

# Kraft-Wärme-Kopplung senkt Klinikskosten

Krankenhäuser sind geradezu prädestiniert für den Einsatz von Blockheizkraftwerken (BHKW). Denn wie in kaum einem anderen Gebäude herrscht dort rund um die Uhr, tagein, tagaus ein konstant hoher Bedarf an Energie – Wärme wie Strom. Bei der sogenannten Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugen Verbrennungsmotoren elektrische Energie; die Abgas- und Motorabwärme nutzen sie zugleich zur Warmwasserbereitung und zum Heizen. Das macht sie besonders effizient. Wie effizient und wie viel Geld Krankenhäuser tatsächlich sparen können, zeigt die folgende Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Ein Krankenhaus mit 200 Betten, hat jährlich Stromkosten in Höhe von 300.000 Euro – gemäß VDI-Wirtschaftlichkeitsberechnung. Für die Wärmeerzeugung über herkömmliche Erdgasheizkessel sind weitere 326.000 Euro fällig. Ein Blockheizkraftwerk senkt diese Kosten deutlich um fast 20 Prozent und reduziert auch noch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

Der Gesetzgeber fördert solche Anlagen. Durch Kombination aus Förderung und Energiekosteneinsparung amortisieren sich BHKWs in der Regel schon nach drei bis fünf Jahren. Daran wird auch die Einschränkung des Eigenstromprivilegs von 2015 an nichts ändern. Für den selbst erzeugten und genutzten Strom erhebt der Gesetzgeber zum 01.08.2014 eine Umlage gemäß des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2014). Bis Ende 2015 sollen zunächst 30 Prozent der jeweils gültigen Umlage, bis Ende 2016 dann 35 Prozent und ab 2017 40 Prozent fällig werden. Entscheidend ist jeweils der Zeitpunkt des Stromverbrauchs. In diesem Jahr müssen Anlagenbetreiber entsprechend knapp 1,9 Cent je kWh zusätzlich zahlen. In der Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die EEG-Umlage bereits mit 40 Prozent über die Laufzeit berücksichtigt.

## Zeitgemäßes Energiemanagement

Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen werden auf Basis des Wärmebedarfs so dimensioniert, dass das BHKW möglichst rund um die Uhr läuft und so permanent Strom abgibt. Das BHKW liefert somit lediglich die Wärmegrundlast – zirka 10 bis 30 Prozent der Spitzenlast an kalten Tagen – und schaltet nicht laufend ab, weil die Solltemperatur im Heizsystem erreicht ist. Die darüber hinaus benötigte Wärmeleistung kommt vom Spitzenlastkessel. Gemeinsam mit dem BHKW bildet dieser dann eine sogenannte bivalente Anlage.

Mit so einer bivalenten Anlage lassen sich Laufzeiten von 6.000 bis 8.000 Betriebsstunden pro Jahr erzielen (der Wirtschaftlichkeitsberechnung liegen 6.000 Stunden zugrunde). Damit deckt das Blockheizkraftwerk (1) etwa 40 bis 60 Prozent der Heizwärme und zirka 40 bis 70 Prozent des Strombedarfs ab. Oberhalb der maximalen beziehungsweise unterhalb der minimalen ther-

mischen Leistung des BHKWs springt wie erläutert der Spitzenlastkessel (3) ein. Durch den Pufferspeicher (2) kann darüber hinaus die Bereitstellung von Wärme etwas unabhängiger vom momentanen Bedarf gestaltet werden. In der Praxis empfiehlt sich eine Auslegung des zusätzlichen Heizkessels auf 100 Prozent des Wärmebedarfs, damit auch bei Wartungsarbeiten am BHKW die Versorgungssicherheit und damit die Wärmebereitstellung gewährleistet sind.

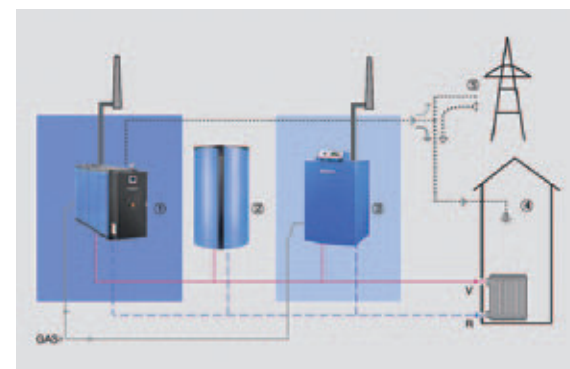


Abbildung 01: Hydraulisches Schema einer bivalenten Wärmeerzeugung aus Buderus Blockheizkraftwerk Loganova und Spitzenlastkessel. Grafik: Buderus

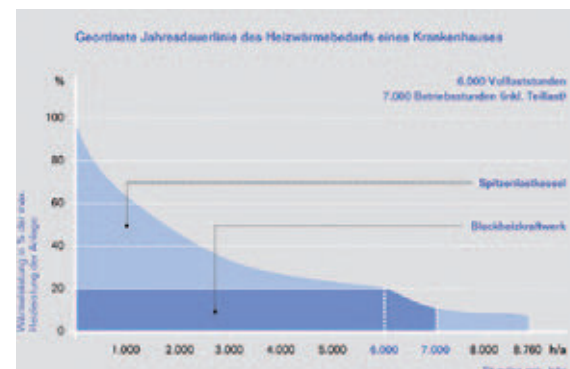


Abbildung 02: Heizwärmebedarf eines Krankenhauses. Die Wärmegrundlast beläuft sich auf 20 Prozent der maximal erforderlichen Heizlast. Grafik: Buderus



## Wirtschaftlichkeit zählt

Für die Investitionsentscheidung ist die Wirtschaftlichkeit eines BHKWs das wichtigste Kriterium. Berechnet nach der VDI-Richtlinie 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“ setzen sich die finanziellen Belastungen aus der Summe von kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten zusammen. Kapitalgebundene Kosten (Zinsen, Tilgung, Abschreibungen) leiten sich aus den Investitionen für die Gesamtanlage ab. Unter verbrauchsgebundene Kosten fallen die Brennstoff- und Hilfsenergiekosten. Inspektion, Wartung und Instandsetzung sowie Ausgaben für Versicherungen und das Überwachen fallen unter die betriebsgebundenen Kosten.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung bezieht alle Kosten ein, die durch die Energieversorgung mit einem Blockheizkraftwerk und Spitzenlastkessel oder den Betrieb einer monovalenten Anlage entstehen – bezogen auf ein Krankenhaus mit 200 Betten. Hierbei sind folgende Richtwerte zugrunde gelegt:

Energiedaten:	Wärme	Strom
spezifischer Energiebedarf	25 MWh <sub>Hi</sub> /(Bett/a)	10 MWh/(Bett/a)
jährlicher Energiebedarf	5.000 MWh <sub>Hi</sub> /a	2.000 MWh/a
Vollbenutzungsstunden (Richtwert)	2.400 h/a	4.000 h/a
maximale Leistung	2.000 kW	500 kW
Arbeitspreis (Gas / Strom)	0,05 €/kWh <sub>Hs</sub>	0,15 €/kWh

$$H_i = \text{Heizwert} / H_s = \text{Brennwert}$$

Aufgrund dieser Energiedaten und der beschriebenen Dimensionierungshilfe bietet sich ein Blockheizkraftwerk wie das Loganova EN240 von Buderus an. Es verfügt über 240 kW elektrische und 374 kW thermische Leistung. Der Brennstoffeinsatz (hier Erdgas) beläuft sich auf 669 kWh<sub>Hi</sub>. Unter der Annahme von 6.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr teilen sich diese auf in 5.000 Stunden Strom-Eigenverbrauch und 1.000 Stunden Einspeisung ins öffentliche Netz.

Als Investitionssumme für das Loganova-Blockheizkraftwerk schlagen 200.000 Euro zu Buche. Darüber hinaus sind zusätzliche Kosten für Zubehör, Peripherie, Einbindung und Planung berücksichtigt. Daraus resultiert eine Gesamtinvestition in Höhe von 320.000 Euro.

Die Bestimmung der Kapitalkosten und die Festlegung der Zinssätze erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 6025 „Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen“. Daraus gehen folgende Werte hervor:

Kopfdaten	Wert
Investition (I)	320.000,- €
Zinssatz (p)	5 % / a
Zinsfaktor (q)	1,05
Nutzungsdauer (n)	10 a
Annuitätenfaktor (a)	1,1295

Zur Ermittlung der Endenergien (Brennstoffverbrauch) bei Bestandsanlagen rechnet man zunächst die Nutzenergie von Heizwert  $H_i$  auf Brennwert  $H_s$  über das Verhältnis 1,11 um und teilt den neuen Wert anschließend durch den Jahresnutzungsgrad des Heizkessels (Annahme 85 Prozent).

Endenergiearten	Objekt
Endenergiebedarf Erdgas	$= (5.000.000 \text{ kWh}_{Hi}/a \times 1,11) / 0,85 = 6.529.410 \text{ kWh}_{Hs}/a$
Endenergiebedarf Strom	$= 2.000.000 \text{ kWh}/a$

Betriebsgebundene Kosten der Kesselanlagen fallen sowohl bei monovalenten als auch bivalenten Anlagen in nahezu gleicher Höhe an und bleiben daher unberücksichtigt. Mit dem Endenergiebedarf lassen sich nun die jährlichen verbrauchsgebundenen Energiekosten ermitteln:

Verbrauchsgebundene Kosten	Heizkessel (monovalente Anlage)
Erdgasbezugskosten	$= 6.529.410 \text{ kWh}_{Hs}/a \times 0,05 \text{ €/kWh}_{Hs} = 326.470 \text{ €/a}$
Strombezugskosten	$= 2.000.000 \text{ kWh}/a \times 0,15 \text{ €/kWh} = 300.000 \text{ €/a}$
<b>Gesamtkosten</b>	$= 326.470 \text{ €/a} + 300.000 \text{ €/a} = 626.470 \text{ €/a}$

Energieerzeugung und -verbrauch	des Blockheizkraftwerks
Brennstoffeinsatz	$= 6.000 \text{ h/a} \times 669 \text{ kW}_{Hi} = 4.014.000 \text{ kWh}_{Hi}/a$
Wärmeerzeugung	$= 6.000 \text{ h/a} \times 374 \text{ kW}_{Hi} = 2.244.000 \text{ kWh}_{Hi}/a$
Stromerzeugung (Eigenverbrauch)	$= 5.000 \text{ h/a} \times 240 \text{ kW} = 1.200.000 \text{ kWh}/a$
Stromerzeugung (Einspeisung)	$= 1.000 \text{ h/a} \times 240 \text{ kW} = 240.000 \text{ kWh}/a$
Wärmedeckungsanteil	$= (2.244.000 \text{ kWh}_{Hi}/a / 5.000.000 \text{ kWh}_{Hi}/a) \times 100 \% = 45 \%$
Stromdeckungsanteil	$= (1.200.000 \text{ kWh}/a / 2.000.000 \text{ kWh}/a) \times 100 \% = 60 \%$

Steuereinsparungen, Umlagen und Entgelte begünstigen wesentlich die Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken. Nach dem Energiesteuerrecht hat der Betreiber eines BHKW Anspruch auf Erstattung der zuvor entrichteten Erdgassteuer, also auf das eingesetzte Erdgas (0,55 ct/kWh<sub>Hs</sub>). Zudem erhält er für den im BHKW erzeugten Strom eine Förderung entsprechend dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG). Bei einer elektrischen Leistung von 240 kW beläuft sich dieser sogenannte KWKG-Zuschlag auf ca. 4,3 ct/kWh.

Für die in das öffentliche Netz eingeleitete Elektrizität erhält das Krankenhaus vom Energieversorgungsunternehmen eine Einspeisevergütung. Sie bemisst sich nach den durchschnittlichen Quartalspreisen für den an der Leipziger Energiebörse EEX gehandelten Strom. Im Durchschnitt sind es ca. 4,0 ct/kWh. Darüber hinaus vergütet der Netzbetreiber sogenannte vermiedene Netznutzungsentgelte (vNNE) in Höhe von ca. 1,0 ct/kWh. Das Versorgungsunternehmen honoriert dabei, dass die dezentrale Stromerzeugung die vorgelagerten Stromnetze entlastet.

Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten	Heizkessel mit Blockheizkraftwerk (bivalente Anlage)
<b>Ausgaben:</b>	
Reststrombezug (öffentliches Netz)	$= 800.000 \text{ kWh}/a \times 0,15 \text{ €/kWh} = 120.000 \text{ €/a}$
Wärmespitze (nur Heizkessel)	$= (2.756.000 \text{ kWh}_{Hi}/a / 0,85) \times 1,11 \times 0,05 \text{ €/kWh}_{Hs} = 179.950 \text{ €/a}$
Gaskosten (nur Blockheizkraftwerk)	$= 4.014.000 \text{ kWh}_{Hi}/a \times 1,11 \times 0,05 \text{ €/kWh}_{Hs} = 222.777 \text{ €/a}$
Servicekosten (nur Blockheizkraftwerk)	$= 3,40 \text{ €/h} \times 6.000 \text{ h/a} = 20.400 \text{ €/a}$
EEG Umlage (Annahme 40 %)	$= 0,025 \text{ €/kWh} \times 240 \text{ kW} \times 5000 \text{ h/a} = 30.000 \text{ €/a}$
<b>Σ Ausgaben</b>	<b>= 573.127 €/a</b>
<b>Einnahmen:</b>	
Vergütung Stromerzeugung	$= 240.000 \text{ kWh}/a \times 0,04 \text{ €/kWh} = 9.600 \text{ €/a}$
KWK Zulage (über Nutzungsdauer)	$= (30.000 \text{ h} \times 240 \text{ kW} \times 0,04294 \text{ €/kWh}) / 10a = 30.915 \text{ €/a}$
Vergütung Netznutzungsentgelt (vNNE)	$= 240 \text{ kW} \times 1.000 \text{ h/a} \times 0,01 \text{ €/kWh} = 2.400 \text{ €/a}$
Rückerstattung Energiesteuer	$= 4.014.000 \text{ kWh}_{Hi}/a \times 1,11 \times 0,0055 \text{ €/kWh}_{Hs} = 24.505 \text{ €/a}$
<b>Σ Einnahmen</b>	<b>= 67.420 €/a</b>
<b>Gesamtkosten</b>	<b>= 573.127 €/a - 67.420 €/a = 505.707 €/a</b>

### Kostenvorteil von rund 1,2 Millionen Euro

Gesamtbilanz	
Gesamtkosten ohne Blockheizkraftwerk	$= 626.470 \text{ €/a}$
Gesamtkosten mit Blockheizkraftwerk	$= 505.707 \text{ €/a}$
<b>Gesamtkostenersparnis</b>	<b>= 626.470 €/a - 505.707 €/a = 120.763 €/a</b>
<b>Kapitalkosten über Nutzungsdauer (n)</b>	<b>= 320.000 € x 1,1295 = 361.440 €</b>
<b>Amortisation</b>	<b>= 361.440 € / 120.763 €/a ≈ 3,0 a</b>

Die dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung erweist sich in dem beispielhaft dargestellten Krankenhaus als wirtschaftlich besonders attraktiv. Bei einer Amortisationszeit von zirka drei Jahren liegen die Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung klar auf der Hand. Nach Ablauf des Nutzungszeitraums von zehn Jahren hat die bivalente Anlage einen Gesamtkostenvorteil in Höhe von rund 1,2 Millionen Euro erzielt. Dieses Ergebnis prägen im Wesentlichen die hohen Stromarbeitspreise, die aufgrund der Eigenerzeugung der elektrischen Energie im BHKW nicht voll durchschlagen.

### CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduzieren

Im Vergleich zu monovalenten Anlagen verringert sich durch den Betrieb eines Blockheizkraftwerks auch die CO<sub>2</sub>-Emission. Um die Höhe der Einsparung zu ermitteln, basiert die Berechnung auf folgenden spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für Erdgas und Strommix nach GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme):

Energieträger	Erdgas	Strommix
Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren	0,239 kg/kWh <sub>Hs</sub>	0,576 kg/kWh

Heizkessel (monovalente Anlage)	
CO <sub>2</sub> -Emission (Erdgas)	$= 6.529.410 \text{ kWh}_{Hs}/a \times 0,239 \text{ kg/kWh}_{Hs} = 1.560 \text{ t/a}$
CO <sub>2</sub> -Emission (Strom, Netzbezug)	$= 2.000.000 \text{ kWh}/a \times 0,576 \text{ kg/kWh} = 1.152 \text{ t/a}$
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen (monovalent)</b>	<b>= 1.560 t/a + 1.152 t/a = 2.712 t/a</b>

Heizkessel mit Blockheizkraftwerk (bivalente Anlage)	
CO <sub>2</sub> -Emission (Erdgas, Heizkessel)	$= (2.756.000 \text{ kWh}_{Hi}/a / 0,85) \times 1,11 \times 0,239 \text{ kg/kWh}_{Hs} = 860 \text{ t/a}$
CO <sub>2</sub> -Emission (Erdgas, Blockheizkraftwerk)	$= 4.014.000 \text{ kWh}_{Hi}/a \times 1,11 \times 0,239 \text{ kg/kWh}_{Hs} = 1.065 \text{ t/a}$
CO <sub>2</sub> -Emission (Strom, Netzbezug)	$= 800.000 \text{ kWh}/a \times 0,576 \text{ kg/kWh} = 461 \text{ t/a}$
CO <sub>2</sub> -Vermeidung (Strom, Einspeisung)	$= 240.000 \text{ kWh}/a \times 0,576 \text{ kg/kWh} = 136 \text{ t/a}$
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen (bivalent)</b>	<b>= 806 t/a + 1.065 t/a + 461 t/a - 136 t/a = 2.196 t/a</b>

Emissionsbilanz	
CO <sub>2</sub> -Minderung (absolut)	$= 2.712 \text{ t/a} - 2.196 \text{ t/a} = 516 \text{ t/a}$
CO <sub>2</sub> -Minderung (prozentual)	$= 1 - (2.196 \text{ t/a} / 2.712 \text{ t/a}) \times 100 \% = 19 \%$

Durch den Einsatz einer modernen KWK-Anlage wie der Buderus Loganova EN240 in einem Krankenhaus mit 200 Betten lassen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen folglich um 516 Tonnen pro Jahr senken. Das entspricht einer Minderung von fast 20 Prozent. Blockheizkraftwerke haben also nicht nur aus wirtschaftlicher Sicht einiges zu bieten. Zusammen mit dem enormen Kostenvorteil spricht deshalb viel für den Einsatz solcher Anlagen in klinischen Einrichtungen.



Buderus Deutschland  
 Bosch Thermotechnik GmbH  
 Sophienstraße 30-32  
 35576 Wetzlar  
 Tel.: 06441-418-0  
 E-Mail: info.gesundheitswesen@buderus.de  
 www.buderus.de/gesundheitswesen