

Mehrfach sparsam

Blockheizkraftwerke reduzieren den Verbrauch von Primärenergie

Blockheizkraftwerke (BHKW) nutzen die eingesetzte Energie optimal: Sie erzeugen sowohl Strom als auch Wärme und können so gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme bis zu 38 % Primärenergie einsparen.



1 – Blockheizkraftwerke wie die Buderus BHKW-Komplettmodule Loganova EN nutzen die eingesetzte Energie optimal.

In der Regel besteht ein BHKW im Wesentlichen aus einem gas- oder ölbetriebenen Verbrennungsmotor, der zur Stromproduktion einen luft- bzw. wassergekühlten Synchron- oder Asynchrongenerator antreibt. Im Motor (Arbeitsmaschine) wird chemische Energie (Kraftstoff) in mechanische Energie (Drehbewegung) umgewandelt. Die Transformation der mechanischen in elektrische Energie (Strom) erfolgt im Generator (Kraftmaschine). Dabei auftretende thermische Verluste werden größtenteils über Wärmetauscher an das Heizsystem übertragen.

Das Gesamtsystem BHKW erreicht Wirkungsgrade von mehr als 90 %, wovon etwa ein Drittel als elektrische und zwei Drittel als thermische Energie zur Verfügung stehen. Bei Anlagen mit Abgas-Brennwertwärmetauschern wie dem Loganova EN20 von Buderus werden Wirkungsgrade von mehr als 100 % (bezogen auf den Heizwert H_i bei niedriger Rücklauftemperatur) erreicht. Gegenüber einer getrennten Erzeugung von elektrischem Strom in einem Großkraftwerk und Wärme mit einem Heizkessel lassen sich mit der gekoppelten Energieerzeugung bis zu 38 % Primärenergie einsparen. Bild 2 verdeutlicht die Zusammenhänge des umweltfreundlichen Prinzips der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

Das konventionelle Energiesystem braucht demnach 62 % mehr Primärenergie als ein modernes BHKW, das das Gebäude gleichzeitig mit Wärme und Strom versorgt.

Zudem ist die CO_2 -Belastung der Atmosphäre durch die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung um 34 % geringer.

In erster Linie wärmegeführt

In der Regel decken Blockheizkraftwerke die Grundlast eines Gebäudes und werden wärmegeführt betrieben. Alternativ kann ein BHKW auch stromgeführt betrieben werden, wenn es in erster Linie Stromspitzen abfangen soll. In diesem Fall ist eine ausreichende Wärmeabfuhr über ein entsprechendes Speicher-

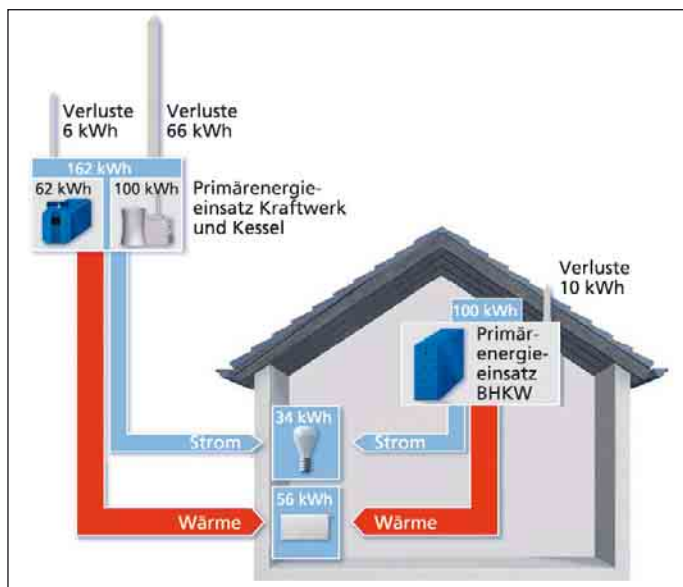
Mehrfach sparsam – auch bei der Steuer

In Deutschland gewähren auf Antrag die Hauptzollämter eine Steuerentlastung für Treibstoffe, die bei der gekoppelten Erzeugung von Kraft und Wärme in ortsfesten Anlagen mit einem Monats- oder Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 % eingesetzt werden (§ 53 Energiesteuergesetz, EnergieStG). Unter diese Regelung fallen kleine Strom erzeugende KWK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu 2 MW. Der Regelsteuersatz auf Erdgas beträgt dabei 5,50 €/MWh (§ 2 und 3 EnergieStG), für Heizöl 61,35 €/1.000 l. Unternehmen des produzierenden Gewerbes haben Anspruch auf eine Steuererstattung in Höhe von 40 % des Steuersatzes (§ 54 EnergieStG). Zusätzlich ist der im versorgten Objekt verbrauchte Strom steuerbefreit. Dies gilt auch für andere Objekte, die im gleichen Stromnetz liegen. Die Stromsteuer beträgt derzeit 2,05 ct/kWh.

management oder über Rückkühleinrichtungen nötig. Blockheizkraftwerke mit Synchrongeneratoren lassen sich zudem bei Netzausfall als Netzersatzanlage oder zur Inselversorgung ohne Anschluss an das öffentliche Netz einsetzen. Bei einem gleichzeitigen Kältebedarf kann man die Motorabwärme über Absorptionskälteanlagen zur Kühlung oder Klimatisierung verwenden. Grundsätzlich lohnt sich der Einsatz von BHKWs aus energetischer Sicht immer dann, wenn für ein Objekt gleichzeitig Wärme und Strom benötigt wird (Tabelle 1). Ein entsprechender ganzjähriger Bedarf ist beispielsweise in Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen, Hotels, Mehrfamilienhäusern, Einkaufszentren, Verwaltungsgebäuden, Sportstätten sowie teilweise in Industrie und Gewerbe vorhanden. Voraussetzung für die Rentabilität ist eine Auslastung der Anlage über mehrere tausend Betriebsstunden im Jahr. Je höher die Laufleistung, desto besser verteilen sich die Investitionskosten auf größere Strom- und Wärmemengen.

Kraft-Wärme-Kopplung wird gefördert

In den vergangenen Jahren haben sich die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Verwendung von KWK-Strom deutlich verbessert. Aufgrund der ökologischen Vorteile von BHKWs gegenüber konventioneller Wärme- und Stromerzeugung werden für die KWK-Technologie verschiedene Zuschüsse und Förderungen angeboten – z. B. das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG). Gemäß dem Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung sind die Netzbetreiber

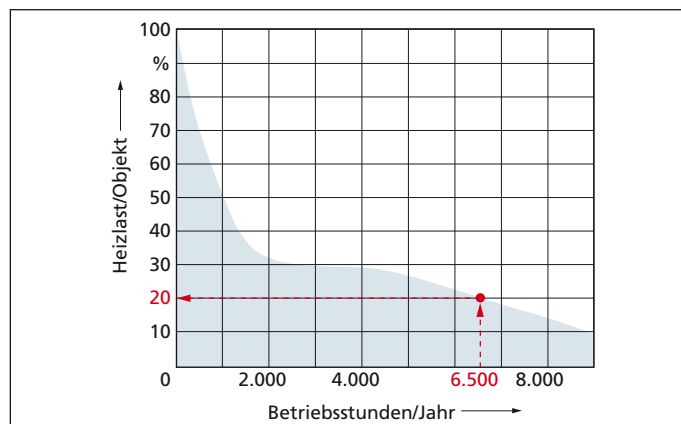


2 – Energiebilanz eines Blockheizkraftwerks im Vergleich zu getrennter konventioneller Energieversorgung aus Kraftwerk und Heizkessel

verpflichtet, Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung aufzunehmen und mit dem „marktüblichen Preis“ zu vergüten. Zusätzlich erhält der BHKW-Betreiber einen Zuschlag von bis zu 5,11 ct/kWh_{el} für den in KWK-Anlagen erzeugten Strom, unabhängig davon, ob dieser selbst genutzt oder eingespeist wird. Dieser Zuschlag muss beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) beantragt werden, er ist abhängig von der elektrischen Leistung des BHKWs sowie dem Datum der Inbetriebnahme.

Auslegung und Hydraulik

Ein BHKW sollte auf die thermische Grundlast eines Gebäudes ausgelegt werden, um möglichst lange Laufzeiten sicherzustellen. Je nach Anwendungsfall sind dies in der Regel zwischen 10 und 20 % der Kesselleistung. Die Wärmespitzen werden von



3 – Geordnete objektspezifische Jahresdauerlinie

einem Spitzenlastkessel, die Stromspitzen aus dem öffentlichen Netz abgedeckt. Diese Auslegung ermöglicht einen wirtschaftlichen Betrieb des BHKWs und gewährleistet in der Regel mehr als 6.000 Betriebsstunden pro Jahr.

Jedes zu versorgende Gebäude hat einen Wärmebedarf, der sich als so genannte „Geordnete Jahresdauerlinie“ (GJDL) grafisch darstellen lässt (Bild 3). Sie bildet die Planungsgrundlage, weil sie Auskunft darüber gibt, wie viele Stunden pro Jahr eine bestimmte thermische Leistung benötigt wird. Dargestellt ist der kumulierte Leistungsbedarf in Abhängigkeit von der jährlich benötigten Nutzungszeit dieser Leistung. Das dabei entstehende Flächenintegral stellt den Wärmebedarf pro Jahr dar.

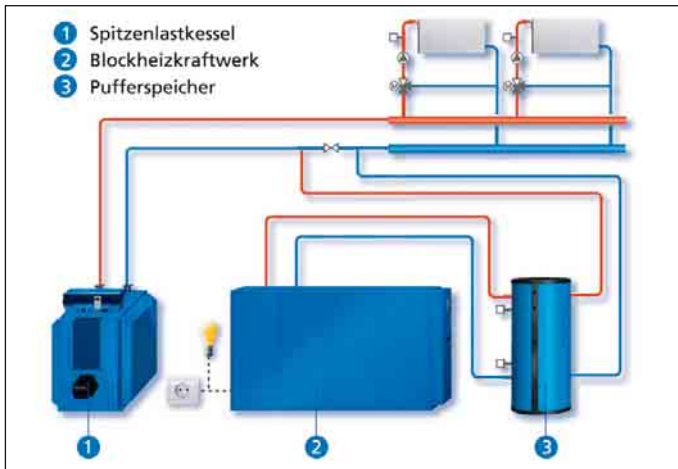
Hydraulisch sollte man ein BHKW vor dem Kessel im Anlagenrücklauf installieren. Um einen gleichmäßigen Betrieb sicherzustellen und ein Takten des BHKWs zu vermeiden, empfiehlt sich ein Heizwasserspeicher, der die thermische Leistung von einer Stunde Modullaufzeit puffern kann. Nur wenn die thermische Leistung des BHKWs zur Versorgung des Objekts nicht ausreicht und der Pufferspeicher leer ist, sollte der Spitzenlastkessel auf zunächst niedrigster Modulationsstufe zugeschaltet werden. Eine übergeordnete Regelung ist bei dieser Anlagen-

Tabelle 1

Prädestinierte Einsatzbereiche von Blockheizkraftwerken

Bereich	Beispiel	Bedarf			
		Wärme	Strom	Energiekosten	BHKW
Gebäudeheizung (Einzelversorgung)	Mehrfamilienhäuser	o	+	+	bedingt
	Hotels und Tagungsstätten	+	+	+	ja
	Gaststätten und Pensionen	+	+	+	bedingt
	Alten- und Pflegeheime	++	+	+	ja
Öffentliche Einrichtungen (Objektversorgung)	Verwaltungsgebäude	o	+	-	bedingt
	Sportstätten oder Schulen	o	o	-	bedingt
	Hallen- und Freibäder	+	+	+	ja
	Krankenhäuser	++	++	o	ja
Prozesswärme (industrielle Wärmeerzeugung)	Gewerbebetriebe	++	+	-	bedingt
	Industrie	++	+	--	bedingt
	Center	+	+	+	ja
	Absorptionskälte	+	o	+	ja
Nahwärme (Arealversorgung)	Nahwärmeversorgung	+	o	+	ja
	Reihenhäuser	o	o	+	bedingt
	Wohngebiete	+	+	+	ja

++ sehr hoch + hoch o bedingt - gering -- sehr gering



4 – Anlagenhydraulik und Funktionsweise des Loganova BHKW-Komplettsystems mit Pufferspeicher



5 – Die seitlichen Türen der neuen Buderus BHKW-Komplettmodule Loganova EN50 bis EN240 können vollständig abgenommen werden. Dies erleichtert Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten.

hydraulik nicht notwendig, jedoch können das BHKW und der Kessel von einer übergeordneten Regelung an- und abgewählt werden.

Vorgaben für den Aufstellraum

Im Aufstellraum des Blockheizkraftwerks muss jederzeit ausreichend Frisch- und Kühlluft zur Verfügung stehen. Die zur Verbrennung benötigte Zuluft sollte staubfrei und ohne Belastungen von Halogenen sein. Die Abluft wird in der Regel über einen Kanal ins Freie geblasen oder im Winter über eine elektronisch gesteuerte Umluftklappe zur Erwärmung des Aufstellraums genutzt. Je nach Aufstellort können zusätzliche Schallschutzmaßnahmen (Zu- und Abluftschalldämpfer) erforderlich sein. Für die Abgasabführung des BHKWs ist eine eigene, bauartzugelassene Abgasleitung erforderlich. Bei jedem Arbeitstakt drückt der Motor die Abgase mit Überdruck pulsierend in die Abgasleitung. Um Korrosionsschäden durch saures Kondenswasser zu vermeiden, muss die Abgasanlage kondenswasserfest sein. Die hohen Anforderungen an Schallemissionen lassen sich in der Regel nur durch einen oder mehrere Abgasschalldämpfer erfüllen.

Die Betriebsweisen eines Blockheizkraftwerks

Sofern das interne Versorgungsnetz eines Gebäudes mit dem öffentlichen Stromnetz mechanisch verbunden ist, spricht man von Netzparallelbetrieb. Der Strom wird vor allem für den Eigenbedarf verwendet und nur in Ausnahmefällen als Überschussstrom in das öffentliche Netz zurückgespeist. Module mit Synchrongeneratoren können bei Netzausfall auch als Netzersatzaggregate eingesetzt werden. Hierbei wird zwischen der

Ersatzstromversorgung als freiwillige Absicherung gegen Netzausfall und der behördlich vorgeschriebenen Sicherheitsstromversorgung unterschieden. Das Blockheizkraftwerk erkennt selbstständig den Ausfall, trennt sich vom Netz und übernimmt die Stromversorgung so lange, bis die Probleme im öffentlichen Netz behoben sind.

Weil auch im Netzersatzbetrieb Wärme erzeugt wird, muss diese über ein Kühlsystem oder einen Pufferspeicher abgenommen werden. Beim so genannten Inselnetz wird ein eigenständiges Stromversorgungsnetz installiert, das lokal auf ein Objekt begrenzt ist.

Was es kostet – was es bringt

Die normgerechte Berechnung der Kosten und der Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen nach den Richtlinien VDI 2067 und weitergehenden betriebswirtschaftlichen Berechnungen nach VDI 6025 auf Basis der Annuitätenmethode ermöglicht einen tatsächlichen Vergleich verschiedener Wärmeerzeugungssysteme.

Grundsätzlich wird zwischen der statischen und dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung unterschieden. Relativ sichere Aussagen über die Wirtschaftlichkeit einer Investition lassen sich bereits mit dem einfacheren statischen Verfahren treffen. Das detaillierte dynamische Verfahren gibt einen genauen Überblick über die zu erwartenden wirtschaftlichen Ergebnisse und berücksichtigt alle denkbaren Einflussparameter über den gesamten Betrachtungszeitraum.

Die Jahreskosten eines Blockheizkraftwerks ergeben sich aus der Summe der kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten.

Die kapitalgebundenen Kosten leiten sich aus den Investitionen für die gesamte BHKW-Anlage ab.

Unter verbrauchsgebundene Kosten fallen die Aufwendungen für Brennstoff und Hilfsenergie. Wartung, Inspektion und Instandsetzung zählen nach VDI 2067 in erster Linie zu den betriebsgebundenen Kosten. Für eine erste überschlägige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind bereits wenige Daten ausreichend: Art des Gebäudes, Wärme- und Strombedarf sowie die Brennstoff- und Strombezugskosten lassen Rückschlüsse auf die zu erwartende Wirtschaftlichkeit und die Amortisationszeit zu. Entscheidend für die Rentabilität ist die Energiepreisentwicklung. Das Verhältnis von Gas- zu Strompreis spielt neben Förderung und Einspeisevergütung des selbst genutzten Stroms die entscheidende Rolle. Grundsätzlich ist es sinnvoll, den Einfluss unterschiedlicher Parameter auf die Wirtschaftlichkeit eines BHKW im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse darzustellen. Dabei sollten Parameter betrachtet werden, die entweder in ihrer Ausprägung besonders unsicher sind oder einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage haben.

Wohin mit dem erzeugten Strom?

Die Entscheidung über Eigenverbrauch oder Netzeinspeisung des im BHKW erzeugten Stroms richtet sich nach der Höhe der Einspeisevergütung und dem Strompreis des Energieversorgungsunternehmens. Liegt der zu bezahlende Strompreis über der zu erwartenden Einspeisevergütung, sollte der erzeugte Strom möglichst vollständig selbst verbraucht werden. Kleine BHKW-Anlagen bis einschließlich 50 kW elektrische Leistung erhalten in diesem Fall einen Zuschlag gemäß KWKG in Höhe von 5,11 ct/kWh_{el}. Zusammen mit der Einspeisevergütung des Energieversorgers von durchschnittlich 4,75 ct/kWh_{el} kann eine Rückspeisung des Stroms in das Netz des EVUs wirtschaftlich sein. Bei einem BHKW mit 50 kW elektrischer Leistung summieren sich z. B. bei einer Laufzeit von 6.500 h/a die Einspeisentgelte über die Laufzeit auf 29.600 €/a.

Wartung und Service

Das BHKW ist, wie andere technische Anlagen auch, Verschleiß, Alterung, Korrosion sowie thermischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Deshalb müssen diese Anlagen – insbesondere der Verbrennungsmotor – in regelmäßigen Abständen überprüft werden. Diese betriebsgebundenen Kosten durch Inspektion, Wartung und Instandsetzung liegen je nach Anbieter und Modulgröße zwischen 1,0 und 4,0 ct/kWh_{el}. Die Wartungsintervalle liegen je nach Hersteller und Motorenkonzept zwischen 1.000 und 4.000 Betriebsstunden, teilweise sogar noch darüber. Bereits im Vorfeld einer Investitionsentscheidung sollten deshalb die Folgekosten in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einfließen. Diese umfassen nicht nur die Aufwendungen für die Inspektion und Wartung des BHKWs, sondern auch die Kosten für Schmieröl und für Instandsetzungsarbeiten.



Der Autor

Henry Braunwarth,
Produktmarketing Projektgeschäft,
Buderus Deutschland, Wetzlar

