

Technikportrait und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Mini-BHKWs

Um die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auch in der dezentralen Strom- und Wärmeversorgung nutzen zu können, wurde bereits in der Vergangenheit die Entwicklung von BlockHeiz-KraftWerken (BHKW) forciert. Dadurch können auch jene Objekte mit Strom und Wärme versorgt werden, die nicht an ein Nah- oder Fernwärmenetz angeschlossen sind.

Durch den dezentralen Einsatz treten nahezu keine Übertragungsverluste auf, wodurch wiederum höhere Wirkungsgrade erzielt werden können. Bei BHKWs handelt es sich um kompakte, anschlussfertige Anlagen, die als Gesamtblock am Aufstellort montiert werden können. Die BHKW-Entwicklung der letzten Jahre führte verstärkt zu alternativen Antriebstechnologien für den Einsatz in stationären BHKWs.

1. Technologie und Energieträger

BHKWs können, in Abhängigkeit der Technologie und des Entwicklungsstands mit unterschiedlichen Brennstoffen betrieben werden. Für den Einsatz

fossiler Energieträger, speziell für Erdgas, liegen derzeit die meisten Erfahrungen vor. Aber auch erneuerbare Energieträger finden bereits in unterschiedlichen BHKW-Ausführungen Anwendung. Der Fokus der F & E-Aktivitäten liegt in der Weiterentwicklung der vorhandenen BHKW-Technologien und im verstärkten Einsatz regenerativer Energieträger. Bild 1 gibt einen Überblick der am Markt verfügbaren BHKW-Technologien. Die aufgezählten BHKW-Technologien basieren auf unterschiedlichsten technischen Grundprinzipien, haben jedoch immer die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie gemeinsam. Tabelle 1 stellt die unterschiedlichsten Varianten inklusive der wichtigsten Kennzahlen gegenüber.

Mikrogasturbine

Die Funktionsweise des Mikrogasturbinenprozesses beruht auf dem Prinzip des Gasturbinenprozesses mit Wärmerückgewinnung, wo es im Generator zur Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie kommt und gleichzeitig die Turbinenaustrittsgase zur Bereitstellung von Wärme verwendet werden. Am häufigsten werden Mikrogasturbinen mit Erdgas oder Flüssiggas betrieben, es kommen aber auch flüssige Brennstoffe zum Einsatz. Wird Biogas als Energieträger verwendet, ist neben einer entsprechenden Voraufbereitung wie Verdichtung und Entfeuchtung, auch eine Anpassung von Anlagenkomponenten (Korrosionsbeständigkeit) erforderlich, um einen sicheren Betrieb gewährleisten zu können. In Bild 2 ist ein Schema einer Mikrogasturbine mit Wärmerückgewinnung (Rekuperator) ersichtlich.

Stirlingmotor

Der Stirlingmotor ist der Gruppe der Heißgas- oder Expansionsmotore zuzuordnen, welcher als geschlossener Kreisprozess ausgeführt ist. Dabei wird das gasförmige Arbeitsmedium bei niedrigem Temperaturniveau komprimiert und anschließend bei hohem Temperaturniveau expandiert. Das abgeschlossene Arbeitsmedium wird dazu von einer externen beliebigen Wärmequelle an zwei Zylindern alternierend erwärmt und gekühlt, um thermische Energie in mechanische Energie umzuwandeln. Als Arbeitsmedium kann Luft, Stickstoff, Helium oder Wasserstoff verwendet werden.

Nach der Art der Arbeitsraumkonfiguration wird beim Stirlingmotor zwischen den Bauarten α -Typ, β -Typ und γ -Typ unterschieden. In Bild 3 ist das Schema eines α -Stirlingmotors ersichtlich.

Verbrennungsmotorische BHKWs

Verbrennungsmotoren werden häufig auch als Hubkolbenmotore bezeichnet und zählen zu der weitest verbreiteten BHKW-Technologie, welche ein breites Leistungsspektrum von 1 kW_{el} bis mehreren MW_{el} abdecken. Anders als beim Stirlingmotor erfolgt die Energieumwandlung durch innere Verbrennung eines Energieträgers.

Gas-Ottomotor

Da bei Mini- und Mikro-BHKW mit Verbrennungsmotoren am häufigsten Erdgas als Brennstoff eingesetzt wird, sind überwiegend Gas-Otto-Motore verbreitet. Neben der Verwendung von Erdgas ist aber auch der Einsatz von Flüssiggas, regenerativen Gasen (Bio-, Deponie- und Klärgas) sowie Ethanol und Wasserstoff möglich.

Dieselmotor

Der Dieselmotor besitzt gegenüber dem Ottomotor etwas bessere Wirkungsgrade und ein sehr gutes Teillastverhalten.

Bild 1:
Überblick der
am Markt
verfügbaren
BHKW-
Technologien.

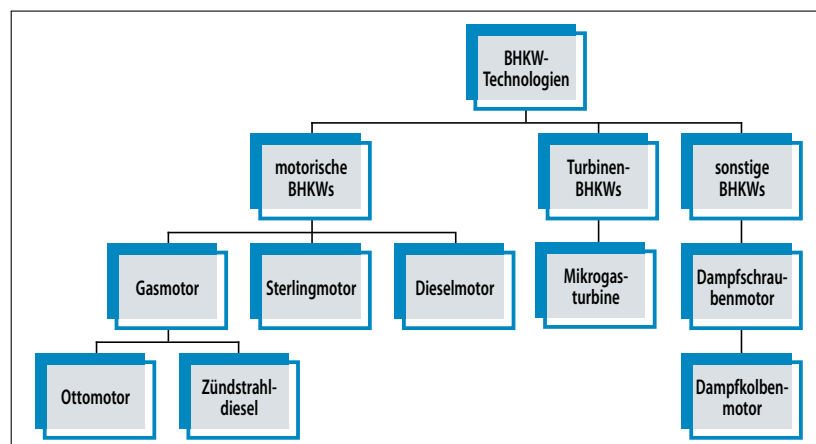


Tabelle 1:
Basisdaten
der einzelnen
BHKW-Typen.

Parameter	Mikrogasturbine	Stirlingmotor	Verbrennungsmotor	Dampfmotor	Einheit
Häufig verwendete Energieträger	Erdgas, Flüssiggas	Beliebige externe Wärmequelle	Erdgas, Biogas, Flüssiggas, Flüssigtreibstoffe	Beliebige Wärmequelle	
Kennzahlen					
Elektrischer Leistungsbereich	30 – 105	0,4 – 9,5	0,3 – 344	0,3 – 1.050	kW _{el}
Thermischer Leistungsbereich	70 – 167	4,5 – 26	3,25 – 496	3 – 7.000	kW _{th}
Elektrischer Wirkungsgrad	23 – 33	12 – 25	20 – 39	10 – 15	%
Thermischer Wirkungsgrad	64 – 66	65 – 83	42,1 – 89	60 – 85	%
Stromkennziffer	41 – 44	24 – 34	41	15	%
Gesamtwirkungsgrad	70 – 90	92 – 96	85 – 95	70 – 95	%
Schallemission	50 – 70	53 – 60	49 – 112	48 – 95	dB(A)

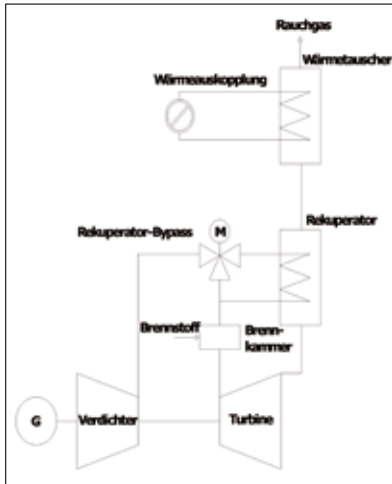


Bild 2: Schema einer Mikrogasturbine mit Wärmerückgewinnung Stirlingmotor.

Jedoch wird die Abgaswärme erschwert und es zeigen sich schlechtere Emissionswerte. Dieselmotoren eignen sich jedoch auch für den Einsatz von regenerativen Energieträgern wie Biodiesel und Pflanzenöl. Zusätzlich ist es möglich, den Dieselmotor mit Holzgas zu betreiben, wenn der Motor auf Fremdzündung umgebaut wurde.

Zündstrahlmotor

Der Zündstrahlmotor oder auch Diesel-Gas-Motor genannt, benötigt für den Betrieb ständig zwei Brennstoffe, nämlich Gas als Energieträger und eine klei-

ne Menge Zündöl, wobei hier zumeist Diesel oder Heizöl eingesetzt wird.

Dampfmotor

Der Dampfschraubenmotorprozess unterscheidet sich vom konventionellen Dampfkolbenmotorprozess durch den Einsatz eines Schraubenmotors für die Dampfexpansion. Der im Kessel erzeugte Dampf strömt in den Dampfschraubenmotor, wo er durch Entspannung mechanische Arbeit leistet, die im Generator in elektrische Energie umgewandelt wird.

Der Dampfschraubenmotor eignet sich besonders für Anwendungen im Leistungsbereich von 20–2.000 kWel.

Linearkolbenmotor

Eine Anwendung, welche keinen konventionellen Dampfkolbenmotor verwendet, jedoch mit Prozessdampf arbeitet, ist das BHKW Lion Powerblock. Bei diesem Modell handelt es sich um einen frei schwingenden Doppelkolben mit integriertem Lineargenerator.

Der Vorteil dieser Ausführung besteht im Verzicht auf drehbare Teile, Lager und Betriebshilfsstoffe. Zusätzlich zeichnet sich dieses Modell durch geringe Schallemissionen und lange Wartungsintervalle aus (Button Energy 2008).

2. Betriebsweisen von BHKWs

Grundsätzlich können BHKW-Anlagen auf unterschiedliche Weise betrieben werden. Man unterscheidet einerseits

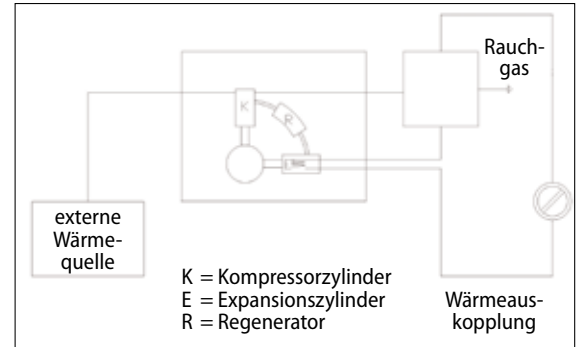


Bild 3: Schema eines α -Stirlingmotors.

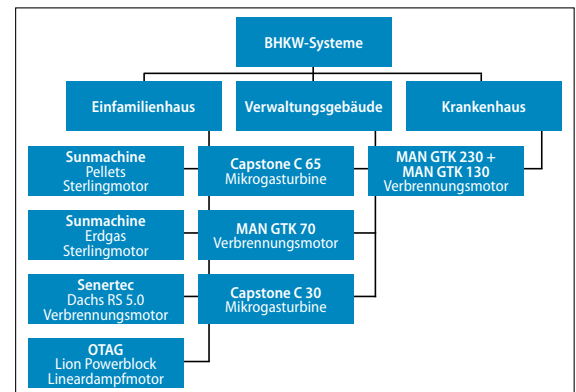


Bild 4: Überblick der untersuchten BHKW-Varianten für unterschiedliche Gebäudekategorien.

zwischen der wärme- und stromgeführten Betriebsweise und andererseits zwischen der monovalenten und bivalenten Betriebsweise. Blockheizkraftwerke werden, wenn sie zur Energiebereitstellung

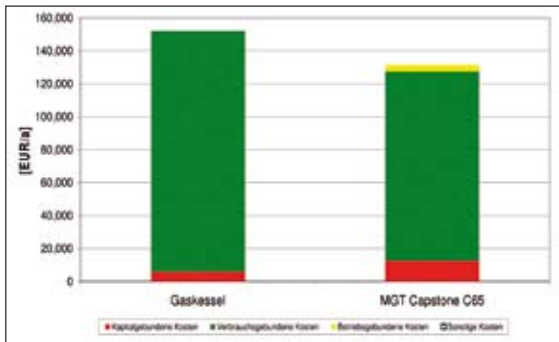


Bild 5: Gegenüberstellung der Annuitäten.

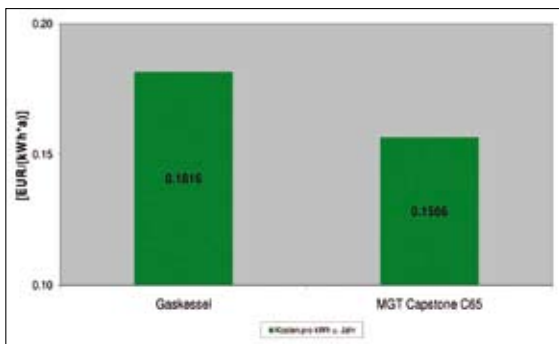


Bild 6: Gegenüberstellung der spez. Gesamtenergiekosten bezogen auf kWh_{th} Amortisationszeit von BHKW-Lösungen.

eines Versorgungsobjektes eingesetzt werden, in den meisten Fällen wärmegeführt betrieben. Das bedeutet, dass der Wärmebedarf des Versorgungsobjektes die ausschlaggebende Größe zur Regelung des BHKWs darstellt. Abhängig von den vorherrschenden Rahmenbedingungen empfiehlt es sich in den meisten Fällen die Objekte durch BHKWs in modularer Bauweise zu versorgen. Wählt man eine große Anzahl an Modulen wirkt sich dies einerseits

positiv auf die Betriebsstundenzahl, andererseits negativ auf die Investitionskosten des Energiebereitstellungssystems aus. Wählt man die Modulanzahl klein, so sinken die Investitionskosten, jedoch auch die Betriebsstundenanzahl der Module. In der Praxis haben sich einige Richtwerte zur Dimensionierung von BHKWs in Abhängigkeit des Versorgungsobjektes herauskristallisiert. Für ein Verwaltungsgebäude beispielsweise hat sich ein Richtwert für die Dimensionierung des BHKWs von 5–15 % der Spitzenwärmeleistung als praktikabler Wert herausgestellt.

3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

In weiterer Folge soll exemplarisch das Ergebnis einer durchgeführten Untersuchung für die Gebäudekategorie Verwaltungsgebäude dargestellt werden. Bild 4 zeigt die im Rahmen der durchgeführten Studie untersuchten BHKW-Varianten für die betrachteten Gebäudekategorien.

Bild 5 zeigt die Gegenüberstellung der Annuitäten der Referenzversorgung (Gaskessel) und BHKW-Variante. Der Wärmebedarf des Versorgungsobjektes betrug $838.667 kWh_{th}$ und der Strombedarf wurde mit $328.174 kWh_{el}$ berechnet. Verglichen wurde die vorhandene Energiebereitstellung des Versorgungsobjektes (Gaskessel und Fremdstrombezug) mit einer BHKW-Gaskesselkombination.

Die vom BHKW bereitgestellte elektrische Energie wurde zur Eigenbedarfsdeckung herangezogen und vermindert dadurch den Fremdstrombezug.

Bild 6 zeigt die Gegenüberstellung der spezifischen Gesamtenergiekosten der beiden Vergleichssysteme. Hierbei wird ersichtlich, dass die BHKW-Variante unter den für diese Untersuchung vorherrschenden Rahmenbedingungen zu einer Energiekostensenkung führt.

Im Bereich Einfamilienhaus konnten unter Berücksichtigung einer Investitionskostenförderung (Situation Wien) Amortisationszeiten von ca. 12 Jahren erzielt werden. Demgegenüber liegen die Amortisationszeiten für die Gebäudekategorie Verwaltungsgebäude je nach BHKW-Variante bei 3 bis 8 Jahren und für die Gebäudekategorie Krankenhaus bei ca. 3 Jahren.

4. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die durchgeführte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Anlehnung an die VDI 2067 zeigte, dass im Bereich Einfamilienhaus aufgrund der geringen Volllaststunden und der vergleichsweise hohen Investitionskosten ohne Investitionskostenförderungen, unter den in dieser durchgeführten Studie vorherrschenden Rahmenbedingungen, nahezu kein wirtschaftlicher Betrieb von BHKWs gegeben ist. Im Hinblick (Bild 7)

auf die ökologischen Auswirkungen sind in diesem Bereich insbesondere bei biomassebetriebenen BHKWs aber enorme Reduktionspotenziale hinsichtlich CO_2 erreichbar.

Im Vergleich dazu bietet sich die Nutzung von BHKWs in den Bereichen Verwaltungsgebäude und Krankenhaus unter den in der durchgeführten Studie getroffenen Rahmenbedingungen an. Hohe Betriebsstunden der BHKWs ermöglichen eine vergleichsweise hohe Deckung des elektrischen Energiebedarfs. Durch die Eigenenergienutzung kann der Fremdbezug an elektrischer Energie zum Teil erheblich gesenkt werden, was sich positiv auf die Gesamtenergiekosten auswirkt. Wie bei vielen technischen Systemen hängt auch bei BHKWs die Wirtschaftlichkeit von den jeweils vorherrschenden technischen und ökonomischen Rahmenbedingungen ab, daher kann ohne vorherige Analyse über die Wirtschaftlichkeit dieser Systeme keine eindeutige Aussage getroffen werden.

Hinsichtlich der CO_2 -Reduktionspotenziale konnten im Zuge der ökologischen Betrachtungen bei Verwendung biogener Energieträger teilweise enorme Einsparungen erzielt werden, aber auch bei der Verwendung fossiler Brennstoffe (Bild 8) wurde ein nicht unerhebliches Einsparungspotenzial festgestellt.

DI(FH) Christian Pinter
NTE Systems GmbH/Graz
pinter@ntesystems.at
DI Verena Faist
Verein eInnovation/Rechnitz
faist@eenovation.at

Bild 7: CO_2 -Reduktionspotenzial der einzelnen BHKW-Varianten für das Einfamilienhaus.

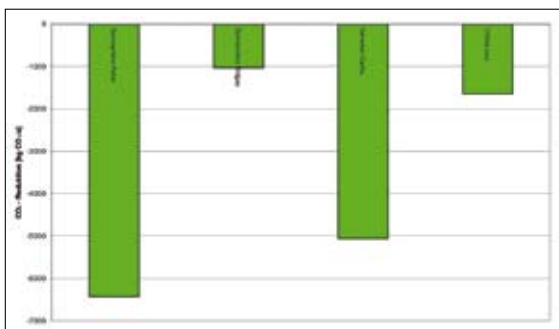
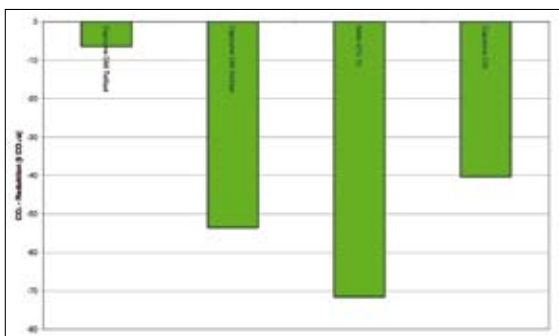


Bild 8: CO_2 -Einsparungspotenzial im Bereich Verwaltungsgebäude.



Literatur

- ASUE (Hrsg.) (2005): BHKW-Kenndaten 2005, Module, Anbieter, Kosten, Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch, Frankfurt am Main, Deutschland
- Button Energy Energiesysteme GesmbH (Hrsg.) (2008): Nur heizen war gestern, Produktinformation Lion Powerblock, Wr. Neudorf, Österreich
- Krawinkler, R. (2006): Mini- und Mikro-Blockheizkraftwerke, Wien 2006
- Senertec (Hrsg.) (2009): Produktpreisliste Senertec GmbH, www.senertec.de, abgerufen am 04.08.2009 um 10:30 Uhr
- Solo Systems (Hrsg.) (2009): Funktionsprinzip Stirlingmotor, www.stirling-engine.de, abgerufen am 12.01.2009 um 11:00 Uhr
- Spilling (Hrsg.) (2009): Produktinformation Spilling BHKW, www.spilling.de, abgerufen am 21.01.2009 um 17:00 Uhr
- Sunmachine (Hrsg.) (2009): Sunmaschine, www.sunmachine.com, abgerufen am 12.01.2009 um 13:00 Uhr
- TTM (Hrsg.) (2002): Technologieportrait Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Institut für thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik, TU Graz, Wien, Mai 2002
- UTC Power (Hrsg.) (2008): Datenblatt zu Pure Comfort, www.utcpower.com, abgerufen am 12.12.2008 um 12:00 Uhr
- WhisperGen (Hrsg.) (2009): Datenblatt zu Whisper Gen, www.whispergen.com, abgerufen am 12.01.2009 um 15:00 Uhr