

MINI-BHKW IN DER GEBÄUDETECHNIK

Strom erzeugend heizen

Die Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) hat die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Kuppelproduktion von Wärme und Strom deutlich verbessert.



PowerTherm: Verbrennungsmotor-BHKW

► Volkswirtschaftliche Vorteile der Effizienztechnologie Kraft-Wärme-Kopplung sind in einzelwirtschaftliche Anreize übersetzt worden, die nun ihre Wirkung entfalten können. Dabei gibt das aktuelle KWKG-Gesetz im Vergleich zur vorhergehenden Regelung in drei Größenbereichen stärkere Impulse.

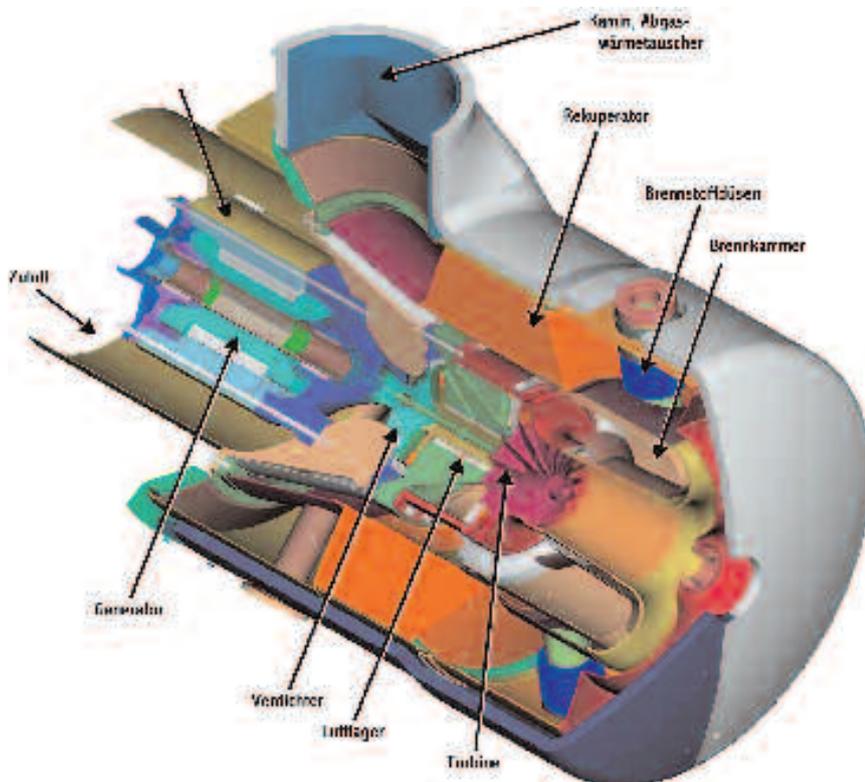
Große Heizkraftwerke werden nun auch mit einem KWKG-Zuschlag gefördert, bis Ende letzten Jahres galt eine obere Grenze von 10 MW.

Mittlere Blockheizkraftwerke (BHKW) von 50-150 kW profitieren davon, dass es nun keine harte Stufe, sondern vergleichmäßigte Übergänge zwischen den unterschiedlichen KWKG-Zuschlagsniveaus gibt. Mini-BHKW bis 50 kW erhalten zusätzlich einen einmaligen Investitionszuschuss (Impulsprogramm für Mini-KWK-Anlagen).

Ohne Zweifel wird der überwiegende Anteil des Zuwachses an KWK-Strom aus den Großanlagen der industriellen und städtischen Heizkraftwerke stammen, die Fernwärmenetze oder innerbetriebliche Prozedurdampfsysteme speisen. Von der technologischen Entwicklung und der Marktdynamik her ist das untere Ende der Skala ebenso interessant.

Nahe am Verbraucher

Im Gegensatz zu großen Heizkraftwerken mit Dampfentnahmeturbinen fallen bei kleinen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen die Produkte Strom und Wärme im konstanten Verhältnis an, üblicherweise in der Größenordnung von 1:2. Man spricht hier von einer starren Kuppelproduktion. Als weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Nähe der KWK-Anlage zum Verbraucher zu nennen. Ein BHKW als Heizungsbestandteil benötigt kein Fernwärmenetz. Neben der Minimierung elektrischer Transportverluste durch ver-



Capstone: Gasturbine

Bild: E-quad Power Systems

brauchernahe Stromspeisung in das elektrische System des Gebäudes werden vor allem die Verluste der thermischen Energieübertragung vermieden. Bekanntermaßen weist beim Transport leitungsgebundener Energieträger die Gaspipeline die geringsten Verluste auf, dann folgt das Stromkabel und danach die Wärmeleitung.

Weiterhin können innerhalb eines Heizungssystems mit wenig Aufwand, zum Beispiel per Warmwasserbereitstellung mit einer Frischwasserstation (Plattenwärmetauscher), niedrige Rücklauftemperaturen realisiert werden. Dies ermöglicht das Nutzen des Brennwerteffekts und damit zusätzliche Wärmegevinne durch die Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfs. In ausgedehnten Fernwärmesystemen ist das Einstellen einer niedrigen Rücklauftemperatur deutlich schwieriger.

Allen BHKW ist gemein, dass sie modular aufbaut sind (Block) und aus dem eingesetztem Brennstoff sowohl Wärme als auch Strom gewinnen. Die bekanntesten Vertreter sind der Verbrennungsmotor, die Mikro-Gasturbine, der Stirlingmotor, der Dampfmotor und die Brennstoffzelle.

Verbrennungsmotor

Das BHKW mit Verbrennungsmotor ist der am weitesten verbreitete Typ. Es profitiert von der langjährigen Entwicklungsgeschichte von Otto- und Dieselmotor. Als Brennstoffe können gasförmige (Erdgas, Flüssiggas, Biogas) und flüssige Treibstoffe (Heizöl, Pflanzenöl) verwendet werden, wobei die Wartungskosten bei Dieselmotoren etwas höher liegen. Die Lärmemissionen der internen Verbrennung werden durch eine Kapselung der Maschine auf ein akzeptables Maß reduziert. Die Abgase werden wie im Auto mit einem Katalysator nachbehandelt. Positiv ist der hohe elektrische Wirkungsgrad und die Marktreife hervorzuheben: Das Motor-BHKW ist eine erprobte Technologie.

Gasturbinen

Mikrogasturbinen sind ähnlich wie Turbolader als hoch drehende Radialturbinen aufgebaut. Der hochfrequente Strom aus dem Generator wird gleichgerichtet und über einen Umrichter ins Netz gespeist. Als Strömungsmaschine mit kontinuierlicher

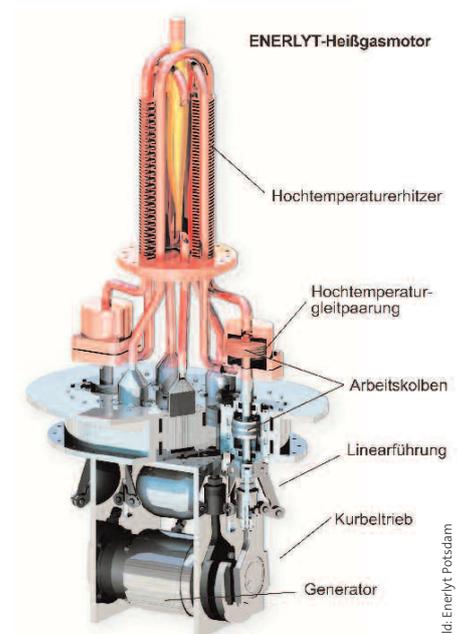
Verbrennung erreicht sie auch ohne Katalysator gute Abgaswerte. Der Wartungsaufwand ist gering. Das Lärmspektrum beschränkt sich auf den höherfrequenten Bereich, der im Gegensatz zu tieferen Tönen gut zu dämmen ist. Die Gasturbine reagiert empfindlich auf Veränderungen im Massenstrom (Luftdruck & Temperatur der Zuluft) und kommt nicht ganz auf die elektrischen Wirkungsgrade des Verbrennungsmotors. Allerdings fällt annähernd die komplette Abwärme im Abgasstrom an, der sich bei Temperaturen von über 250°C auch zur Prozeßdampfgenerierung nutzen lässt.

Sterlingmotor

Die Technologie des Sterlingmotors ist knapp zweihundert Jahre alt. Aufgrund seiner geringen Leistungsdichte wurde er vom Verbrennungsmotor überholt. Eine Renaissance erlebt er zum einen, da er als ölfreier Heißgasmotor (Fluid ist Helium oder Stickstoff) niedrige Wartungskosten aufweist. Zum anderen sind Stirlingmotoren recht leise, da keine explosionsartigen Verbrennungsgeräusche auftreten. Weiterhin sind aufgrund der externen Verbrennung mit stationärer Flamme die Emissionswerte sehr gering. Die externe Verbrennung erlaubt auch eine hohe Brennstoffflexibilität von Brenngasen, flüssigen Brennstoffen bis zu Feststoffen. Der Stirlingmotor steht in verschiedenen Konzepten kurz vor der Markteinführung.

Dampfmotor

Im Dampfmotor wird der Rankine-Zyklus aus thermischen Großkraftwerken gespiegelt. Wasser wird im Verdampfer erhitzt, von wo der Dampf zu einer Expansionsmaschine strömt. Dort verrichtet er mechanische Arbeit und gibt anschließend seine Kondensationswärme an den Heizkreis ab. Das Wasser wird von der Speisepumpe wieder zum Verdampfer gefördert. Die Vor- und Nachteile sind ähnlich zu sehen wie bei dem Stirlingmotor, da auch hier eine externe Verbrennung vorliegt. Der Markt ist mit nur einem Anbieter sehr eng. Dieser zeigt mit einem Linearkolbengenerator ein innovatives Konzept und Kostensenkungspotenzial.



Mit Heißgas betriebener Sterlingmotor

Bild: Enerlyt Potsdam



Dampfmotor-BHKW

Bild: Otag

Brennstoffzelle

Die Brennstoffzelle (BZ) hat ein elektrisches Wirkungsgradpotential bis zu 60 Prozent, das bislang noch nicht ausgeschöpft wird. Sie ist ein elektrochemischer Wandler ähnlich einer Batterie, die die chemische Energie nicht über einen thermodynamischen Kreisprozess, sondern direkt per Redoxreaktion an den Zellelektroden in elektrischen Strom überführt. Der Brennstoff wird in einem Reformier in ein wasserstoffhaltiges Gas gewandelt, welches dann an der Anode oxidiert wird. Hochtemperaturbrennstoffzellen haben Wirkungsgradvorteile. Das Prinzip der Brennstoffzelle ist seit 170 Jahren bekannt, dennoch wird sie kommerziell nur in Nischenanwendungen (z. B. in der Raumfahrt und beim Militär) eingesetzt. Positiv ist hervorzuheben, dass nur wenig bewegte Teile (Gebläse) vorhanden sind. Damit ist die Geräuschkulisse gering und der Wartungsbedarf im Seriengerät wird als klein eingeschätzt. Zudem sind die Emissionswerte aufgrund der flammenlosen Reaktion so gering, dass das Abgas als Abluft klassifiziert wird.

Effizienz und Wirtschaftlichkeit

Der Einsatz von kleinen Heizkraftblöcken in Gebäuden ist in der Regel dadurch gekennzeichnet, dass sie zur Deckung der thermischen Grundlast genutzt werden. Daher wird zur Deckung der thermischen Spitzenlast ein einfacher Zusatzbrenner benötigt, der im Vergleich zur KWK-Anlage deutlich geringere spezifische Anschaffungskosten hat. Die Heizkraftanlage substituiert damit einen Teil der sonst vom klassischen Heizkessel gelieferten Wärmemenge.

Die KWK-Anlage dient als Grundlastaggregat (bei üblicher Auslegung auf 25-30% der thermischen Spitzenlast liefert sie ca. 2/3 der Wärmeenergie), da sie durch eine hohe spezifische Investitionssumme gekennzeichnet ist und im Gegenzug aufgrund der effizienten Betriebsweise niedrige variable Kosten bietet. Bei Spitzenlastaggregaten ist es umgekehrt: hier kommt eine niedrige Investitionssumme und damit geringe Fixkosten mit hohen variablen Kosten zusammen.

Betrachtet man das Beispiel eines Mini-BHKW mit einem elektrischen Wirkungs-

grad von 30% und einem thermischen Wirkungsgrad von 60%, so kann man dies mit einer Brennwertheizung (Wirkungsgrad = 90% bezogen auf den Brennwert H_2) vergleichen. Beide Technologien bieten einen Gesamtwirkungsgrad von nahe 100%.

Der elektrische Wirkungsgrad aus dem obigen Beispiel wird von Blockheizkraftwerken in der Größenordnung von 20 kW erreicht. Neuste GuD-Kraftwerke können mit einem Wirkungsgrad von rund 60% glänzen. Um zu zeigen, dass sich kleine KWK-Anlagen nicht hinter diesem Wert verstecken müssen, wird im Folgenden der Begriff des differentiellen Wirkungsgrades eingeführt. Dieser Kennwert beschreibt das Verhältnis aus dem Mehrertrag auf der Stromseite geteilt durch den zusätzlich benötigten Brennstoff.

In dem Beispiel wird durch den Heizkessel ein Gebäude mit 90 kWh Wärme versorgt. Um die gleiche Menge an thermischer Energie zu gewinnen, muss die KWK-Anlage nicht mit einer Brennstoffmenge von 100, sondern mit 150 kWh versorgt werden. Der Stromertrag liegt hierbei bei 45 kWh. Damit ergibt sich ein differentieller Wirkungsgrad $45/50 = 90\%$. Der zusätzliche eingesetzte Brennstoff wird in Kombination mit dem existierenden Wärmestrom nahezu vollständig in Strom gewandelt. Neben den variablen Kosten für den zusätzlichen Brennstoff addieren sich die Wartungskosten hinzu, Erträge sind mit dem Verkauf des Stromes zu erzielen.

Wie schon erwähnt, haben gebäudeintegrierte Mini-KWK-Anlagen den Vorteil, dass sie nicht in ein Netz der allgemeinen Versorgung einspeisen müssen. Bei geschickter Anpassung der Stromerzeugung an den lokalen Bedarf durch einen modulierenden Betrieb kann die Rückspeisung minimiert werden. Bei der hausinternen Stromverwertung wird externer Tarifstrombezug ersetzt, bei einer Netzeinspeisung kann der EEX-Preis plus die vermiedene Netznutzung erlöst werden. In beiden Fällen erhält der Betreiber den KWK-Zuschlag.

Die Preisdifferenz zwischen der Einspeisevergütung und dem Strombezugstarif kann man als Kosten für die Nutzung des Netzes als Speicher auffassen.



Bild: Vaillant

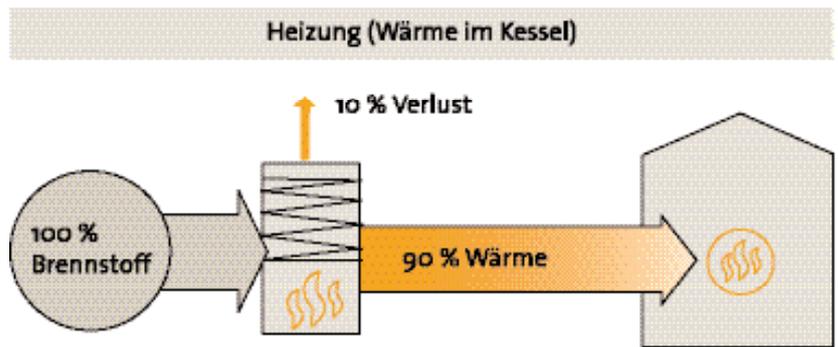
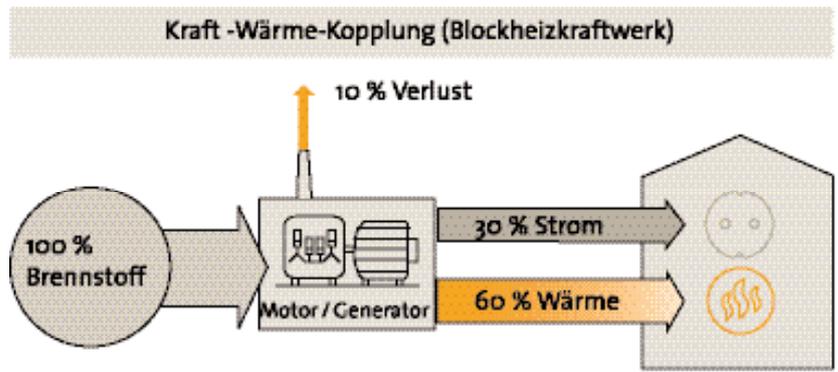
Brennstoffzelle

Diese liegen in der Höhe von zirka 10 ct/kWh. Damit ist es für die Rentabilität einer gebäudeintegrierten KWK-Anlage von höchster Priorität, den Anteil des selbstgenutzten eigenerzeugten KWK-Stromes zu erhöhen und die Rückspeisung zu minimieren. Die Maximierung der Selbstnutzung im Mehrfamilienhaus wird durch die explizite Zulassung eines saldierenden Summenzählers im KWK-G §4(3b) vereinfacht, die Belieferung einzelner Wohnparteien durch Dritte kann per bilanzieller Durchleitung abgerechnet werden.

Ähnlich wie man die Wärmepumpe als technologische Weiterentwicklung des Nachtspeicherofens im Segment der Elektro-Heizungen auffassen kann, stellen Mini-KWK-Anlagen und stromerzeugende Heizungen (Mikro-KWK) nach der Brennwerttechnik die nächste Stufe auf der Innovationsleiter bei Gas-Heizungen dar. ■

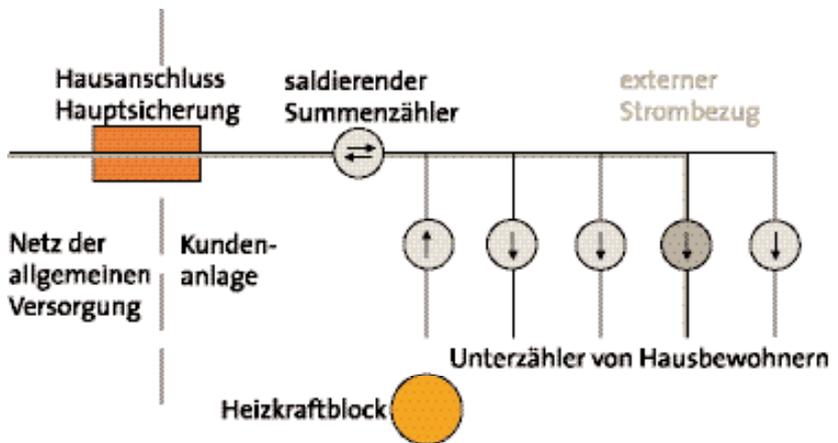
Autor

Gunnar Kaestle ist Mitglied im Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung.
 Dr.-Ing. Ernst-August Wehrmann ist Leiter der AG Dezentrale Energiesysteme am Institut für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal und Betreiber einer Mikro-KWK-Anlage.
 Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck ist Direktor des Instituts für Elektrische Energietechnik der TU Clausthal und Vorstandsvorsitzender des Energie-Forschungszentrum Niedersachsen.



Quelle: BKWK

Darstellung differentieller Wirkungsgrad und Vergleich mit konventionellem Heizsystem



Quelle: BMU & IZES

BHKW im Mehrfamilienhaus: Saldierender Summenzähler maximiert die Selbstnutzung des erzeugten Stromes

	Wirkungsgrad el.	Wartung	Geräuschentwicklung.	Abgaswerte	Brennstoff-Flexibilität	Marktreife
Verbrennungsmotor	+	o	-	-	-	++
Mikro-Gasturbine	o	+	o	o	-	+
Stirling-Motor	-	+	o	o	+	+
Dampfmaschine	-	+	o	o	+	o
Brennstoffzelle	++	+	+	+	o	--

Vor- und Nachteile verschiedener Mini-KWK-Technologien