die Produktion und die Inbetriebnahme der restlichen sieben Motoren soll im Laufe des Jahres 2005 erfolgen.

Die KWK-Technologie auf Basis Stirlingmotor sollte daher in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Forcierung der dezentralen Stromproduktion aus Biomasse leisten. Grundvoraussetzung dafür ist jedoch, dass ausreichend hohe Einspeisetarife über einen gesicherten Zeitraum (mindestens zehn Jahre) von Seiten der Legislative garantiert werden und diese Voraussetzungen auch über einen ausrei-

chend langen Zeitraum gewährleistet sind, der es erlaubt, Technologienentwicklung, Demonstration und Markteinführung für eine neue Technologie zu realisieren.

Literatur

- 1 Oberberger Ingwald, Carlsen Henrik, Biedermann Friedrich, 2003: State-of-the-art and Future Developments Regarding Small-scale Biomass CHP Systems with a Special Focus on ORC and Stirling Engine Technologies. In: Proceedings of the International Nordic Bioenergy Conference, Sept. 2003, Jyväskylä, ISBN 952-5135-26-8, ISSN 1239-4874, pp. 331-339, Finnish Bioenergy Association (ed), Jyväskylä, Finland.
- 2 Biedermann Friedrich, Carlsen Henrik, Oberberger Ingwald, Schöch Martin, 2004: Small-scale CHP Plant based on a 75 kW_{el} Hermetic Eight Cylinder Stirling Engine for Biomass Fuels – Development, Technology and Operating Experiences. To be published in: Proceedings of the 2nd World Conference and Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, May 2004, Rome, Italy
- 3 Biedermann Friedrich, Carlsen Henrik, Schöch Martin, Oberberger Ingwald, 2003: Operating Experiences with a Small-scale CHP Pilot Plant based on a 35 kW_{el} Hermetic Four Cylinder Stirling Engine for Biomass Fuels. In: Proceedings of the 11th International Stirling Engine Conference (ISEC), Nov. 2003, Rome

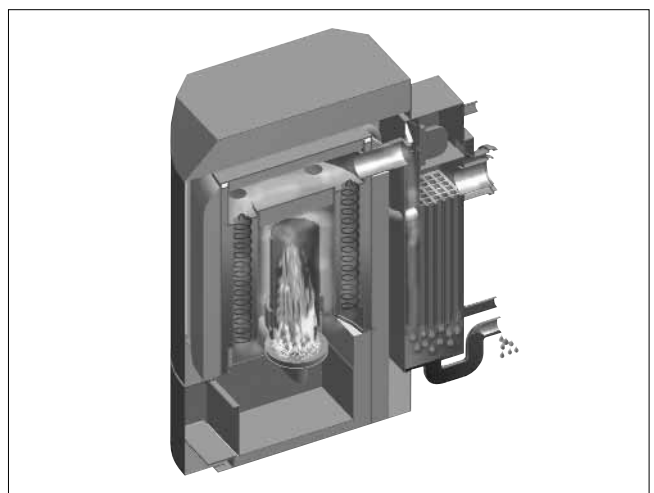
ÖkoFEN: Beeindruckende Neuheiten in Sachen Pellets-Heiztechnik: Enormer Wirkungsgrad durch innovative Brennwerttechnologie

Europas Marktführer bei Pelletsheizungen beweist getreu dem Motto „immer der Zeit voraus“ mit vielen Innovationen seine Vorreiterrolle. Präsentiert wird dieser Tage die einzigartige ÖkoFEN-Brennwerttechnologie, die für zehn bis zwölf Prozent Wärmege- winn sorgt und mit bis zu 15 Prozent Heizkostensparnis gegenüber herkömmlichen Anlagen überzeugt. Gleichzeitig wird auch die neue Heizkesselgeneration ab acht kW vorgestellt.



Kleiner Umfang, große Wirkung – die Pellematic Mini ist der ideale Wärmelieferant für Passiv- und Niedrigenergiehäuser. ÖkoFEN beweist wieder einmal, dass es nicht auf die Größe des Kessels, sondern vielmehr auf Leistung und Ausstrahlung ankommt. „Der kleinste Pelletskessel mit großem Wirkungsgrad erfüllt höchste Ansprüche und beweist, dass wirkungsvolle Technik auch auf kleinstem Raum ausreichend Platz findet. Gemeinsam mit einer anderen ÖkoFEN-Innovation, dem flexilo® Pelletstank, genügen für Heiz- und Lagerraum zehn Kubikmeter Platz“, erklärt Ing. Herbert Ortner, Geschäftsführer der Firma ÖkoFEN.

Wer auf optimale Energieausnutzung Wert legt, ist bei ÖkoFEN an der richtigen Adresse. Fast Unmögliches wurde mit viel Innovationsgeist und Know-how erreicht. Die Pellematic Plus erreicht mit höchst effizienter Brennwerttechnik einen einzigartigen Wirkungsgrad von über 103 Prozent und wurde deshalb auch mit



ÖkoFEN: Von der Bundesprüfanstalt Wieselburg zertifizierte Spitzentechnologie mit einem sensationellen Wirkungsgrad von 103 Prozent.

dem Innovationspreis ausgezeichnet. Das Zertifikat der Bundesprüfanstalt Wieselburg unterstreicht zusätzlich diese exzellenten Brennwertergebnisse.

ÖkoFEN ist in Sachen Heiztechnik immer der Zeit voraus und die Kunden profitieren davon auf eine energiebewusste Art und Weise. Infos: ÖkoFEN, 4132 Lembach, Telefon: 07286/7450 Internet: www.pelletsheizung.at