

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit fossilen Brennstoffen

Um eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK-Anlage) wirtschaftlich betreiben zu können, muss folgendes beachtet werden. Bedingt durch den schlechteren thermischen Wirkungsgrad einer KWK-Anlage gegenüber einem Heizkessel ist für die Bereitstellung der gleichen Wärmeleistung ein höherer Brennstoffeinsatz notwendig. Die daraus resultierenden höheren Brennstoffkosten und die Investitionskosten müssen über den eingesparten Strombezug und/oder die Einspeisevergütung refinanziert werden. Zusätzlich ist noch eine Entlastung von der Energiesteuer für den eingesetzten Brennstoff in der KWK-Anlage möglich.

Überwiegend kommen als KWK-Anlagen Blockheizkraftwerke (BHKW) zu Einsatz. Bei sehr hohen Strom- und Wärmebedarf bzw. Dampfbedarf oberhalb einer Leistung von 500 kW werden auch Gasturbinen eingesetzt.

Im folgenden soll nur auf den Einsatz von BHKW näher eingegangen werden, da hier ein Großteil der Anwendungsfälle liegt.

Die spezifischen Kosten für ein BHKW liegen im Bereich zwischen 500 und 1.500 EUR pro installierte Kilowatt elektrische Leistung. In der folgenden Übersicht sind einige spezifische und BHKW-Modul-Kosten beispielhaft für ein mit Erdgas betriebenes BHKW aufgelistet.

Elektrische Leistung BHKW	Spezifische Kosten	BHKW-Modul-Kosten <sup>1</sup>
30 kW	ca. 1.500 €/kW <sub>el</sub>	45.000 €
50 kW	ca. 1.200 €/kW <sub>el</sub>	60.000 €
100 kW	ca. 950 €/kW <sub>el</sub>	95.000 €
200 kW	ca. 760 €/kW <sub>el</sub>	152.000 €
500 kW	ca. 560 €/kW <sub>el</sub>	280.000 €
1.000 kW	ca. 450 €/kW <sub>el</sub>	450.000 €

Tabelle 1: Preisübersicht spez. Kosten und BHKW-Modul-Kosten

Die Preise in der Übersicht beinhalten keine Mehraufwendungen für bauliche Maßnahmen.

<sup>1</sup> Enthalten sind die Positionen BHKW-Modul, Schalldämpfung, Katalysator, Schmierölver- und -entsorgung, Schaltschrank, Be- und Entlüftung sowie Transport, Montage, Inbetriebnahme, Probetrieb und Abnahme. Quelle: Broschüre „BHKW-Kenndaten 2011“ der ASUE und des Energiereferates der Stadt Frankfurt

Die jährlichen Betriebsstunden eines BHKW sind das wichtigste Entscheidungskriterium für den wirtschaftlichen Einsatz. Je nach Größe des BHKW liegen diese erfahrungsgemäß bei mindestens 4.000 h/a für größere Anlagen und für Kleinere bei 6.000 h/a. Da ein Jahr etwa 8.760 Stunden hat, liegt die Hürde für eine Wirtschaftlichkeit relativ hoch. Daher werden BHKW für die Abdeckung der Grundlast des Wärmebedarfs eingesetzt. Für Spitzenlasten wird weiterhin ein zusätzlicher Wärmeerzeuger benötigt. Für den erzeugten Strom ist in der Regel innerhalb des Objektes immer ein Bedarf vorhanden. Wenn nicht, ist auch eine Einspeisung in des Netz des Energieversorgers mit einer entsprechenden Vergütung möglich. Problematisch wird es beim ganzjährigen Wärmebedarf.

Bei Produktionsbetrieben die Prozesswärme bis zu einem Temperaturniveau von 80°C benötigen - in größeren Leistungsklassen gibt es auch Heißwasser-BHKW die bis zu 130°C liefern können - kann die thermische Leistung des BHKW an den Prozesswärmebedarf angelehnt werden. Wird bei der Abwärmenutzung des BHKW ein Abhitzeessel in den Abgasstrom eingesetzt, ist auch eine Dampferzeugung bis zu 6 bar Sattdampf möglich. (Bild 1)

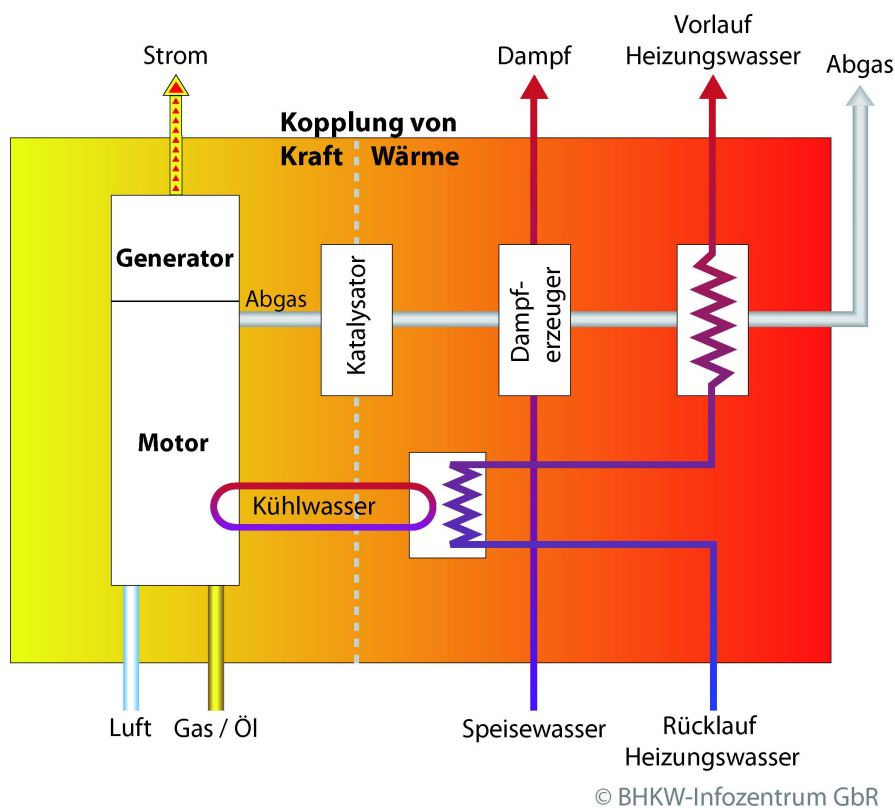


Bild 1: KWK mit Dampferzeugung

Bei Objekten ohne Prozesswärme orientiert sich die Größe eines BHKW an den Wärmebedarf für die Raumwärme und die Brauchwassererzeugung. Am einfachsten kann über eine geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs die thermische Leistung eines BHKW bestimmt werden. Liegen diese Daten nicht vor, kann grob über den monatlichen Gas- bzw. Ölverbrauch die Leistung

eines BHKW abgeschätzt werden. Liegen nur Jahreswerte für den Wärmebedarf vor, ist eine Abschätzung nicht zu empfehlen, da dieses mit sehr vielen Risiken verbunden ist. Hier sollten über Messungen oder Zählerablesungen in den verbrauchsschwachen Zeiten zu erst Daten erhoben werden.

Eine Jahresdauerlinie stellt den (kumulierten) Leistungsbedarf eines Versorgungsobjektes in Abhängigkeit von der jährlich benötigten Nutzungszeit dieser Leistung dar.

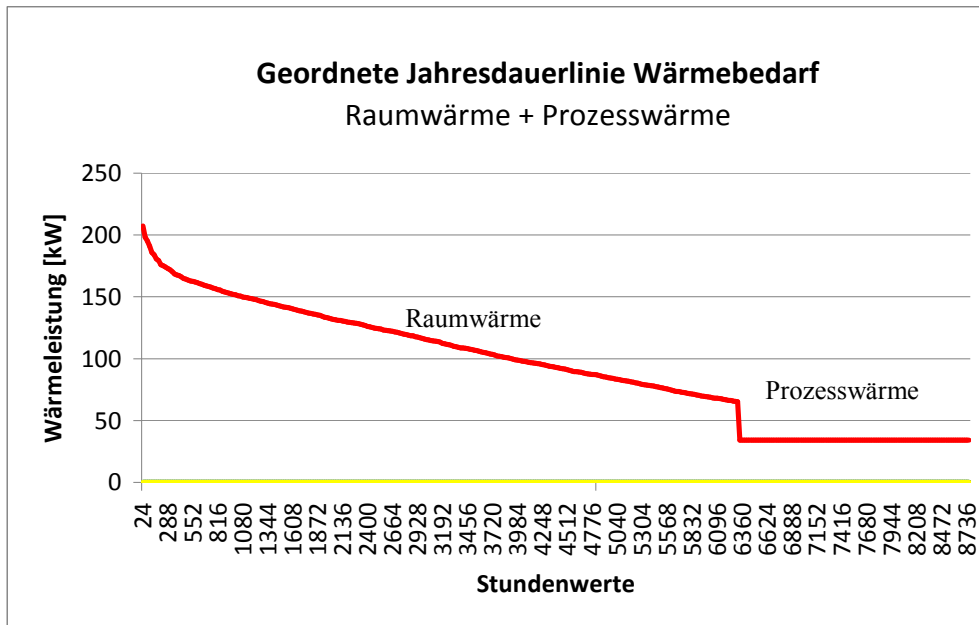


Bild 2: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs

### **Schritte zur groben Abschätzung einer Wirtschaftlichkeit**

1. Erstellung einer geordneten Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs bzw. Ermittlung des täglichen Wärmebedarfs in den verbrauchsschwachen Zeiten.
2. Liegt eine Jahresdauerlinie vor, so können einfach über die gewünschte – sinnvolle – Größe eines BHKW die jährlichen Betriebsstunden abgelesen werden. Liegen nur Verbrauchsdaten für einen begrenzten Zeitraum vor, wird der Verbrauch durch die möglichen Wärmeabnahmestunden dividiert. Die genauesten Ergebnisse liegen vor, wenn Daten des täglichen, besser noch stündlichen, Verbrauchs erfasst wurden.
3. Die einfachste Vorgehensweise um den wirtschaftlichen Einsatz eines BHKW zu prüfen, ist die Gegenüberstellung von Einnahmen und Ausgaben. Dabei kann im ersten Schritt eine statische Berechnung erfolgen.
  - a. Zu den Einnahmen zählen die Gutschrift für den erzeugten Strom und Wärme, sowie die Rückerstattung der Energiesteuer.
    - Rückerstattung der Energiesteuer

Für Anlagen zur Stromerzeugung mit einer Nennleistung über 2 MW<sub>el</sub> erfolgt nach §53 EnergieStG eine vollständige Entlastung von der Energiesteuer.

Für Anlagen mit einer Nennleistung bis einschließlich 2 MW<sub>el</sub> erfolgt nach §53a EnergieStG ebenfalls eine vollständige Entlastung, wenn folgende

Voraussetzungen erfüllt sind:

- die Anlage ist hocheffizient im Sinne des Anhangs III der Richtlinie 2004/8/EG des und deren Fortschreibung.
- der monatliche/Jährliche Nutzungsgrad für den Entlastungszeitraum beträgt wenigstens 70%.
- die vollständige Steuerentlastung wird nur für die Zeit gewährt, in der die KWK-Anlage entsprechend den Vorgaben des § 7 Einkommensteuergesetzes beschrieben wird

Ziel ist die Begrenzung der vollständigen Energiesteuerbefreiung. Soweit keine andere Abschreibungszeit vorliegt, gelten die Abschreibungszeiten gemäß AFA-Tabelle des Bundesfinanzministeriums, bei einem BHKW wären das 10 Jahre.

KWK-Anlagen bis 2 MW, die entweder nicht das Kriterium der Hocheffizienz erfüllen oder deren Abschreibungszeitraum abgelaufen ist, aber deren Nutzungsgrad 70% erreicht oder überschreitet, erhalten eine Entlastung nach §53b EnergieStG nur noch bis zum Mindeststeuersatz gemäß EnergieStRI.

Dieser Mindeststeuersatz beträgt bei der Verwendung von Erdgas 1,08 €/ MWh bzw. 0,54 €/ MWh für Unternehmen des produzierendes Gewerbe (UdpG). Der Mindeststeuersatz beträgt für leichtes Heizöl generell 21,00 € je 1.000 Liter und für Flüssiggas beträgt der Mindeststeuersatz Null Euro.

	Sätze der Rückerstattung der Energiesteuer	
	(§53a EnergieStG)	(§53b EnergieStG)
Brennstoff		
Erdgas	5,5 €/MWh	4,96 €/MWh <sup>2</sup>
Heizöl, leicht	61,35 €/1.000 Liter	40,35 €/1.000 Liter
Flüssiggas	60,6 €/1.000 kg	60,6 €/1.000 kg

Wenn bereits eine Entlastung für UdpG durch den Spitzenausgleich vorliegt reduzieren sich die Sätze entsprechend.

- Gutschrift für die Wärmeerzeugung

<sup>2</sup> Gilt für UdpG, sonst 4,42 €/MWh

Dabei wird die vom BHKW erzeugte Wärme mit dem Wärmepreis einer Kesselanlage multipliziert. Der Wärmepreis der Kesselanlage berechnet sich aus den Kosten für den eingesetzten Brennstoff dividiert durch den Kesselwirkungsgrad. Der Kesselwirkungsgrad kann wiederum nur abgeschätzt werden. Neue Niedertemperatur- oder Brennwertkessel haben Wirkungsgrade von 90 Prozent und darüber, wogegen ältere Kessel, die 20 Jahre oder älter sind, nur Wirkungsgrade von 80 Prozent oder darunter aufweisen. Hier kann ggf. eine Nachfrage beim Kesselhersteller hilfreich sein.

- Gutschrift für den erzeugten Strom

Für den in der KWK-Anlage erzeugten Strom gibt es eine Vergütung nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG).

	KWK Zuschlag	Dauer
Brennstoffzellen	5,41 Ct/kWh	10 Jahre
Anlagen bis 50 kW	5,41 Ct/kWh	10 Jahre
Anlagen > 50 bis 200 kW	2,40 Ct/kWh	30.000 Vbh <sup>3</sup>
Anlagen > 200 kW bis 2 MW	2,10 Ct/kWh	30.000 Vbh
Anlagen > 2 MW	1,80 Ct/kWh	30.000 Vbh
Anlagen > 2 MW <sup>4</sup>	2,10 Ct/kWh	30.000 Vbh
modernisierte Anlagen	wie Neuanlagen	

Die Vergütung erfolgt generell, egal ob der Strom eingespeist oder selbst genutzt wird.

Für den selbst genutzten Strom kann einfach diese Strommenge mit den eigenen Stromkosten multipliziert werden zzgl. dem Zuschlag nach KWKG.

Wird Strom in das Netz des örtlichen Netzbetreibers eingespeist, kann man mit dem Netzbetreiber einen Preis vereinbaren. Kommt eine Vereinbarung nicht zustande, erfolgt eine Vergütung KWKG mit dem übliche Preis zuzüglich dem, nach den anerkannten Regeln der Technik berechneten Teil der Netznutzungsentgelte, der durch die dezentrale Einspeisung durch diese KWK-Anlage vermieden wird.

Als üblicher Preis gilt nach KWKG-Gesetz der durchschnittliche Preis für den Baseload-Strom an der Strombörse EEX in Leipzig im jeweils vorangegangenen Quartal. Diese lagen in den zurückliegenden Quartalen i.d.R. zwischen 4 und 6 Ct/kWh.

b. Zu den Ausgaben zählen die Investitionskosten und die Kosten für den eingesetzten Brennstoff sowie die Wartungs- und Instandhaltungskosten.

- Brennstoffkosten

<sup>3</sup> Vbh: Vollbenutzungsstunden

<sup>4</sup> für Anlagen im Anwendungsbereich des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz

Diese lassen sich einfach über den jährlichen Brennstoffverbrauch des BHKW und den Kosten für den Brennstoff ermitteln.

- Wartungs- und Instandhaltungskosten

Bei BHKW werden für die Wartungen und Instandhaltungen in der Regel Teil- oder Vollwartungsverträge abgeschlossen. Da sowohl der Begriff der Teilwartung und auch der Vollwartung nicht klar definiert ist, kann ein Vertrag sehr unterschiedliche Leistungen beinhalten. Bei Teilwartungsverträgen können mit dem Serviceunternehmen relativ frei die Positionen ausgehandelt werden, die vom Wartungsunternehmen bzw. in Eigenregie durchgeführt werden. Bei einem Vollwartungsvertrag sollten sämtliche in der Vertragslaufzeit anfallenden Wartungen und Reparaturen sowie auch eine notwendige Generalüberholung mit eingeschlossen sein. Die Kosten werden in der Regel nach Cent pro erzeugte Kilowattstunde elektrisch abgerechnet und liegen im Bereich zwischen 1,5 Ct/kWh bei Teilwartungsverträgen und bis zu 3 Ct/kWh bei Vollwartungsverträgen. Bei größeren Anlagen erfolgt i.d.R. eine Berechnung nach Betriebsstunden.

Je nach Finanzierungsart müssen noch die Kapitalkosten zu den Ausgaben mit aufgeschlagen werden. Zusätzlich sollten aktuelle Fördermöglichkeiten für KWK-Anlagen mit überprüft werden.

Jetzt können die Ausgaben und die Einnahmen gegenübergestellt werden. Stellt sich ein positives Ergebnis ein, ist ein wirtschaftlicher Einsatz eines BHKW möglich. Bei einem negativen Ergebnis kann davon ausgegangen werden, dass ein BHKW nicht wirtschaftlich einsetzbar ist. Ist das Ergebnis nur mit geringen positiven und negativen Zahlen behaftet, sollten die Rahmenbedingungen nochmals überprüft und ggf. eine Sensitivitätsanalyse, welche die Energiepreissteigerungen mit berücksichtigt, durchgeführt werden.

Vor der Investition in ein BHKW sollten von mehreren, mindestens zwei, Fachunternehmen bzw. Ing.-Büros Wirtschaftlichkeitsberechnungen vorliegen.

In NRW kann die EnergieAgentur.NRW ihre Unterstützung bei der Umsetzung von Projekten anbieten.

MBA / Dipl.-Ing. (FH) Matthias Kabus

Wuppertal, 18.02.2013