

RATGEBER BHKW

Informationen zu Blockheizkraftwerken.



Heizsparer
www.heizsparer.de

Inhalt

Grundlagen	3
Funktionsweise	5
Mikro/Nano-BHKW	7
Mini-BHKW	9
Zielgruppe	11
Wirtschaftlichkeit	13
Kosten	15
Brennstoffe	17
Auslegung	19
Förderung	21
Checkliste „BHKW“	24
FAQ „BHKW“	26
<hr/>	
Bildnachweis und Impressum	30

Grundlagen

Blockheizkraftwerke sind ein Paradebeispiel dafür, wie Energie effizient genutzt werden kann. In BHKW werden elektrische Energie und thermische Energie, also Wärme, gleichzeitig erzeugt. Das ist ökologisch äußerst sinnvoll, weil deutlich weniger Verluste auftreten als bei der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme.

Nutzung des KWK-Prinzips

Blockheizkraftwerke nutzen das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung: Bei der Produktion von Strom in großen Kraftwerken geht die Abwärme, die bei der Stromproduktion entsteht, verloren. Wird diese Abwärme entweder für die Einspeisung in Fernwärmenetze oder auch für die Produktion in Industriebetrieben genutzt, spricht man von einem Heizkraftwerk. Diese sind gerade in Industrieanlagen oder großen öffentlichen Einrichtungen, wie etwa Krankenhäusern oder Universitäten, weit verbreitet. Blockheizkraftwerke haben ihren Namen erhalten, weil hier die notwendigen Module Motor, Generator, Wärmetauscher, in einem kompakten (schallgedämmten) Gehäuse zu einem „Block“ zusammengefasst werden.

Leistungsbereiche von BHKW – von Mega bis Nano

Große Heizkraftwerke und BHKW sind schon seit Jahrzehnten in Be-

trieb. Mittlerweile werden BHKW aber immer kleiner und außer Groß-BHKW gibt es nun Mini-BHKW, die einen Leistungsbereich von unter 50 Kilowatt elektrischer Leistung abdecken. Mit fortschreitender Miniaturisierung wurden die Begriffe der Mikro-BHKW und Nano-BHKW eingeführt für BHKW unter 15 beziehungsweise zwei Kilowatt elektrischer Leistung. Übrigens ist auch eine Strom produzierende Heizung letztlich nichts anderes als ein BHKW.

Große Auswahl bei Antrieben und Kraftstoffen

Als Antrieb für den Generator kommen Otto- und Dieselmotoren, Dampf- oder Stirlingmotoren, aber ebenso Gasturbinen oder Brennstoffzellen infrage. So zahlreich wie die Antriebsarten sind auch die möglichen Brennstoffe, die in BHKW genutzt werden können. Natürlich sind alle fossilen Brennstoffe, von Kohle über Heizöl, Dieselöl bis

zu Erdgas und Flüssiggas geeignet. Besonders umweltfreundlich sind BHKW, die mit regenerativen Energien betrieben werden. Als nachwachsende Rohstoffe bieten sich Biogas, Pflanzenöle oder Holz an.

Ideale Einsatzgebiete von Blockheizkraftwerken

BHKW finden ihre ideale Anwendung immer dann, wenn gleichzeitig Strom und Wärme gebraucht werden. Das ist zum Beispiel in Krankenhäusern, Pflegeheimen, aber auch Hotels, Schwimmbädern oder vielen Industrie- und Handwerksbetrieben der Fall. Seit die Möglichkeit besteht, den produzierten Strom in das öffentliche Netz einzuspeisen, werden BHKW aber auch für andere Anwender interessant. Sie können daher inzwischen auch für größere Ein- und Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Reihenhauszeilen, also private Nutzer, eine interessante Alternative sein.



Kosten und Fördermittel

Die Anschaffungskosten für ein BHKW sind nicht gerade gering. Die beiden bekanntesten Vertreter der Klasse Mikro-BHKW, der Dachs Stirling von Senertec oder der Whispergen von EHE liegen bei rund 20.000 Euro, wobei der Einbau hier schon im Preis enthalten ist. BHKW stellen für bestimmte Anwendungsfälle durchaus eine wirtschaftliche Al-

ternative zu einer herkömmlichen Heizung dar und amortisieren sich recht schnell. Es gibt zahlreiche Fördermittel, nicht nur für den Strom, der ins öffentliche Netz eingespeist wird. Hierbei kommt es auch auf den gewählten Kraftstoff an. Auch in Form von Krediten oder Tilgungszuschüssen werden BHKW gefördert. Zudem sind steuerliche Vergünstigungen zu erwarten.

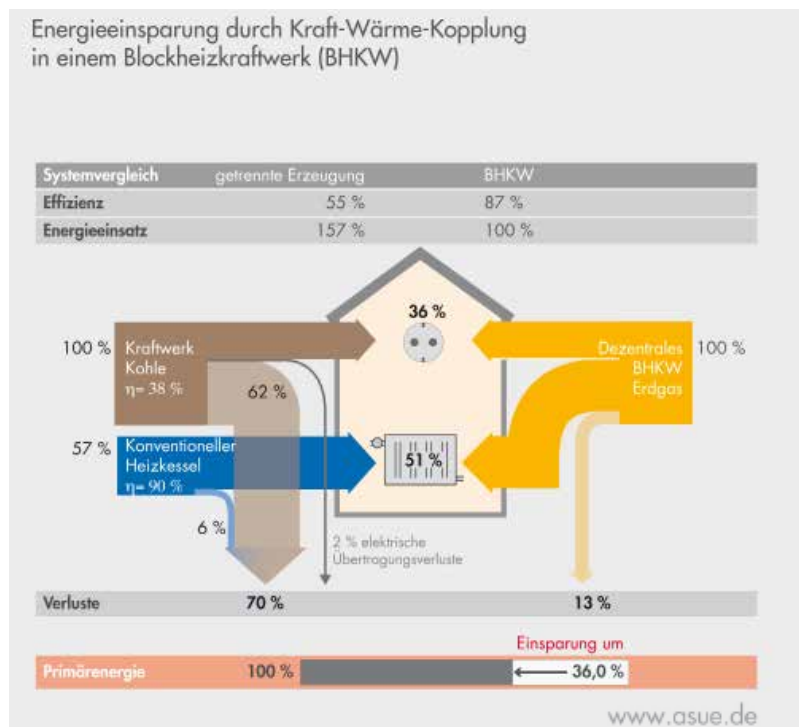


Funktionsweise

In einem Blockheizkraftwerk werden – wie in einem großen Heizkraftwerk – sowohl elektrische Energie als auch Wärme produziert. Dieses Prinzip nennt sich Kraft-Wärme-Kopplung.

Kombinierte Strom- und Wärmeproduktion

In einem herkömmlichen Kraftwerk wird elektrische Energie über einen Generator, der von einem Motor angetrieben wird, produziert. Die Abwärme, die dabei entsteht, wird über die hinlänglich bekannten Kühltürme abgeleitet. Dagegen wird in Heizkraftwerken auch die Wärme, die in den Abgasen oder auch im Kühlwasser des Verbrennungsmotors enthalten ist, genutzt. Sie kommt dann als Fernwärme zu den Haushalten. Obwohl bei der Verteilung und Nutzung von Fernwärme Leitungsverluste entstehen, ist das Prinzip der gekoppelten



Produktion von elektrischer und thermischer Energie sinnvoll. Hier setzt auch das Blockheizkraftwerk an: Es produziert sowohl elektrische Energie wie auch Wärme – genauso wie ein Heizkraftwerk. In einem Blockheizkraftwerk sind die Kom-

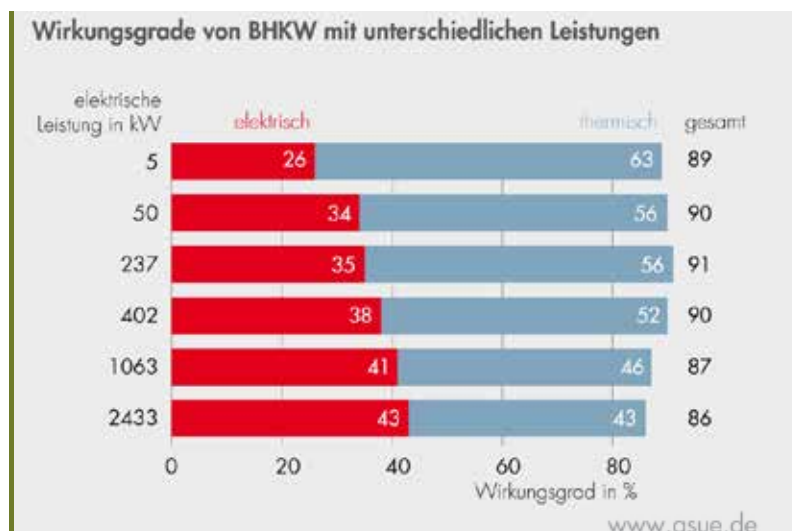
ponenten allerdings in einem Modul (Block) zusammengefasst. Zudem produziert ein BHKW dort, wo sowohl Strom als auch Wärme benötigt werden, sodass Leitungsverluste möglichst vermieden werden.

Hohe Wirkungsgrade durch BHKW

Blockheizkraftwerke ermöglichen durch die Kraft-Wärme-Kopplung erstaunliche Wirkungsgrade. Die enormen Unterschiede zeigt dieser Vergleich:

1. Der Wirkungsgrad in einem herkömmlichen Kohlekraftwerk liegt zwischen 30 und 40 %.

2. Der Wirkungsgrad im BHKW liegt – je nach eingesetzter Technik – zwischen 80 und 95 %.



Der Gesamtwirkungsgrad eines BHKW ergibt sich durch die Addition von elektrischem und thermischem Wirkungsgrad. Es wird also berücksichtigt, wie viel Prozent der Primärenergie in Strom und wie viel in Wärme umgewandelt wird. Die jeweiligen Anteile unterscheiden sich je nach der gewählten Energie, dem eingesetzten Motor und der Auslegung. Im Allgemeinen liegt der elektrische Wirkungsgrad zwischen 30 und 40 %, der thermische Wirkungsgrad dementsprechend zwischen 50 und 60 %.

Technik eines BHKW

In einem BHKW treibt ein Motor einen Generator an. Die komplette Einheit aus Motor und Generator ist in einem Block zusammengefasst und wird schallgedämmt. Der Generator produziert Strom. Bei der Umwandlung der Energie in Bewegung fällt auch Wärme an. Deshalb werden Wärmetauscher an das BHKW gekoppelt. Die Wärmetauscher nehmen die Wärme, die im Kühlwasser und dem Abgas enthalten ist, auf. Anschließend geben sie diese Wärme an Heiz- und Trinkwasser ab. BHKW werden hinsichtlich verschiedener Aspekte unterschieden:

Welcher Antrieb wird gewählt:

Es können sowohl ein Otto-, Diesel-, Gasmotor oder auch ein Stirlingmotor sein. Ebenso werden Dampfmaschinen oder auch Gasturbinen eingesetzt. Zunehmend finden auch Brennstoffzellen Anwendung.

Welcher Brennstoff wird gewählt:

Je nach Motor können flüssige, feste oder gasförmige Brennstoffe eingesetzt werden. Verbreitet sind neben Diesel, Heizöl, Erdgas, Flüssiggas, Biogas auch Pflanzenöle oder Holzpellets sowie Methanol.

Wie groß ist das BHKW:

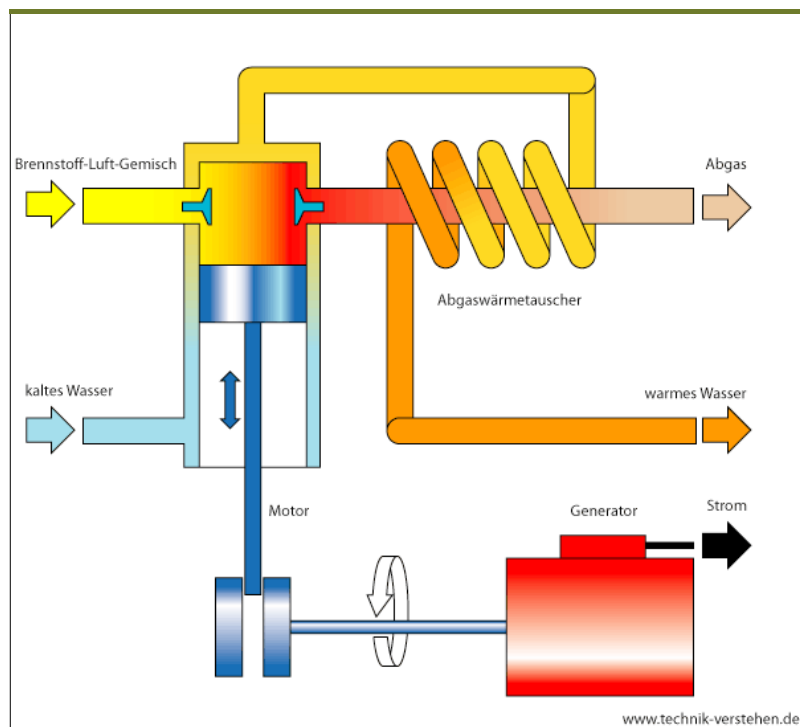
Je nach Leistung werden Nano-, Mikro-, Mini- und Groß-BHKW unterschieden. Dabei gilt folgende Abstufung der Leistungsgrößen: unter zwei Kilowatt elektrische Leistung – zwischen zwei und 15 Kilowatt – von 15 bis 50 Kilowatt – größer als 50 Kilowatt elektrische Leistung.

Weitere Komponenten eines Blockheizkraftwerks

Das Prinzip der Kraft-Wärme-

Kopplung sorgt dafür, dass immer gleichzeitig Strom und Wärme anfallen – der Bedarf sowohl an Wärme wie auch an Strom ist aber nicht immer gleichbleibend hoch. Werden Blockheizkraftwerke in Mehrfamilienhäusern, kleineren Gewerbeeinheiten oder auch Einfamilienhäusern betrieben, sind deshalb Pufferspeicher notwendig, in denen die Wärme zwischengespeichert werden kann.

Strom, der nicht benötigt wird, kann in das Netz eingespeist werden. Mit Verbreitung effizienter Stromspeicher können auch diese an ein BHKW angeschlossen werden. Darüber hinaus findet sich bei jedem BHKW eine Steuerungseinheit – mal integriert, mal in einem separaten Schaltschrank untergebracht.



Mikro/Nano-BHKW

Bei Blockheizkraftwerken schreitet die Miniaturisierung weiter voran. Waren BHKW früher größeren Anlagen vorbehalten, sind inzwischen unter dem Schlagwort „Strom produzierende Heizung“ auch kleine BHKW für den Einsatz in Einfamilienhäusern mit geringem Wärmebedarf auf dem Markt. Die Idee hat natürlich Charme: Das Mikro-BHKW deckt den Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser und der Strom fällt sozusagen nebenbei an. Er kann dann selbst genutzt oder in das öffentliche Netz eingespeist werden.

gem Platzangebot aufgestellt werden. Der breite Leistungsbereich von bis zu fünfzehn Kilowatt elektrische Leistung bedingt, dass Mikro-BHKW ein breites Einsatzspektrum abdecken. Mikro-BHKW mit einer Leistung im oberen Bereich sind deshalb eher für größere Mehrfamilienhäuser oder kleine Gewerbeeinheiten geeignet. Die idealen Anwendungsgebiete überschneiden sich also mit denen kleinerer Mini-BHKW. Kleinere Mikro-BHKW mit einer Leistung von bis zu 5 kWel

dagegen können gut im privaten Bereich genutzt werden.

Mikro/Nano-BHKW finden sich in:

*Ein- und Zweifamilienhäusern,
kleineren Mehrfamilienhäusern*

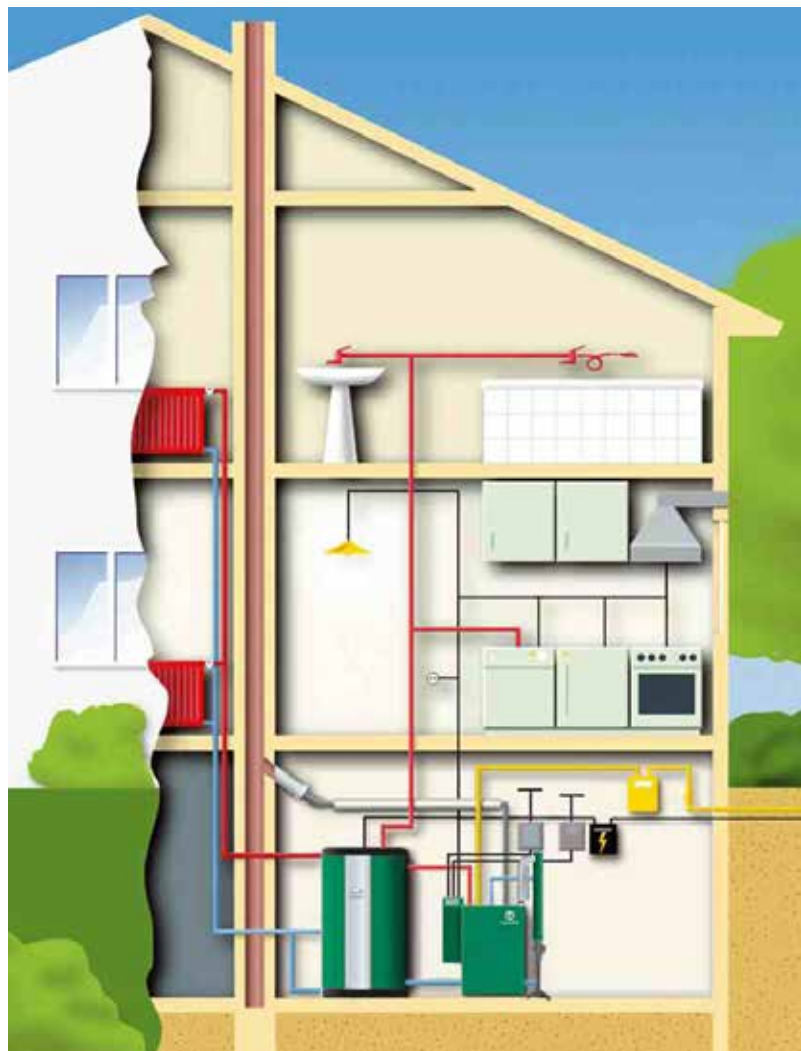
Hier sind die kleinsten Leistungsgrößen zu wählen, wenn das Mikro-BHKW nur für die Heizung und die Erwärmung des Trinkwassers eingesetzt wird. Besonders lohnend sind Mikro/Nano-BHKW, wenn etwa ein privat genutztes Schwimmbad, ein

Welche Leistungsklasse decken Mikro-BHKW ab?

Mikro-BHKW werden Blockheizkraftwerke genannt, die einen Leistungsbereich zwischen 2 kWel und 15 kWel abdecken. Noch kleinere Blockheizkraftwerke werden neuerdings auch als Nano-BHKW bezeichnet. Hier werden auch BHKW mit einer elektrischen Leistung von unter zwei Kilowatt in die Klasse Mikro-BHKW aufgenommen.

Für welche Anwendungszwecke sind Mikro/Nano-BHKW besonders geeignet?

Der Platzbedarf von Mikro/Nano-BHKW ist sehr gering. Er entspricht ungefähr dem Raumbedarf einer „normalen“ Heizung. Mikro-BHKW passen damit in jeden Keller und können problemlos auch bei gerin-



Wellnessbereich oder ein Gewächshaus zusätzlich mit Wärme versorgt werden soll.

Landwirtschaftliche Betriebe

Mikro-BHKW können hier zusätzlich Ställe oder Gewächshäuser mit Wärme versorgen. Da hier häufig auch nachwachsende Rohstoffe anfallen, können diese zum Betrieb der BHKW herangezogen werden. Allerdings gibt es seit einigen Jahren für den eingespeisten Strom keinen Extra-Zuschlag mehr.

Kleingewerbe

Gerade für kleinere Gewerbebetriebe, die viel Wärme benötigen, sind Mikro-BHKW prädestiniert, also etwa Fitness-Studios mit Sauna, Bäckereien, Wäschereien, Metzgereien (Kältebedarf).

Öffentliche Gebäude

Neben öffentlichen Verwaltungen sind auch Kindergärten, Schulen oder Universitätsgebäude für den Einsatz von Mikro-BHKW geeignet. Hier können Mikro-BHKW erheblich zur Kosteneinsparung der öffentlichen Hand beitragen.

Wie werden Mikro-BHKW ausgelegt?

Mikro-BHKW werden im Allgemeinen nach dem Wärmebedarf am

Einsatzort dimensioniert und wärmegeführt betrieben. Dies erfolgt anhand der Jahresdauerlinie des jeweiligen Objekts. Üblich ist bei Mikro-BHKW nicht mehr unbedingt, für den Spitzenbedarf einen zusätzlichen Heizkessel vorzusehen. Die meisten Mikro-Blockheizkraftwerke verfügen über einen integrierten Spitzenlastheizkessel. Neuere Modelle können auch leistungsmodulierend betrieben werden und damit an wechselnde Anforderungen angepasst werden.

Mit welchen Motoren und Antrieben werden Mikro-BHKW angeboten?

Die meisten neueren Mikro-BHKW werden mit Stirling- oder Ottomotoren angetrieben. Als Brennstoffe

kommen sowohl fossile Brennstoffe wie Heizöl oder Erdgas sowie nachwachsende Rohstoffe, etwa Pellets, infrage.

Wie viel kosten Mikro-BHKW?

Die Preise von Mikro/Nano-Blockheizkraftwerken hängen natürlich unter anderem von ihrer Größe ab. Die Einstiegspreise liegen bei gut 15.000 Euro, aber die meisten Mikro-BHKW kosten im Durchschnitt zwischen 15.000 und 20.000 Euro. Für rund 20.000 Euro ist bei einem Nano-BHKW im Allgemeinen auch die Installation mit abgedeckt. Für Mikro-BHKW am oberen Leistungsrand sollten dagegen eher mindestens 30.000 Euro Anschaffungskosten kalkuliert werden.



Mini-BHKW

Blockheizkraftwerke werden in verschiedene Leistungsklassen eingeteilt. Dabei geht es immer um die elektrische Leistung, die in kWel ausgedrückt wird. Die Abgrenzung der Leistungsklassen ist nicht festgelegt, sodass die Begriffe nicht immer ganz klar definiert sind.

Welche Leistungsklasse decken Mini-BHKW ab?

Es hat sich eingebürgert, bei einem Leistungsbereich des BHKW zwischen 15 und 50 kWel von einem Mini-BHKW zu sprechen. Einige Hersteller sprechen dagegen von einem Mini-BHKW im Leistungsbereich bis 20 kWel, der inzwischen im Allgemeinen aber eher unter Mikro-BHKW eingeordnet wird.

Für welche Einsatzgebiete eignen sich Mini-BHKW?

Mini-BHKW mit einer elektrischen



Leistung zwischen 15 und 50 kWel sind trotz ihres Namens sehr leistungsfähige Anlagen. Daher finden Mini-BHKW einen idealen Einsatz in folgenden Bereichen:

Gewerbe

gerade für mittlere und Kleinbetriebe, die einen hohen gleichzeitigen Bedarf an Wärme (oder Kälte) sowie Strom haben, sind Mini-BHKW geeignet. Das können zum Beispiel Bäckereien, Großküchen, Lebensmittel verarbeitende Betriebe, aber auch Großwäschereien, Molkereien oder Brauereien sein.

Hotels

Hotels zeichnen sich durch einen äußerst gleichmäßig hohen Strom- und auch Wärmebedarf aus. Für diesen Einsatz sind Mini-BHKW perfekt geeignet. Im Sommer kann über eine Kältemaschine dann auch die Klimaanlage betrieben werden. Gerade Hotels mit Schwimmbad profitieren von Mini-BHKW, da das Schwimmbad wie ein großer Pufferspeicher wirkt und die Wirtschaftlichkeit des Blockheizkraftwerks noch weiter verbessert.

Krankenhäuser und Pflegeheime

Auch Krankenhäuser sind durch einen im Tages- und Jahresverlauf gleichmäßig hohen Bedarf an elektrischer Energie und Wärme gekennzeichnet. Auch für die in Krankenhäusern verlangte Notstromversorgung bieten sich Mini-BHKW an. Der große Bedarf führt bei BHKW in Krankenhäusern zu hohen

Arbeitszahlen mit entsprechend guter Wirtschaftlichkeit. Mini-BHKW können daher entscheidend zur Kostensenkung im Krankenhausbetrieb beitragen. Ähnliches gilt für Pflegeheime.

Schwimmbäder

Nicht nur Hallenbäder, auch Freizeitbäder oder Wellnessanlagen stellen hervorragende Einsatzorte für BHKW dar. Dafür spricht auch hier der hohe Wärmebedarf bei gleichzeitigem Strombedarf. In diesen Anwendungen heizen BHKW das Becken- und Duschwasser und liefern gleichzeitig den Strom für Beleuchtung, Klimaanlage, Sauna oder Umwälzpumpen.

Wohnanlagen

Mit Mini-BHKW in der genannten Leistungsklasse können auch Wohnanlagen in einem sogenannten Nahwärmenetz mit Wärme und Strom versorgt werden. Je nach Auslegung und Größe des BHKW kann dabei auch noch Strom in das öffentliche Netz eingespeist werden, sodass das BHKW sich schneller amortisiert.

Welche Auslegung ist für Mini-BHKW sinnvoll?

Die Auslegung eines Mini-BHKW richtet sich wie bei allen BHKW nach dem Einsatzgebiet. Allerdings werden sie im überwiegenden Fall wärmegeführt betrieben. Im praktischen Betrieb bedeutet dies, dass die Leistung des BHKW sich an der

sogenannten Grundlast beim Wärmebedarf orientiert. Damit kann nämlich sichergestellt werden, dass das Mini-BHKW seltener ein- und ausgeschaltet wird. Diese Taktung (Ein- und Ausschalten) könnte sonst der Dauerhaltbarkeit aller Komponenten schaden und zu einem vorzeitigen Verschleiß führen.

Welche Motoren und Antriebe finden sich in Mini-BHKW?

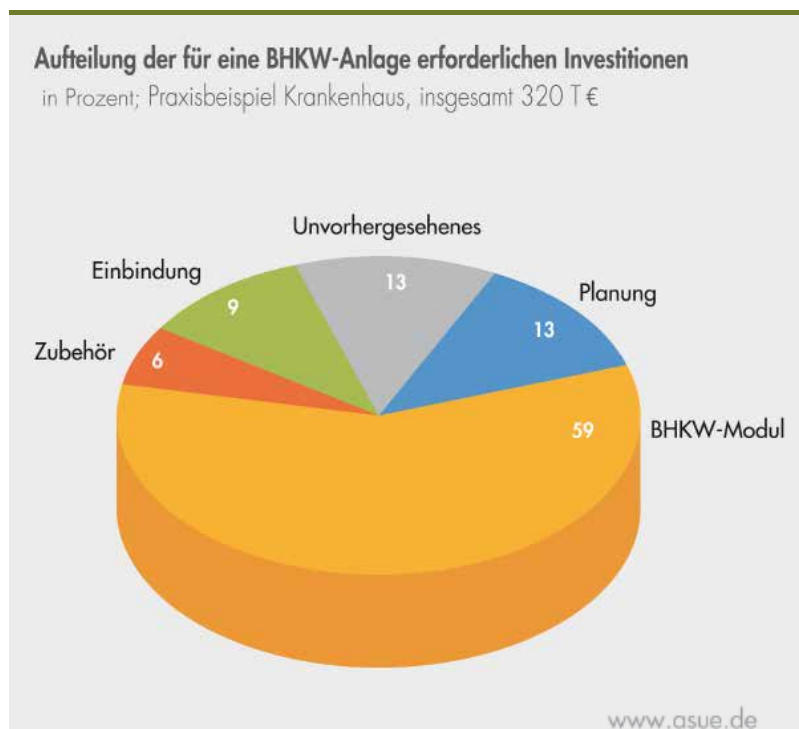
Mini-BHKW sind sowohl mit Otto- wie auch mit Diesel- oder Gasmotoren auf dem Markt. Auch BHKW mit Stirling-Motor werden angeboten. Mini-BHKW mit Gasturbinen sind eher selten. Geeignet sind sie vor allem dann, wenn hohe Abgastemperaturen erwünscht sind, etwa für Trocknungsanlagen. Als Brennstoffe kommt die gesamte mögliche Palette von Heizöl über Diesel bis zu Biogas oder Pflanzenöl und Holzpellets infrage. Aber nur bei der Nutzung nachwachsender Rohstof-

fe wird der Zuschlag für eingespeisten Strom gewährt.

Was kostet ein Mini-BHKW?

Da der Leistungsbereich von Mini-BHKW sehr groß ist, bewegen sich auch die Preise in einem entspre-

chenden Rahmen. Ein kleineres Mini-BHKW wird um die 25.000 Euro kosten, ein großes Mini-BHKW liegt dann eher schon bei 50.000 bis 60.000 Euro. Zum Vergleich sollte der Preis pro kWel herangezogen werden. Nach diversen Statistiken liegt dieser bei circa 1.700 Euro.



Zielgruppe

BHKW sind in industriellen Anwendungen weit verbreitet, hier werden die Vorteile schon lange genutzt. Aber es stellen sich ganz konkrete Fragen: Blockheizkraftwerk – ist das eine Alternative zu einer Heizung für ein Einfamilienhaus? Lohnt es sich, in meiner Bäckerei ein Blockheizkraftwerk aufzustellen? Soll die Gemeinde alle Schulen auf Blockheizkraftwerke umrüsten oder ist die Forderung an Krankenhäuser, Kosten einzusparen, durch die Installation von Blockheizkraftwerken besonders leicht zu erfüllen? Sind Blockheizkraftwerke also die richtige Wahl und einfache Lösung, oder sollte man doch lieber auf Wärmepumpen und Solarenergie umsatzen oder bei der konventionellen Gasheizung bleiben?

Es gibt nicht nur eine ideale Zielgruppe für BHKW

Blockheizkraftwerke werden in einem enormen Leistungsspektrum geliefert. Ob nun Groß-, Mini- oder auch Mikro-BHKW – Blockheizkraftwerke können fast überall mit einem gutem Wirkungsgrad betrieben werden.

Groß-BHKW

Als großes Heizkraftwerk haben sich BHKW nach wie vor für die Fernwärmeproduktion oder auch in Industrieunternehmen oder Großbetrieben bewährt und werden häufig und erfolgreich eingesetzt.

Mini-BHKW

Die ideale Zielgruppe stellen kleinere Betriebe, Wohnblocks und Schwimmbädern genauso dar wie Schulen, Kindergärten, Verwaltungsgebäude, Hotels. Auch in Handwerksbetrieben aus dem Lebensmittelbereich wie Bäckereien, Molkereien, Metzgereien, Brauereien, landwirtschaftlichen Kleinbetrieben, in Krankenhäusern, Altenwohnanlagen oder Pflegeheimen sind Mini-BHKW eine gute Wahl.

Mikro-BHKW

Die kleinste Bauweise von BHKW sind hervorragend geeignet für kleinere Betriebe aus Handwerk und Industrie. Hier gibt es Überschneidungen zu dem Einsatz von Mini-BHKW. Die kleinsten Varianten, die manchmal auch als Nano-BHKW oder Strom erzeugende Heizung firmieren, halten zunehmend Einzug in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern.

Allen genannten Objekten ist eines gemeinsam: Sie weisen einen hohen Bedarf an Wärme und Strom auf, der auch noch ungefähr gleichzeitig besteht. Anstatt Wärme kann auch ein Kältebedarf bestehen (etwa in Metzgereien oder Molkereien). Die Wärme lässt sich über Adsorptionskältemaschinen leicht in Kälte umwandeln. Für private Bauherrn und Eigentümer von ein- und Zweifamilienhäusern stellt sich ganz konkret die Frage, ob sich ein Mikro-BHKW auch hier lohnt. BHKW können durch die Auslegung her-



vorragend an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Gerade für den Einsatz im Einfamilienhaus gibt es ein paar wesentliche Punkte, die berücksichtigt werden müssen. Ein BHKW ist besonders wirtschaftlich, wenn es gleichmäßig ausgelastet ist und im Jahr rund 4500 Stunden läuft. Nicht genutzter Strom kann ins Netz eingespeist werden. Dieser wird vergütet, womit sich die Wirtschaftlichkeit verbessert. BHKW können mit nachwachsenden Rohstoffen wie etwa Pellets betrieben werden.

Durch die Nutzung eines BHKW können die Anforderungen des baden-württembergischen Erneuerbare-Wärme-Gesetzes erfüllt werden. Gerade ältere Einfamilienhäuser mit hohem Wärmebedarf bieten ideale Bedingungen für ein BHKW. Die Kombination der Heizung mit Solarthermie oder eine Photovoltaik-Anlage auf dem Dach sind bei Betrieb eines BHKW nicht

nötig. Das sollte bei der Kostenberechnung berücksichtigt werden.

Entscheidungsunterstützung

Pauschal kann man sicher nicht die absolut richtige Entscheidung treffen. Vor einer Entscheidung für ein BHKW sollten folgende Punkte ausführlich und genau betrachtet werden:

Wie hoch ist der Bedarf an

Wärme am geplanten Einsatzort?

Der Wärmebedarf kann sich von Objekt zu Objekt unterscheiden und hängt enorm vom Nutzungsverhalten ab. Deshalb ist es auch nicht ausreichend, wenn der Wärmebedarf von Vergleichsobjekten herangezogen wird oder über die Flächengröße und die regionalen Klimafaktoren berechnet wird. Sinnvoll ist die Messung der Verbrauchsdaten. Es sollte der Warmwasserbedarf unbedingt getrennt vom Heizwärmebedarf erfasst werden.

Wie sieht es mit dem

Bedarf an Strom aus?

Auch der Strombedarf sollte gemessen werden. Der Jahresbedarf

lässt sich ja recht leicht ermitteln. Wichtig ist aber auch die Messung des sogenannten Tagesganges.

Passen Wärme- und

Strombedarf zueinander?

Die hervorragenden Wirkungsgrade von über 90 Prozent können mit einem BHKW nur dann erzielt werden, wenn maximale Laufzeiten erreicht werden können. Ein BHKW ist immer nur wirtschaftlich, wenn es möglichst lange läuft, meist geht man von 4500 bis 5000 Stunden pro Jahr aus. Bei Abweichungen sollten Pufferspeicher für die Wärme eingeplant werden. Nicht benötigter Strom kann in das öffentliche Netz eingespeist werden. Inzwischen gibt es ja auch gute Stromspeicher, die ähnlich wie bei PV-Anlagen auch hier sinnvoll eingesetzt werden können, wenn der Preis für eingespeisten Strom sich nicht lohnt.

Wie schnell amortisiert sich ein

BHKW im vorgesehenen Objekt?

Die Amortisationszeit ist letztlich der entscheidende Faktor. Es geht also darum, wie lange es dauert, bis die Investitionskosten in das

BHKW durch entsprechende Einsparungen wieder zurückgeflossen sind beziehungsweise, wann die Einsparungen die Investitionskosten übertreffen. Dazu werden alle Investitionskosten, auch für Nebenkosten des BHKW (zum Beispiel Pufferspeicher oder Installationskosten) addiert und durch die jährlichen Einsparungen, die sich durch das BHKW ergeben, dividiert. Je kürzer die Amortisationszeit, umso lohnender ist die Investition in das BHKW.

Tipp:

Rechnen Sie die Alternativen durch. Das erzielte Ergebnis muss mit der Amortisationszeit und den Investitionskosten für ins Auge genommene Alternativen verglichen werden. Das bedeutet zweifelsohne eine Menge Rechnerei. Die Zeit ist aber gut investiert, denn erst dann kann die Entscheidung auf seriöser Basis getroffen werden.



Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken erscheint auf den ersten Blick klar: Schließlich wird der Brennstoff besonders effizient ausgenutzt und Strom und Wärme gleichzeitig produziert. Ganz so trivial ist es aber nicht. Es ist im Gegenteil sogar ziemlich aufwendig und komplex, die Wirtschaftlichkeit eines BHKW zu berechnen. Sie hängt von vielen Faktoren ab. Ein, ganz wesentlicher Faktor ist die Auslegung des BHKW, die darüber entscheidet, wie viel Prozent des Wärmebedarfs durch das BHKW abgedeckt wird und wie viel Strom dabei anfällt.

Gegenüberstellung von Kosten und Erträgen

Wie immer ist die einfachste Möglichkeit, eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit eines BHKW vorzunehmen, natürlich die Berechnung: Was kostet das BHKW, wie viel bringt es ein, ist das Ergebnis positiv bzw. nach wie viel Jahren ist das Ergebnis positiv?

Kostenfaktoren

Dazu sollten also in einem ersten Schritt die folgenden Kosten betrachtet werden:

Investitionskosten

- Anschaffungskosten für das BHKW-Modul;
- Kosten für Montage und Inbetriebnahme;

- anfallende Kosten für Umbaumaßnahmen des Aufstellorts, wie ein ggf. notwendiges Fundament, ein Tank für Öl oder Flüssiggas, eine neue Abgasleitung;
- Anschlusskosten an das Stromnetz;
- Kosten für zusätzliche Stromzähler;
- Kosten für einen Pufferspeicher und ggf. Kosten für einen zusätzlichen Stromspeicher.

Finanzierungskosten

Aus den genannten Investitionskosten kann auch die jährliche Belastung berechnet werden. Wird das BHKW über Kreditmittel finanziert, sind neben den Zinsen auch die Anteile zur Tilgung des Kredits zu betrachten. Wird das BHKW aus Eigenmitteln finanziert, müssen die entgangenen Zinseinnahmen berücksichtigt werden. Auf der anderen Seite dürfen Zuschüsse und Fördermittel gegengerechnet werden.

Wartungs- und Reparaturkosten

Sie sollten für den Zeitraum eines

Jahres abgeschätzt werden. Das fällt besonders leicht, wenn ein Wartungsvertrag abgeschlossen wurde. In diese Kategorie fallen auch Kosten für den Schornsteinfeger oder eventuelle Versicherungskosten.

Brennstoffkosten

Dieser Posten hängt von mehreren Faktoren ab: einerseits von der Art des Brennstoffs, aber auch von der Größe des BHKW und den jährlichen Betriebsstunden des BHKW. Gegebenenfalls fallen zusätzliche Brennstoffkosten für einen Spitzenlastkessel an. Außerdem können Bezugskosten für zusätzlichen Strom anfallen.

Anmerkung:

Sowohl die jährlichen Investitionskosten wie die Finanzierungskosten hängen von der Abschreibungsdauer ab. Der Einfachheit halber sollten zehn Jahre angenommen werden – für eine erste Abschätzung reicht dies. Andererseits werden Unternehmen und



Gewerbebetriebe unter Umständen nur mit einer fünfjährigen Abschreibungsdauer rechnen. Bei privaten Nutzern wiederum kann das BHKW gut und gerne fünfzehn bis zwanzig Jahre seine Dienste tun.

Einnahmeposten

Auf der anderen Seite der Rechnung stehen natürlich die Einnahmen beziehungsweise Ersparnisse, die sich durch das BHKW ergeben. Folgende Posten fallen an:

1. Einspeisevergütung für Strom – die Höhe variiert, je nachdem, ob der Strom nach EEG oder dem KWKG-Gesetz vergütet wird.
2. Vergütung für den selbst genutzten Strom
3. Erlöse durch Stromverkauf – Jeder Betreiber eines BHKW kann

seinen produzierten Strom auch direkt an Dritte weiterverkaufen. Dafür gibt es natürlich keine Einspeisevergütung, je nach Höhe des erzielten Erlöses lohnt es sich aber. Der Stromverkauf bietet sich zum Beispiel in Mehrfamilienhäusern, Reihenhauszeilen oder Anlagen der Wohnwirtschaft an.

4. Rückerstattung der Energiesteuer
5. Einsparung der Stromsteuer
6. eingesparte Stromkosten

Entscheidungsunterstützung

Durch diese Gegenüberstellung der Kosten und Erträge zeigt sich auf einen Blick, ob ein BHKW rentabel ist. Auch lässt sich schnell die Amortisationszeit abschätzen. Um jedoch eine belastbare Entscheidung für oder gegen ein BHKW zu treffen, sollte ebenso die Wirtschaftlichkeit

der Alternativen (Gas- oder Ölkessel, Wärmepumpen, Solarthermie) betrachtet werden.

Tipp:

Allgemein geht man davon aus, dass ein BHKW ab einer jährlichen Betriebsdauer von 4500 bis 5000 Stunden wirtschaftlich sein kann. Ein BHKW sollte daher keinesfalls zu groß dimensioniert sein, sonst können diese Laufzeiten nicht erreicht werden. Außerdem sind bei kleineren Anlagen nur wärmegeführte BHKW wirtschaftlich zu betreiben. Man orientiert sich also am Wärmebedarf und nicht am Strombedarf. Bei Strom erzeugenden Heizungen wird dies konsequent umgesetzt, hier wird der erzeugte Strom quasi als angenehmes Nebenprodukt betrachtet.



Kosten

Vor der Investition in ein Blockheizkraftwerk sollte selbstverständlich ein Preisvergleich erfolgen. Angesichts der Vielfalt an verschiedenen Technologien und möglicher Brennstoffe ist dieser Vergleich allerdings nicht einfach. Zudem sollten bei der Kostenbetrachtung unbedingt die regelmäßigen Betriebskosten berücksichtigt werden.



Anschaffungskosten von BHKW

Zum Vergleich bietet sich bei BHKW der Preis pro Kilowattstunde elektrischer Leistung (kWhel) an. Diese Normierung vereinfacht den Vergleich von BHKW unterschiedlicher Größe. Vergleiche der Kenndaten von BHKW zeigen, dass die Preise pro kWhel sinken, je größer die Gesamtleistung des BHKW ist. Liegt der Preis pro kWhel bei einem Groß-BHKW mit über 500 kWhel bei unter 500 Euro, so ist bei Mini-BHKW ein Durchschnittspreis von circa 1.700 bis 2.000 Euro pro kWhel zu erwarten.

Interessant ist auch die Zusammensetzung der Anschaffungspreise. Rund 80 Prozent des Endpreises entfallen auf das eigentliche KWK-Modul, das aus Motor und Generator besteht. Mit rund acht Prozent trägt der notwendige Schaltschrank bei. Die restlichen zwölf Prozent der Anschaffungskosten teilen sich gleichmäßig auf für die Schalldämmung, den Katalysator, die Schmierölversorgung, die Lüftung,

die Lieferung, die Aufstellung und das Inbetriebsetzen.

Preise für Mikro-BHKW fallen

Für Mikro bzw. Nano-BHKW, die für Ein- bis Mehrfamilienhäuser geeignet sind, sollte von einem Preis von mindestens 15.000 bis 20.000 Euro ausgegangen werden. So kostet zum Beispiel der bekannte Dachs von Senertec laut Preisliste des Unternehmens rund 21.000 Euro ohne Zubehör. Der Mikro-Dachs mit Stirlingmotor ist für rund 15.000 Euro inklusive Zubehör zu bekommen sein. Skaleneffekte werden auch hier dafür sorgen, dass die Preise weiter fallen. Wenn ein Produkt in größeren Serien produziert wird, kann es billiger hergestellt werden.

Weitere Kosten für das BHKW

Mit den reinen Anschaffungskosten

ist es natürlich nicht getan. Auch die Lieferung und vor allem die Inbetriebnahme kosten – sie sind aber Vereinbarungssache mit dem jeweiligen Händler. Ein BHKW benötigt eine entsprechende Abgasleitung im Haus, der Platzbedarf mit zusätzlicher Schalldämmung muss ebenso berücksichtigt werden. Gerade die Schalldämmung kann weitere Kosten verursachen.

BHKW Betriebskosten fallen regelmäßig an

Wie bei jeder anderen Heizung fallen auch bei Blockheizkraftwerken die üblichen Betriebskosten an. Sie setzen sich zusammen aus:

1. Brennstoffkosten (verbrauchsabhängig)
2. Wartung – Allgemein werden hierfür 3 Cent pro kWh veranschlagt. Allerdings unterscheiden sich die Antriebe in ihrem Wartungsbedarf.

Besonders wartungsarm sind zum Beispiel Stirlingmotoren. Der Wartungsbedarf hängt auch von der Betriebsart ab. Bei häufiger Taktung (An- und Ausschalten) wird er höher. Es gibt Vollwartungsverträge, die nicht nur die regelmäßige Instandhaltung, sondern auch die folgenden Posten umfassen. Sie kosten jährlich rund 5 Cent pro kWh.

3. Reparaturen

4. Ersatzteile

5. Generalüberholung – Diese wird bei BHKW nach einer bestimmten Laufzeit fällig. Vorgeschlagen wird sie nach rund 25.000 Betriebsstunden. Mit mindestens 500 Euro sollte hierfür gerechnet werden.



Brennstoffe

Die Auswahl an Brennstoffen, die für den Betrieb eines Blockheizkraftwerks geeignet sind, ist mindestens ebenso groß wie die verschiedenen Antriebsvarianten. Blockheizkraftwerke können sowohl mit fossilen als auch mit regenerativen Energien betrieben werden.

Fossile Energien

Zu den fossilen Energien gehören neben Heizöl, Dieselkraftstoff oder Benzin auch Erdgas und Flüssiggas. Für alle Brennstoffe gilt, dass die Energiesteuer auf Antrag zurückerstattet wird, wenn sie in BHKW genutzt werden. Für einen Bedarf von 10.000 Kilowattstunden beträgt die Rückerstattung zwischen 50 und 75 Euro, je nach Brennstoff.

Heizöl

Heizöl, ein Erdölprodukt, ist der klassische Energieträger in vielen deutschen Haushalten. Daher ist in vielen Häusern auch noch der notwendige Tank vorhanden. Gerade für nachträgliche Einbauten bei der Umrüstung auf eine andere Heizung bietet sich Heizöl daher als Treibstoff für das BHKW an. Die meisten BHKW-Motoren, also Otto-, Diesel- und Stirlingmotoren, lassen sich mit leichtem Heizöl betreiben. Der Heizwert von Heizöl ist sehr gut, und viele BHKW werden seit Jahren mit Heizöl betrieben. Die Nachteile von Heizöl als Brennstoff gelten allerdings auch bei dem Betrieb eines BHKW: Hier ist vor allem die unsichere Preisentwicklung zu nennen. Nach sehr hohen Preisen in den Jahren 2012 bis 2014, haben sich die

Preise in den Jahren 2015 bis 2017 auf mittlerem Niveau stabilisiert. Dennoch muss angesichts knapper werdender Ressourcen mit deutlich steigenden Preisen gerechnet werden. Aber auch der erhöhte Wartungsbedarf von BHKW-Motoren, die mit Heizöl laufen, sollte bedacht werden. Die Energiesteuer lag Mitte 2017 bei 61,40 Euro pro 1000 Liter.

Erdgas

Erdgas, ein weitverbreiteter fossiler Brennstoff mit einer ganzen Anzahl von Vorteilen. Die Infrastruktur zur Versorgung mit Erdgas ist gut ausgebaut. Da Erdgas über Leitungen zu den Verbrauchsstellen transportiert wird, ist auch kein Tank notwendig. Zudem ist der Heizwert ähnlich gut wie bei Heizöl. Erdgas verbrennt in BHKW sehr sauber und ist für alle Motoren geeignet. Allerdings ist auch Erdgas als fossiler Brennstoff begrenzt und mit erheblich steigenden Preisen sollte unbedingt gerechnet werden. Die Energiesteuer liegt bei 5,50 Euro pro Megawattstunde.

Flüssiggas

Flüssiggas bietet sich als Alternative zu Erdgas immer dann an, wenn kein Gasanschluss im Haus vorhanden ist und auch keiner gelegt werden kann. Flüssiggas hat einen höheren Heizwert als Heizöl oder Erdgas, es ist ebenso für alle Motoren geeignet. Ein Plus gegenüber Heizöl ist auch die geringere Wartungsintensität eines mit Flüssiggas betriebenen Blockheizkraftwerks.

CO₂-Bildung bei der Verbrennung fossiler Energieträger

in kg CO₂/kWh Brennstoffeinsatz (H₁)



Quelle: Schlussbericht der Enquetekommission des Deutschen Bundestages „Schutz der Erdatmosphäre“, Oktober 1994

www.asue.de

Allerdings ist Flüssiggas teurer als Heizöl oder Erdgas und vor allem ist auch hier ein Tank notwendig. Bei Flüssiggas beträgt die Energiesteuer 60,60 Euro pro 1000 Kilogramm.

Regenerative Energien

Auch hier ist die Auswahl für Blockheizkraftwerke sehr groß. Wird regenerative Energie aus Biomasse zum Betrieb des BHKW eingesetzt, kann die höhere Einspeisevergütung für den produzierten Strom nach dem EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) beantragt werden.

Biogas

Hierunter wird nicht nur Gas verstanden, das aus der Vergärung von Biomasse entsteht. Auch Klärgas oder Deponiegas werden häufig unter dem Begriff Biogas genannt. Sie enthalten ebenso wie Biogas in erster Linie Methan. Während Klärgas und Deponiegas häufig am Ort der Entstehung für BHKW genutzt werden, wird Biogas mittlerweile auch von manchen Energieversorgern über die vorhandenen Gasleitungen geliefert und ist damit dann auch für Mikro-BHKW erhältlich.

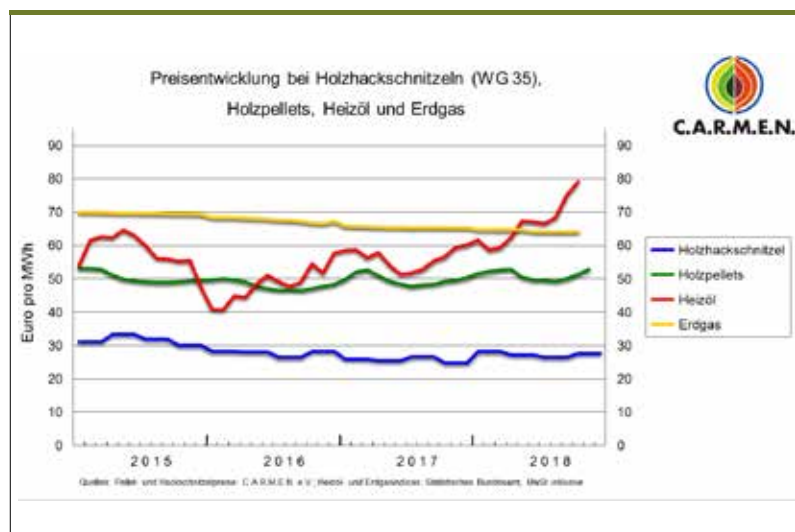
Pflanzenöl

Pflanzenöl ist die umweltfreundliche und CO₂-neutrale Alternative zu Heizöl. Notwendig ist dann auf jeden Fall ein BHKW mit Dieselmotor, der für die Verbrennung der Pflanzenöle geeignet sein muss. Pflanzenöle, die in unseren Breiten meist aus Raps gewonnen werden, sind allerdings in die Kritik geraten. Die Anbauflächen können nicht zum Anbau von Lebensmitteln genutzt werden und in Asien, Afrika und Lateinamerika kommt es zu Rodungen, um entsprechende Anbauflächen für Soja- oder Palmölpflanzen zu schaffen. Von Nach-

haltigkeit kann hier also kaum die Rede sein.

Holz

Holz wird als Scheitholz oder als Hackschnitzel für BHKW verwendet. Genutzt wird hierbei Holzgas, das erst aus dem Holz produziert wird. Daher ist der Brennstoff vor allem bei großen Blockheizkraftwerken im Einsatz. Geeignete Antriebe für Holzgas sind Verbrennungsmotoren und Gasturbinen. Bei der Nutzung von Holzgas ist auch mit einem höheren Wartungsaufwand zu rechnen.



Auslegung

Bei der Planung eines Blockheizkraftwerks kann zwischen zwei verschiedenen Betriebsweisen gewählt werden. Ein BHKW kann wärmegeführt oder stromgeführt betrieben werden. Die richtige Wahl entsprechend des Einsatzes und Bedarfs hat erhebliche Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit des BHKW.

Auslegung und Wirtschaftlichkeit

Ein Blockheizkraftwerk sollte zwischen 4000 und 5000 Betriebsstunden im Jahr unter Volllast laufen, damit es wirtschaftlich Wärme und Strom produziert. Deshalb kommt der Auslegung und der Betriebsweise des BHKW eine so entscheidende Rolle zu. Hat das Blockheizkraftwerk eine zu große Leistung, kann es unter Umständen die notwendigen Volllaststunden nicht erreichen. Strom und Wärme werden dann zu teuer produziert.

Außerdem nehmen sowohl Verschleiß als auch der Wartungsbedarf des BHKW zu. Bei der Auslegung des BHKW geht es also letztlich darum, eine hohe Stundenleistung, eine gute Abdeckung des Wärmebedarfs und eine möglichst weitgehende eigene Nutzung des produzierten Stroms zu erzielen. Die richtige Auslegung ist nicht ganz so trivial und einfach, wie es klingt, können doch die drei oben genannten Faktoren sich eher widersprechen.



Stromgeführtes Blockheizkraftwerk

Große Heizkraftwerke waren naturgemäß immer stromgeführt, schließlich war die thermische Energie am Anfang nur ein Abfallprodukt, das genutzt wurde. Der Teil „Kraftwerk“ (Stromproduktion) des Heizkraftwerks stand im Vordergrund. Wird ein Blockheizkraftwerk stromgeführt, dann wird es so ausgelegt, dass das BHKW möglichst viel Strom produziert. Die stromgeführte Betriebsweise ist inzwischen jedoch eher die Ausnahme.

Sie kann sich zum Beispiel immer noch lohnen für Energieversorger, die Spitzenbedarfe mit der Zuschaltung eines Blockheizkraftwerks abdecken wollen. Auch in einigen industriellen Anwendungen kann ein stromgeführtes BHKW wirtschaftlich sein. Dasselbe gilt für Krankenhäuser und alle anderen Fälle, in denen das Blockheizkraftwerk auch

als Notstromaggregat genutzt wird. Auch alle BHKW, die im Inselbetrieb laufen, sind im Allgemeinen stromgeführt. Insbesondere auch durch die Vergütung nach dem KWK-Gesetz kann sich die stromgeführte Betriebsweise eines BHKW lohnen. Für die ersten 60.000 Stunden, die das BHKW läuft, wird ein Zuschlag pro eingespeiste kWh in Höhe von 8 Cent bezahlt ausbezahlt.

Wärmegeführtes Blockheizkraftwerk

Der weitaus größte Teil der installierten BHKW wird allerdings wärmegeführt gefahren. Damit richtet sich die Größe des BHKW nach dem individuellen Wärmebedarf.

Variante 1:

BHKW mit Spitzenlast-Heizkessel

Allerdings wird nur in Ausnahmefällen der gesamte Wärmebedarf durch das BHKW abgedeckt. Grundsätzlich wird von der sogenannten

Grundlast ausgegangen, das ist die Menge an Wärmebedarf, die während des ganzen Jahres ungefähr gleichbleibt. Der Grund hierfür: Gewünscht ist die gleichmäßige Auslastung des BHKW. In den Zeiten, in denen der Wärmebedarf hoch ist (Übergangszeit und Winter), fallen die meisten Betriebsstunden an. Im Sommer läuft das BHKW dann immer nur kurz, um den Warmwasserbedarf zu decken. Bei einem wärmegeführten BHKW wird üb-

licherweise ein zusätzlicher Spitzenlast-Heizkessel installiert. Dieser kann dann relativ klein ausfallen.

Variante 2:

BHKW als Heizkessel-Ersatz

Mit der Strom erzeugenden Heizung oder sogenannten Nano-BHKW werden Blockheizkraftwerke immer öfter als Heizungsersatz eingebaut. Sie müssen dann den kompletten Wärmebedarf und nicht nur die Grundlast abdecken.

Das kann gelingen, wenn das Modul entsprechend klein ist. Es wird dann so ausgelegt, dass es die maximale Heizlast des Gebäudes abdeckt. Anfallender Strom wird dann, wenn nicht selbst genutzt, ins öffentliche Netz eingespeist. Diese Betriebsweise ist auf jeden Fall nur in Kombination mit einem großen Pufferspeicher möglich.



Förderung

Blockheizkraftwerke nutzen anerkanntermaßen die Primärenergie besonders effizient. Deshalb werden Investitionen in BHKW auch in vielfältiger Weise durch Fördermittel unterstützt.

KWK Gesetz

Nach dem „Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung“ erhalten Betreiber eines Blockheizkraftwerks für den produzierten Strom einen Zuschlag. Dieser wird beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) beantragt. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass das BHKW bei der BAFA zugelassen wurde. Für neue KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis einschließlich 50 kWel hat das BAFA ein vereinfachtes Zulassungsverfahren eingerichtet: Es genügt eine elektronische und gebührenfreie Anzeige bei dem Amt. Die elektronische Anzeige muss bis zum 31.12. des auf die Inbetriebnahme folgenden



Jahres beim BAFA erfolgen. Gezahlt wird der Zuschlag nicht vom BAFA, sondern vom jeweiligen Netzbetreiber, in dessen Netz der Strom eingespeist wird. Am 01.01.2015 ist die Novelle zum KWK-Gesetz, die Mini-KWK-Richtlinie, in Kraft getreten. Dessen Bestimmungen gelten für alle Anlagen, für die ab dem 01.01.2015 ein neuer Antrag gestellt wurde. Zu beachten ist hierbei, dass die Anlage noch nicht beauftragt werden durfte, wenn der Förderantrag gestellt wird. Der

Baseload-Preis variiert erheblich. Die Vergütung für die vermiedene Netznutzung legt jeder Netzbetreiber selbst fest. Daher ist auch hier die Spannweite recht groß. Sie bewegt sich zwischen 0,3 und fast 2 Cent. Dementsprechend ist auch die Gesamtvergütung von Quartal zu Quartal verschieden. Gezahlt wird der Zuschlag für zehn Jahre. Eine weitere größere Änderung trat zum 1. Januar 2016 mit der Modernisierung des KWK-Gesetzes in Kraft.

Für einige Regelungen wurde allerdings noch eine EU-Genehmigung benötigt. Ende August 2016 konnte mit der EU-Kommission eine Einigung erzielt werden. Entsprechende Gesetzesänderungen beschloss der Bundestag und Bundesrat dann Mitte Dezember 2016. Kernpunkte sind zwei Maßnahmen: KWK-Anlagen zwischen einem und 50 Megawatt werden künftig nur noch gefördert, wenn sie sich erfolgreich in einer Ausschreibung durchset-

Zuschlag für eingespeisten Strom nach dem KWK 2012

<i>Bezeichnung</i>	<i>Vergütung in Cent pro kWh</i>
<i>durchschnittlicher Baseload-Preis letztes Quartal (4/2018)</i>	<i>circa 5,26</i>
<i>KWK-Bonus (bis 50 kWel)</i>	<i>5,41</i>
<i>vermiedene Netzkosten (wechselt je nach Netzbetreiber)</i>	<i>circa 0,8</i>
<i>gesamte Vergütung</i>	<i>14,47</i>

Vorteil der Netzeinspeisung gegenüber der Selbstnutzung

	<i>Netzeinspeisung</i> <i>Kosten in Cent/kWh</i>	<i>Selbstnutzung</i> <i>Kosten in Cent/kWh</i>
<i>KWK-Zuschlag</i>	5,41	5,41
<i>Baseload</i>	5,26	
<i>Netzkosten</i>	0,80	
<i>Strombezugskosten</i>		25,00
<i>Gesamt</i>	11,47	30,41
<i>Vorteil (Differenz) ca.</i>	18,94	

zen. Zudem schrieb die Bundesregierung den Vertrauensschutz fort: Für Bestandsanlagen für die Eigenversorgung muss auch weiterhin keine EEG-Umlage gezahlt werden. Zumindest in der Übergangsphase wird zwischen dem bisher gültigen KWK 2012 und dem neuen KWK 2016 unterschieden. Mit der Änderung wird nach Angaben der Bundesregierung zum einen das Fördervolumen für KWK-Anlagen von 750 Millionen auf 1,5 Milliarden Euro erhöht. Zum anderen sollen aber auch bestehende Kraftwerke nach und nach auf „eine besonders CO₂-arme Erzeugung durch Gas“ umgestellt werden.

Diesen Zuschlag erhalten Betreiber für maximal 10 Jahre ab Inbetriebnahme. Festgelegt ist im Gesetz auch die Alternative, eine einmalige pauschalierte Zahlung für 30.000 Vollbenutzungsstunden zu wählen. Anlagen, die modernisiert werden, erhalten je nach Modernisierungsanteil den Zuschlag. Bei einer Modernisierung, die Kosten von 25 bis 49 % der Neukosten betragen, wird der Zuschlag für 5 Jahre oder

15.000 Vollbenutzungsstunden gewährt, bei Modernisierungskosten in Höhe von mindestens 50 % der Neukosten wird der volle Zuschlag gezahlt. Den selbst produzierten Strom zu nutzen ist nach dem KWK 2012 für BHKW-Betreiber deutlich günstiger, als den benötigten Strom zuzukaufen und den selbst produzierten ins Netz zu speisen. Pro kWh ergibt sich bei einem ungefähren Preis von 25 Cent pro kWh ein Vorteil von gut 19 Cent.

Betreiber von BHKW, die mit Biomasse betreiben werden, können entscheiden, ob sie die Förderung nach dem KWK-Gesetz oder nach dem Erneuerbare Energien Gesetz in Anspruch nehmen. Mit der Novelle des Erneuerbare Energien Gesetzes 2014 hat sich auch diese Vergütung geändert. Sie liegt nun je nach Anlagengröße und Einsatzstoff zwischen 5,85 Cent/kWh für große Anlagen über 20000 kW mit Biomassenutzung und 23,73 für maximal 75 kW-Anlagen mit Biogasnutzung aus Güllevergärung. Das EEG 2017 brachte erneut Än-

derungen. Die Einspeisevergütung richtet sich damit ganz nach der Art der Anlage.

Zuschlag für eingespeisten Strom nach dem KWK 2016

Mit der neuen Regelung wurden die Fördersätze deutlich angehoben. Sie betragen nun beispielsweise 8 Cent/kWh für Anlagen bis 50 kWel, 6 Cent/kWh für Anlagen zwischen 50 und 100 kWel und 5 Cent/kWh für Anlagen zwischen 100 und 250 kWel. Allerdings besteht der Anspruch nur noch für den in das allgemeine Stromnetz eingespeisten Strom, nicht mehr für den selbstgenutzten. Ausnahmen bilden kleine Anlagen, für die es 3 bis 4 Cent/kWh Zuschlag gibt. Auch die Förderdauer wurde angepasst: Kleine Anlagen mit bis zu 50 kWel werden 60.000 Vollbenutzungsstunden gefördert, größere wie bisher 30.000 Stunden.

Steuerrechtliche Besonderheiten

Energiesteuer

Zusätzlich gibt es für den Betrieb von Blockheizkraftwerken einen steuerlichen Anreiz. Die Energiesteuer wird (allerdings nur auf Antrag) zurückerstattet. Der Antrag wird beim Hauptzollamt gestellt. Voraussetzung ist allerdings, dass das BHKW einen Monats- oder Jahresnutzungsgrad von 70 Prozent aufweist. Dies muss nachgewiesen werden.

Umsatzsteuer

Auch hier gibt es einige Regelungen, die für Betreiber von BHKW wichtig sind. Zunächst gilt jeder,

der Strom aus dem eigenen BHKW in das öffentliche Netz einspeist, als Unternehmer. Das gilt zum Beispiel auch bei Photovoltaikanlagen. Daraus ergibt sich das Recht zum Vorsteuerabzug. Gleichzeitig muss aber für den eigengenutzten Strom Umsatzsteuer gezahlt werden.

Fördermöglichkeiten nach dem Mini-KWK-Gesetz

Mit der Mini-KWK-Richtlinie verbesserten sich seit dem 1. Januar 2015 für BHKW mit einer elektrischen Leistung von maximal 20 kW elektrisch die Förderkonditionen. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) hat die Förderung nicht nur angehoben, sondern zusätzlich Bonusförderungen für energieeffiziente Mini-KWK-Anlagen eingeführt. Außerdem wurden die Anforderungen hinsichtlich der technischen Umsetzung vereinfacht.

Es wurde ein Investitionszuschuss beschlossen, der sich nach der Höhe der elektrischen Leistung des BHKW richtet. Er wird für Anlagen gewährt, die nach dem 01.01.2015 in sogenannten Bestandsgebäuden installiert werden, Bestandsbauten sind Gebäude, für die ein Bauantrag bereits vor dem 1. Januar 2009

gestellt wurde. Die Förderung wird als Festbetrag durch nicht rückzahlbare Zuschüsse gewährt. Es kann neben einer Basisförderung auch eine Bonusförderung beantragt werden. Die Höhe des Zuschusses hängt von der elektrischen Leistung der Mini-KWK-Anlage ab. Die Basisförderung beträgt für Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 1 kW 1.900 Euro, für jedes weitere kW elektrisch bis zu einer Anlagengröße von 4kW 300 Euro, danach bis zu 10 kW elektrisch jeweils 100 Euro und bis zu einer Leistung von 20 kW elektrisch dann jeweils 10 Euro. Damit ergibt sich zum Beispiel für eine Anlage mit 2 kW elektrisch 2.200 Euro, mit 5 kW 2.900 Euro, mit 10 3.400 Euro und mit 20 kW 3.500 Euro Basisförderung.

Hinzu kommt für energieeffiziente Mini-KWK-Anlage eine Bonusförderung, die entweder als Wärmeeffizienz- oder Stromeffizienzbonus gewährt wird. Der Wärmeeffizienzbonus hat eine Höhe von 25 % auf die Basisförderung. Um diesen Zuschlag zu erhalten, müssen die Mini-KWK-Anlagen mit einem Abgaswärmetauscher zur Brennwertnutzung ausgestattet sein und zudem an ein hydraulisch abgeglichenes Heizungssystem angeschlossen werden. Die Bonusförde-

rung für die Stromeffizienz liegt bei sogar bei 60 % der Basisförderung. Dazu muss die KWK-Anlage einen besonders hohen elektrischen Wirkungsgrad erzielen, der für Anlagen bis 4 kW bei über 31 %, für Anlagen zwischen 4 und 10 kW elektrisch bei 33 % und Anlagen bis 20 kW elektrisch bei über 35 % liegen muss.

Möglichkeiten der Finanzierung über die KfW

Für BHKW ist vor allem das KfW-Programm 270 „Erneuerbare Energien – Standard“ interessant. Damit werden zinsgünstige Kredite für die Anschaffung von BHKW gewährt, wenn diese mit nachwachsenden Rohstoffen betrieben werden. Die Zinssätze richten sich nach der Bonität des Antragstellers, derzeit liegt er ab 1,05 Prozent effektiver Jahreszins (Stand: Januar 2019). Interessant sind die tilgungsfreien Anfangsjahre. Es werden bis zu 100 Prozent der Investition finanziert, Eigenmittel sind also nicht notwendig. Beantragt werden die Fördermittel der KfW über die Hausbank. Auch im Rahmen anderer Programme kann die Anschaffung eines BHKW gefördert werden. Einige Programme bieten sogar einen Tilgungszuschuss.



Checkliste „BHKW“

Blockheizkraftwerke werden ja im großen Rahmen, also in der Industrie und als Heizkraftwerk für ganze Viertel schon lange erfolgreich eingesetzt. Sie sind aber auch für kleinere Betriebe, Hotels, Fitness-Studios oder Krankenhäuser geeignet. Mit der Entwicklung von Mini- oder sogenannten Nano-BHKW findet die Technik als Strom produzierende Heizung Eingang in Ein- oder Mehrfamilienhäuser. Wer sich für ein BHKW interessiert, der kann anhand der folgenden Checkliste die richtige Entscheidung treffen.



Zunächst geht es ja darum festzustellen, ob das jeweilige Objekt für ein BHKW geeignet ist. Dabei hilft die Beantwortung folgender Fragen:

- *Wie hoch ist der Wärmebedarf?* – Dabei sollten unbedingt alle Wärmebedarfe berücksichtigt werden, also auch der Bedarf an Warmwasser für Bäder, ggf. Wasch- und Spülmaschinen, aber auch Sauna oder Pool. Die Heizlast lässt sich auch anhand der bisher verbrauchten Brennstoffe wie Öl oder Gas bewerten.
- *Wie hoch ist der Strombedarf?* – Beim BHKW fallen Wärme und Strom grundsätzlich gleichzeitig an. Um die notwendige Leistung abzuschätzen, muss deshalb auch der Verbrauch an elektrischer Energie gemessen werden.
- *Passt das derzeitige Heizungssystem zu einem BHKW?* – Dabei geht es darum, ob der vorhandene Heizkreis an die Temperaturen des BHKW angepasst werden kann und die Heizkörper weiter genutzt werden können.
- *Wie sieht die Jahresdauerlinie für den Wärmebedarf aus?* – Bei BHKW ein ganz entscheidender Punkt, da die Jahresdauerlinie über die Wirtschaftlichkeit des BHKW entscheidet. Bei der Darstellung der Jahresdauerlinie sollten aber zukünftige Änderungen (andere Verbraucher, Ausbauten etc.) berücksichtigt werden. Die Jahresdauerlinie zeigt in einem Diagramm, wie viel Stunden welche Leistung im Laufe des Jahres benötigt wird.
- *Darstellung der Jahresdauerlinie für den Strombedarf* – Sind Jahresdauerlinien für Strom- und Wärme vorhanden, können sie miteinander abgeglichen werden und es ist leicht zu erkennen, ob die Bedarfe sich zeitlich decken.
- *Soll beziehungsweise kann elektrische Energie eingespeist werden?* – Diese Möglichkeit macht ein BHKW auch dann interessant, wenn nicht der gesamte Strom selbst genutzt werden kann.
- *Mit welchem Brennstoff soll das BHKW betrieben werden?* – Ist beispielsweise ein Gasanschluss vorhanden oder soll Heizöl oder Biomasse genutzt werden?
- *Sind Veränderungen geplant, die die Wirtschaftlichkeit des BHKW infrage stellen?* – Wird das Objekt in Zukunft isoliert, neue Fenster eingebaut oder ist eine andere Nutzung geplant, dann kann der Wärmebedarf sinken und das BHKW wird nicht mehr wirtschaftlich betrieben.

- *Ist ein Aufstellort für das BHKW vorhanden?* – Zwar braucht ein Nano- oder ein Mini-BHKW nicht sehr viel Platz, aber es sollte ein Heizraum vorhanden sein. Zudem muss für entsprechenden Schallschutz gesorgt werden.
- *Ist Platz für eine Abgasleitung?* – Bei einem BHKW (außer bei Brennstoffzellen-BHKW) entstehen Emissionen, die über eine Abgasleitung abgeführt werden müssen. Nutzbar sind alte Schornsteine, in die eine Abgasleitung gelegt werden kann.
- *Ist die alte Heizung zur Abdeckung des Spitzenbedarfs geeignet?* – Bei einigen BHKW ist ein entsprechender Brenner integriert.
- *Sind zusätzliche Warmwasserspeicher notwendig?* – Dabe geht es auch um die Größe des Warmwasserspeichers, wenn dieser als Pufferspeicher dienen soll. Der Platzbedarf hierfür ist unbedingt zu beachten!

Eine Wirtschaftlichkeitsabschätzung wird auch, kostenpflichtig, von Fachberatern durchgeführt. Manche Fachbetriebe bieten diese aber ebenso im Rahmen des Angebots für ein BHKW an. Wenn anhand dieser Punkte klar ist, dass das BHKW im Objekt wirtschaftlich betrieben werden kann, dann sollten beim Einholen (von mindestens zwei bis drei) Angeboten und anschließend während der Installation und Inbetriebnahme folgende Punkte beachtet werden:

- *Haben die Anbieter Erfahrung mit BHKW?* – Am leichtesten lässt sich dies über Referenzobjekte feststellen.
 - *Werden Installation, Lieferung, Inbetriebnahme mit angeboten?* – Festpreise erleichtern die Vergleichbarkeit und schützen vor teuren Extras.
 - *Welches BHKW-Modell auswählen?* – Das optimale Modell hat für den jeweiligen Leistungsbedarf ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Bei kleinen Nano- oder Mini-BHKW ist die Auswahl angesichts des geringen Angebots allerdings nach wie vor eingeschränkt.
 - *Wie sieht es mit Fördermitteln aus?* – Für BHKW können bei dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle wie auch bei der KfW (dann über die eigene Hausbank) Fördermittel beantragt werden. Außerdem wird für eingespeisten Strom aus KWK-Anlagen eine Einspeisevergütung gezahlt. Das BAFA fördert nur solche BHKW, die in seiner Liste enthalten sind!
 - *Rechtliche Fragen klären* – BHKW müssen auf jeden Fall beim BAFA angemeldet werden. Je nach elektrischer Leistung sind hierfür bestimmte Verfahren vorgesehen. Zudem müssen BHKW auch beim Netzbetreiber angemeldet werden. Um später die Energiesteuer für die Brennstoffe zurückzuerhalten, muss ein Antrag bei der Zollbehörde gestellt werden. Mit der Novelle des KWK-Gesetzes gibt es gerade für Großanlagen erhebliche Änderungen, etwa eine Ausschreibungspflicht und veränderte Meldepflichten.
-



FAQ „BHKW“

Wir haben häufige Fragen zu Blockheizkraftwerken zusammengefasst.



Was genau meint Kraft-Wärme-Kopplung?

Mit der Kraft-Wärme-Kopplung wird bei Nutzung der Primärenergie gleichzeitig Strom (Kraft) und Wärme produziert. Die Idee dafür ist in großen Kraftwerken entstanden, in denen zentral Strom produziert wurde. Die Verluste betragen dabei aber bei alten Kraftwerken bis zu 70 %, bei neuen Kraftwerken immer noch gute 30 %. Wird nun die Abwärme genutzt, die bei der Stromerzeugung anfällt, sind die Verluste nur noch sehr gering, nämlich rund zehn Prozent. Und der Name ergibt sich aus der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme.

Wie wird der Wirkungsgrad eines BHKW berechnet?

Der Wirkungsgrad bedeutet zunächst grundsätzlich, wie viel Prozent des Energiegehalts des zugeführten Brennstoffs in Strom und Wärme umgesetzt werden. Bei der Berechnung des Wirkungsgrads eines Blockheizkraftwerks werden zwei Wirkungsgrade addiert. Einerseits wird der elektrische Wirkungsgrad berücksichtigt, der in kWel ausgedrückt wird (sprich: Kilowatt elektrisch).

Hinzu kommt der thermische Wirkungsgrad, ausgedrückt in kWtherm, Kilowatt thermisch. Die beiden Größen hängen sowohl vom Motor ab wie auch von der Größe des BHKW ab. Im Durchschnitt liegt der elektrische Wirkungsgrad bei rund 35 Prozent, der thermische Wirkungsgrad liegt zwischen 45 und 55 Prozent. So ergibt sich der Gesamtwirkungsgrad des BHKW von 85 bis über 90 Prozent.

Was ist netzgeführtes BHKW?

Netzgeführte BHKW werden vom Energieversorgungsunternehmen zentral gesteuert. Der Begriff hat also nichts mit den ähnlichen Begriffen wärme- oder stromgeführt zu tun. Es geht nicht um die Betriebsweise, sondern vielmehr um die Betriebsart. Netzgeführte BHKW werden vom Energieversorger zu einem virtuellen Netzwerk zusammengeschlossen. Alternativen zur Netzführung sind der sogenannte Inselbetrieb oder der Betrieb als Notstromaggregat. Der große Vorteil von netzgeführten BHKW ist die dezentrale Erzeugung der Elektrizität und die Flexibilität bei der Zuschaltung. Gerade bei den Schwankungen

durch erneuerbare Energien können netzgeführte BHKW zur notwendigen Stabilität bei der Stromversorgung beitragen.

Wie schnell amortisiert sich ein BHKW?

Die Amortisationszeit wird einfach berechnet, indem man die Investitionskosten durch die jährlichen Einsparungen addiert, die sich durch das BHKW im Vergleich mit der herkömmlichen Heizung ergeben. Die Amortisationszeit für ein BHKW, das nur die Grundlast abdeckt, liegt zwischen vier und sieben Jahren. Die Amortisationszeit kann je nach Kosten des BHKW und vor allem der Strompreisentwicklung allerdings auch deutlich länger ausfallen.

Lohnt sich ein BHKW für ein Einfamilienhaus?

Ein Blockheizkraftwerk kann sich auf jeden Fall auch für ein Einfamilienhaus lohnen. Das hängt unter anderem von der Größe der zu beheizenden Fläche, also dem Wärmebedarf, ab. Durch die Möglichkeit, den produzierten Strom ins öffentliche Netz einzuspeisen und hierfür eine Vergütung nach KWKG-Gesetz oder EEG zu beziehen, kann ein BHKW eine attraktive Möglichkeit im Einfamilienhaus darstellen. Außerdem haben sich die Hersteller mit immer kleineren BHKW auf die Anforderungen, die bei einem Einsatz in einem Ein- oder Zweifamilienhaus entstehen, eingestellt.

Ein großes Aber sollte dennoch berücksichtigt werden: In einem gut gedämmten Einfamilienhaus oder gar in einem Niedrigenergiehaus wird ein BHKW, auch ein Nano-BHKW, kaum auf die nötigen Betriebsstunden kommen und eher nicht wirtschaftlich sein. Eine Überlegung wert ist dann aber, sich mit den Nachbarn zusammenzutun und gemeinsam ein BHKW zu betreiben.

Ist ein BHKW als Ersatz für eine alte Heizung geeignet?

Ein BHKW sollte auf jeden Fall als Alternative in Betracht gezogen werden, wenn nur die Heizung saniert wird und keine anderen Maßnahmen geplant sind. Gerade wenn der Bedarf an Wärme gleichmäßig hoch ist, kann ein BHKW wirtschaftlich betrieben werden. In diesem Fall kann dann sogar der alte Heizkessel als sogenannter Spitzenlastkessel eingesetzt werden, der zugeschaltet wird, wenn der Bedarf an Wärme vom BHKW allein nicht gedeckt werden kann. BHKW sollten nicht überdimensioniert werden, das mindert die Wirtschaftlichkeit. Ein Nano-BHKW ist allerdings für den monovalenten Betrieb ausgelegt, d.h. es läuft gleichmäßig, die übrige Wärme wird Pufferspeichern zugeführt.

Was ist Contracting und lohnt sich Contracting für ein BHKW?

Contracting ist letztlich nur eine besondere Art der Vermietung: Der jeweilige Anbieter betreibt dann das BHKW, etwa in einem Betrieb, Krankenhaus oder auch in der Wohnungswirtschaft. Er kümmert sich dabei um alles: Investition, Wartung, Brennstoffe, Schornsteinfeger und so weiter. Dafür zahlen die Nutzer wie bisher bestimmte Beträge für Wärme und Strom, die im Vertrag festgelegt werden. Das Besondere beim Contracting: Nach Ablauf des Ver-

trags (üblicherweise zehn bis zwanzig Jahre) geht das Blockheizkraftwerk in den Besitz des Kunden über. Dieser kann dann das BHKW weiter nutzen, ohne dass er vorher investieren musste. Contracting wird inzwischen nicht nur für Mini-BHKW, sondern auch für Mikro-BHKW angeboten. Für den Contracting-Nehmer kann sich das BHKW-Contracting lohnen, weil er Strom und Wärme zu niedrigeren Kosten als die üblichen Marktpreise erhält und mit der Investition die Liquidität nicht gemindert wird. Das ist gerade für kleinere Unternehmen und Betriebe attraktiv.

Braucht man eine Genehmigung für die Aufstellung eines BHKW?

Für kleine BHKW ist keine Genehmigung erforderlich. Lediglich für Blockheizkraftwerke mit einer elektrischen Leistung über 50 kW muss eine Genehmigung eingeholt werden. Aber für jedes BHKW sollte unbedingt der Schornsteinfeger kontaktiert werden. Außerdem muss der Netzbetreiber informiert werden, wenn Strom ins Netz eingespeist wird.

Ist ein BHKW nicht zu laut für ein Einfamilienhaus?

In einem Einfamilienhaus kommt ja eher ein Mikro- beziehungsweise Nano-BHKW zum Einsatz. Die unter dem Schlagwort Strom produzierende Heizung angebotenen BHKW sind alle so schallgedämmt, dass sie auch für den Einsatz in einem Einfamilienhaus sehr gut geeignet sind. In einem geschlossenen Heizungskeller dürfte der Betrieb nicht stören. Die Geräuschentwicklung von rund 58 dB (A) entspricht ungefähr der einer (älteren) Geschirrspülmaschine. Möglich sind aber auch zusätzliche Schallschutzmaßnahmen wie Schallhauben oder Schalldämpfer.

Welcher Brennstoff ist am besten für ein BHKW?

Das kann man einfach nicht pauschal beantworten. Ideal ist Gas zum Beispiel, wenn sowieso ein Gasanschluss vor Ort liegt. Ist bereits ein Heizöl-Tank vorhanden, kann das BHKW mit Heizöl betrieben werden. Natürlich bieten sich nachwachsende Rohstoffe, Pflanzenöle oder Biogas aus Biomasse an, weil dann die Vergütung für den produzierten Strom nach EEG gezahlt wird. Diese ist höher als die „normale“ KWK-Vergütung. Zudem ist dann ein CO₂-neutraler Betrieb möglich.

Mit welchen Formalitäten ist bei der Installation eines Blockheizkraftwerks zu rechnen?

Vor der Installation eines BHKW sind die Formalitäten nicht allzu groß. Hier eine kurze Checkliste zu den anstehenden Formalitäten:

Genehmigung des BHKW beim Bauamt – Eine Genehmigung ist zwar nur erforderlich für große Anlagen. Das BHKW muss aber im Rahmen des Baurechts in einigen Ländern beantragt werden, wenn es auch vereinfachte Anträge dazu gibt.

Genehmigung laut Bundesimmissionsschutzgesetz – Je nach Größe und Schallemission (vorsichtshalber nachfragen).

Schornstein bzw. Abgasanlage – muss beim zuständigen Bezirksschornsteinfeger gemeldet werden und von diesem abgenommen werden.

Antrag auf Förderung bei dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) – muss VOR Vorhabensbeginn gestellt werden. (Gilt nicht für Anlagen unter 10 kWel)

Antrag auf vergünstigtes Darlehen oder Tilgungszuschüsse durch die KfW – auch diese müssen VOR Vorhabensbeginn gestellt werden.

Meldung an den Netzbetreiber über das BHKW – (Achtung, der Netzbetreiber ist nicht gleich Energieversorgungsunternehmen).

Antrag an den Netzbetreiber zur Stromeinspeisung – entweder nach KWK oder EEG (Wechsel ist nicht mehrfach möglich).

Antrag auf Energiesteuererstattung beim Hauptzollamt – bis zum 31. März des Folgejahres einreichen! (Seit April 2012 ausgesetzt)

Antrag auf Erstattung der Stromsteuer – erfolgt ebenso beim Hauptzollamt.



Bildnachweis und Impressum

Herausgeber

Anondi GmbH
Andreas Madel
Harthäuser Str. 85
89081 Ulm

info@heizsparer.de
<http://www.heizsparer.de>

Fotos

SOKRATHERM GmbH: S. 3
Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG: S. 8
Bosch Thermotechnik GmbH (Buderus): S. 9
SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH: S. 11
Fotolia.com: S. 13 (W-FOTO); S. 21 (DOC RABE)
Wolf GmbH: S. 15, 19

Grafiken

ASUE: S. 5, 7, 10, 17
SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH: S. 7
Peter Lehmacher (www.technik-verstehen.de): S. 6
C.A.R.M.E.N. e.V.: S. 18
Fotolia.com: S. 24 (Mindwalker); S. 26 (asiln)

Titelbild

Bosch Thermotechnik GmbH (Buderus)

Text / Redaktion: Carla Lützel

Layout / Umsetzung: Tanja Oesterlein - toest.design