

Sonderdruck  
TAB  
09/2009 BHKW

[ Luft ]

[ Wasser ]

[ Erde ]

[ Buderus ]

# Ein gemischtes Doppel für den Erfolg



Wärme ist unser Element

**Buderus**

#### Autor

Henry Braunwarth

Produktmarketing Projektgeschäft,  
Buderus Deutschland, Wetzlar



**Bild 1: BHKW wie die Buderus BHKW-Komplettmodule „Loganova EN“ nutzen die eingesetzte Energie optimal**

## Ein gemischtes Doppel für den Erfolg BHKW richtig planen und auslegen

**BHKW können gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme bis zu 38 % Primärenergie einsparen. Sie nutzen als gemischtes Doppel die eingesetzte Energie optimal, denn sie bieten mit Strom und Wärme zwei Energieformen an.**

In der Regel besteht ein BHKW im Wesentlichen aus einem gas- oder ölbetriebenen Verbrennungsmotor, der zur Stromproduktion einen luftbeziehungsweise 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 z. B. dem „Loganova EN20“ 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, welches 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

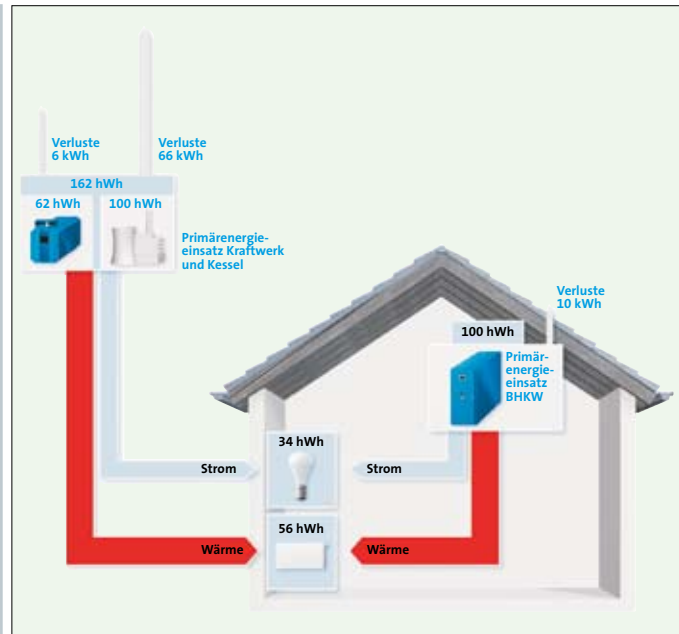
In der Regel decken BHKW die Grundlast eines Gebäudes ab und werden wärmegeführt betrieben. Alternativ kann ein BHKW auch stromgeführt betrieben werden, wenn es in erster Linie Stromspitzen

abfangen soll. In diesem Fall ist eine ausreichende Wärmeabfuhr über ein entsprechendes Speichermanagement oder über Rückkühlleinrichtungen nötig. BHKW mit Synchrongeneratoren lassen sich zudem bei Netzausfall als Netzersatzaggregate (NEA) 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.

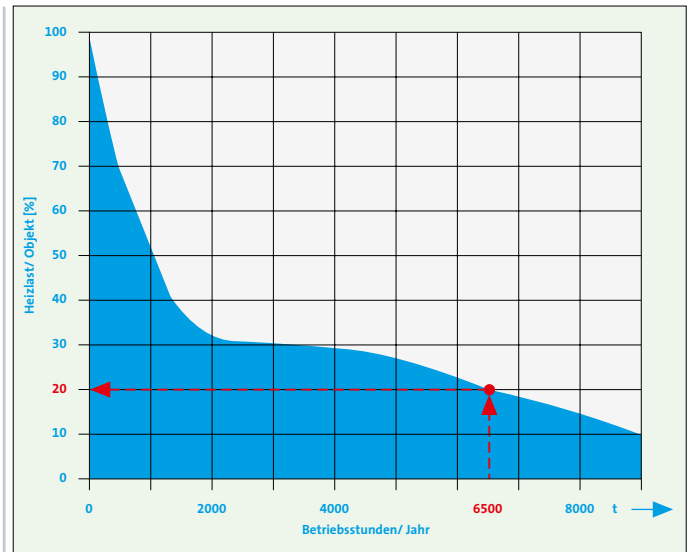
Grundsätzlich lohnt sich der Einsatz von BHKW aus energetischer Sicht immer dann, wenn für ein Objekt gleichzeitig Wärme und Strom benötigt wird. Ein entsprechender ganzjähriger Bedarf ist z. B. in Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen, Hotels, Mehrfamilienhäusern, Einkaufszentren, Verwaltungsgebäuden, 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.

#### 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 stromerzeugende 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 €/1000 l. Unternehmen des produzierenden Gewerbes haben Anspruch auf eine Steuererstattung in Höhe von 40 % des Steuersatzes (§ 54 EnergieStG). Zu-



**Bild 2: Energiebilanz eines BHKW im Vergleich zur getrennten konventionellen Energieversorgung aus Kraftwerk und Heizkessel**



**Bild 3: Geordnete objektspezifische Jahresdauerlinie**

sätzlich 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.

### Kraft-Wärme-Kopplung wird gefördert

Aufgrund der ökologischen Vorteile von BHKW gegenüber konventioneller Wärme- und Stromerzeugung werden für die KWK-Technologie verschiedene Förderungen angeboten – zum Beispiel das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG). Gemäß dem Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung sind die Netzbetreiber verpflichtet, Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung aufzunehmen und zu vergüten. Zusätzlich erhält der BHKW-Betreiber einen Zuschlag von bis zu 5,11 ct/kWh<sub>el</sub>. Dieser Zuschlag muss beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) beantragt werden, er ist abhängig von der elektrischen Leistung des BHKW sowie dem Datum der Inbetriebnahme.

Im Rahmen seiner Klimaschutzinitiative fördert das Bundesumweltministerium zudem Mini-KWK-Anlagen mit einer Basis- und Bonusstaffelung im Leistungsbereich bis 50 kW<sub>el</sub>. Voraussetzungen sind unter anderem, dass der Hersteller einen Vollwartungsvertrag anbietet, das Mini-BHKW einen Gesamtjahresnutzungsgrad von mindestens 80 % aufweist und mit einem integrierten Stromzähler ausgestattet ist. Die Anlage darf nicht in Fernwärmegebieten eingesetzt werden, die überwiegend aus KWK-Anlagen versorgt werden. Alle neuen Mini-KWK-Anlagen, die diese Anforderungen erfüllen, erhalten eine Basisförderung.

Weil kleinere Anlagen pro kW<sub>el</sub> höhere Anschaffungskosten haben, sind die Fördersätze dort am höchsten. Anlagen mit besonders geringer Umweltbelastung erhalten zusätzlich eine Bonusförderung. Die Schadstoffemissionen richten sich dabei nach den Vorgaben der gültigen Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft 2002) und müssen weniger als 50 % der Grenzwerte für Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und Kohlenmonoxide (CO) erreichen. Die Anforderungen zur Basis- und Bonusförderung erfüllen z. B. die Geräte „Loganova EN20“ und „Loganova EN50“.

### Auslegung und Hydraulik

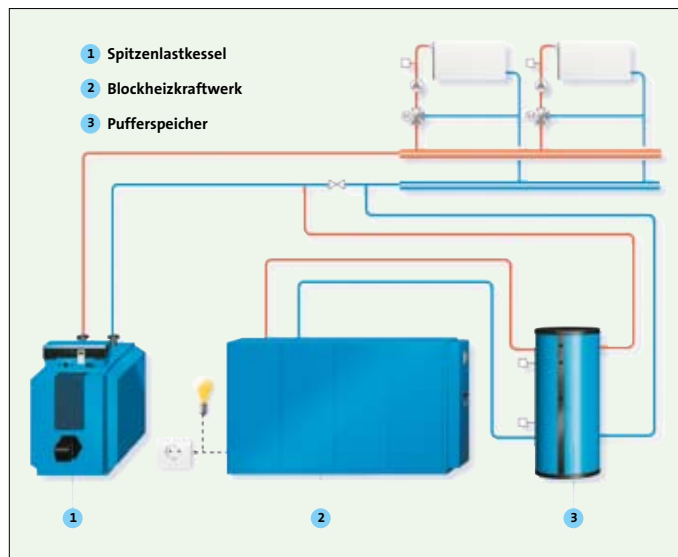
Ein BHKW sollte auf die thermische Grundlast eines Gebäudes ausgelegt werden, um möglichst lange Laufzeiten sicherzustellen. Je nach Anwendungsfall sind dies in der Regel zwischen 10 und 20 % der Kesselleistung. Die Wärmespitzen werden von einem Spitzenlastkessel, die Stromspitzen aus dem öffentlichen Netz abgedeckt. Diese Auslegung ermöglicht einen wirtschaftlichen Betrieb des BHKW und erlaubt in der Regel mehr als 6000 Bh/a.

Jedes zu versorgende Gebäude hat einen Wärmebedarf, der sich als sogenannte „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 BHKW zu vermeiden, empfiehlt sich ein Heizwasserspeicher, der die thermische Leistung von einer Stunde Modullaufzeit puffern kann. Nur wenn die thermische Leistung des BHKW 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 Anlagenhydraulik nicht notwendig, jedoch können das BHKW und der Kessel von einer übergeordneten Regelung an- und abgewählt werden.

### Vorgaben für den Aufstellraum

Im Aufstellraum des BHKW 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 Aufstellraumes genutzt. Je nach Aufstellort können zusätzliche Schallschutzmaßnahmen (Zu- und Abluftschalldämpfer) erforderlich sein.



**Bild 4:** Die Anlagenhydraulik und Funktionsweise eines BHKW-Komplettsystems mit Pufferspeicher am Beispiel „Loganova“



**Bild 5:** Die seitlichen Türen der BHKW-Komplettsysteme „Loganova EN50“ bis „EN240“ können vollständig abgenommen werden – dies erleichtert Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten.

Für die Abgasabführung des BHKW 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 BHKW

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. Das BHKW 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.

### Kosten-/Nutzenbetrachtung

Die Berechnung der Kosten und der Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen nach den Richtlinien VDI 2067 und 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 BHKW 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 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.

### 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 EVU. 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<sub>el</sub> erhalten in diesem Fall einen Zuschlag gemäß KWKG in Höhe von 5,11 ct/kWh<sub>el</sub>. Zusammen mit der Einspeisevergütung des Energieversorgers von etwa 6,00 ct/kWh<sub>el</sub> kann eine Rückspeisung des Stroms in das Netz des EVU wirtschaftlich sein. Bei einem BHKW mit 50 kW<sub>el</sub> summieren sich zum Beispiel bei einer Laufzeit von 6500 h/a die Einspeisungsgelte über die Laufzeit auf 36 000 €/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 Hersteller und Modulgröße zwischen 1,0 und 4,0 ct/kWh<sub>el</sub>. Die Wartungsintervalle liegen je nach Hersteller und Motorenkonzept zwischen 1000 und 4000 Bh, teilweise sogar noch darüber. Bereits im Vorfeld einer Investitionsentscheidung sollten deshalb die Folgekosten in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einfließen. Diese umfassen nicht nur die Kosten für die Wartung des BHKW, sondern auch die Kosten für Schmieröl und für Instandsetzungsarbeiten.