

Überblick Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW)

Definition und Einteilung

Eine Anlage zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugt gleichzeitig Nutzwärme und Kraft. Unter Kraft kann Druckluft oder – am verbreitetsten – Strom verstanden werden. Durch diese gekoppelte Erzeugung von Wärme und elektrischer Nutzenergie kann der eingesetzte Energieträger weitaus besser ausgenutzt werden als bei getrennter Erzeugung.

Die für die dezentrale Gebäudeversorgung am weitesten verbreitete Form der KWK ist das Blockheizkraftwerk (BHKW). Es besteht aus einem Verbrennungsmotor, der einen Generator antreibt, sowie Anlagen zur Abwärmenutzung (Motorkühlwasser, Abgasabwärme). Die industriellen Formen der Kraft-Wärme-Kopplung (große Heizkraftwerke, Gasturbinen etc.) soll an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden.

Eine Übersicht über mögliche Einteilungskriterien für BHKW zeigt Bild 5.2.9.5-1.

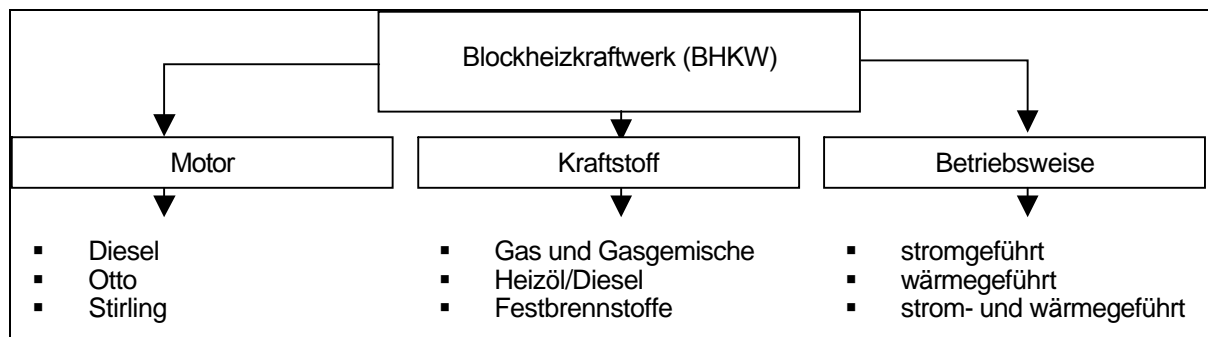


Bild 5.2.9.5-1 Einteilung der BHKWs

Der Motor kann nach den verschiedensten Prinzipien arbeiten, z. B. als Ottomotor, Dieselmotor oder auch als Sterlingmotor. Entsprechend kommen auch jeweils verschiedene Energieträger in Betracht: Erdgas, Erdgas/Propan/Luft- oder Ergas/Butan/Luft-Gemische, Propan, Klär- und Deponiegas oder Diesel- bzw. Ottokraftstoff. Für den Sterlingmotor können nahezu alle festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffe als Energieträger (auch Müll, Restholz) eingesetzt werden.

Auslegung und Wirtschaftlichkeit

BHKW-Module weisen hohe Investitionskosten auf und können – bedingt durch ihr Arbeitsprinzip nur in engen Grenzen in ihrer Leistung angepasst werden. Sie sind daher wirtschaftlich, wenn sie eine hohe Vollbenutzungszeit pro Jahr aufweisen. Ein üblicher anzustrebender Kennwert liegt bei mindestens 4000 Vollbenutzungsstunden. Sie werden daher sinnvoll als Grundlasthersteller eingesetzt. Kombinationen mit Gaskesseln als Spitzenlasthersteller haben sich bewährt.

Die Auslegung von BHKW kann mit Hilfe der VDI 3985 erfolgen. Dazu muss zunächst festgestellt werden, welcher Nutzenergiebedarf (Heizwärme, Prozesswärme, Trinkwarmwasser, Strom u.a.) sich im Verlauf eines Tages und über das gesamte Jahr ergibt. Die Kosten für die Energiemengen müssen ebenso bekannt sein.

Die Auslegung selbst erfolgt im einfachsten Fall mit einer Auftragung der geordneten Leistungsdaten – siehe Bild 5.2.9.5-2. Aus dieser Auftragung kann abgelesen werden, welche Nutzleistung über bestimmte Zeiträume eines Jahres erforderlich ist.

Man kann erkennen, dass der große Block Prozesswärme (incl. Warmwasser) konstant über das Jahr benötigt wird, während die Leistungsanforderung für die Heizung nur an wenigen Tagen sehr hoch ist. Die Flächenanteile unter der Kurve sind proportional zur benötigten Nutzwärmemenge. Im gezeigten Beispiel würde mit einem Wärmeerzeuger, der auf etwa 1/3 der maximalen Leistung ausgelegt ist (500 kW) über 60 Prozent der Jahresenergiemenge (hier nur für Prozesswärme incl. Warmwasser) erzeugt werden. Dies spricht für den Einsatz eines BHKW.

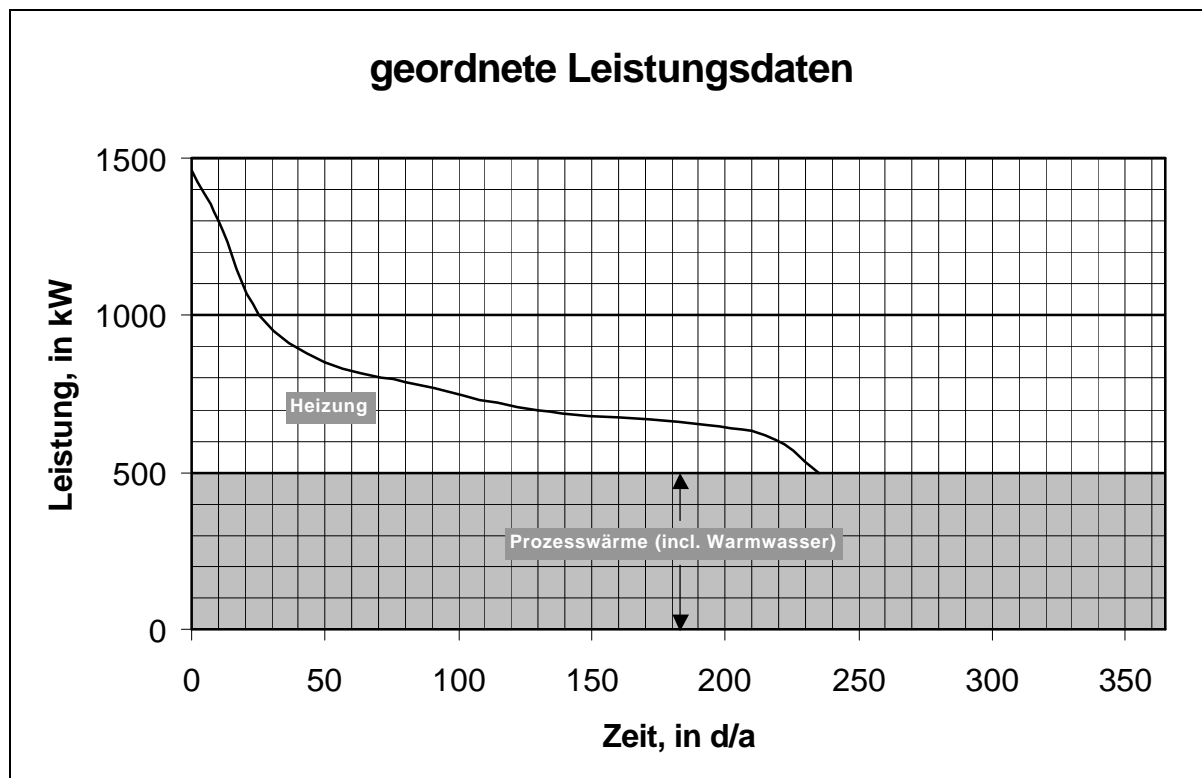


Bild 5.2.9.5-2 Geordnete Leistungsdaten für Heizung und Prozesswärme

Ein Beispiel für mögliche Betriebszeiten des BHKW zeigt 5.2.9.5-3. Das BHKW ist auf 50 % der maximalen Leistung bemessen. An den 50 kältesten Tagen im Jahr muss der Spitzenlastkessel zugeschaltet werden, um die geforderte Leistung zu erzeugen. Da das BHKW nur in Grenzen in seiner Leistung angepasst werden kann, und im Teillastbetrieb stark verminderte elektrische Wirkungsgrade aufweist, wird es an den 40 wärmsten Heiztagen abgeschaltet und der Restwärmebedarf ebenfalls durch den Spitzenlastkessel gedeckt.

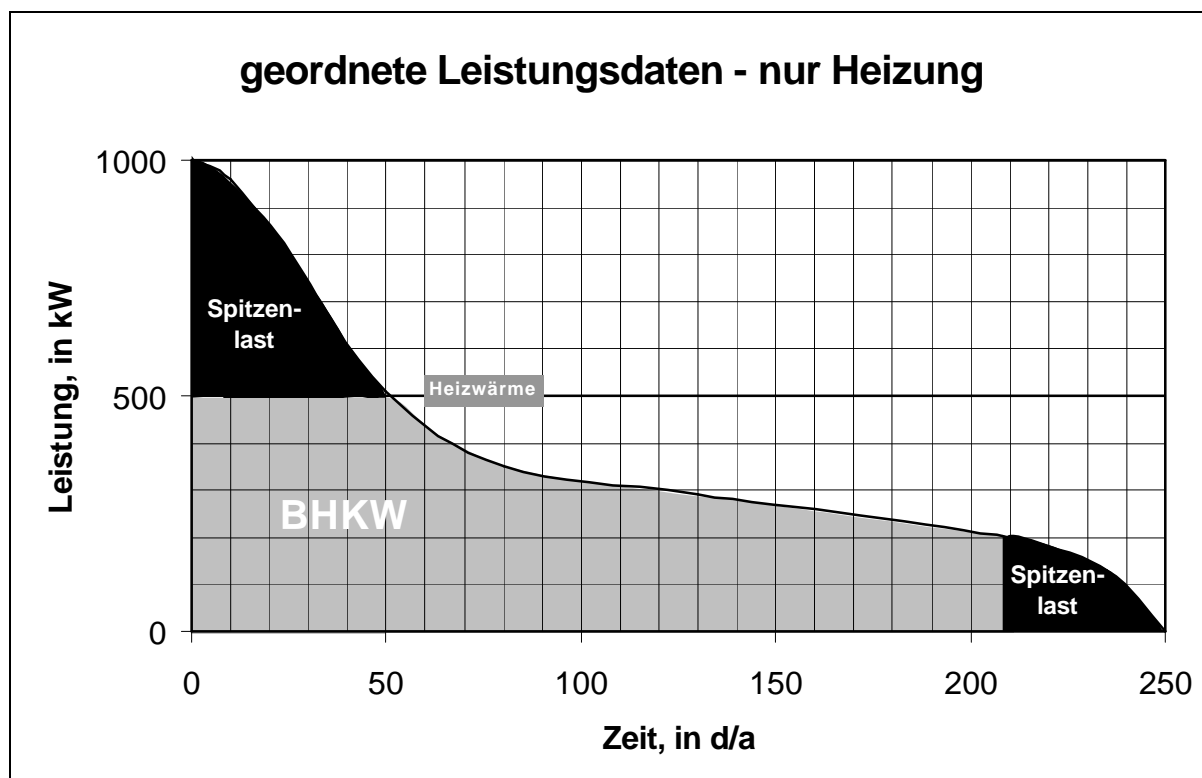


Bild 5.2.9.5-3 Aufteilung der Betriebszeiten auf BHKW und Spitzenlasterzeuger

Die Überprüfung der Wirtschaftlichkeit kann z. B. mit Hilfe einer Broschüre der ASUE (www.asue.de) oder der VDI 2067 Blatt 7 erfolgen.

Die Lebensdauer eines BHKW und die Wartungskosten hängen sehr stark von der Vollbenutzungsdauer (Auslastung) ab. Es kann mit Nutzungszeiten von maximal 40 000 – 60 000 h gerechnet werden, bis eine vollständige Überholung/Austausch der wesentlichen Motorkomponenten des BHKW erforderlich ist.

Betriebsweisen von BHKW

Die beiden häufigsten Betriebsvarianten des BHKW sind der wärmegeführte und der stromgeführte Betrieb.

Ziel des wärmegeführten Betriebes ist die weitestgehende Abdeckung des Wärmebedarfs. Das BHKW wird leistungsmäßig so geregelt, dass der Wärmebedarf des Versorgungsgebietes soweit wie möglich durch das BHKW oder aus Sicherheitsgründen durch mehrere BHKW-Einzelmodule erzeugt wird. Sofern deren Leistung nicht ausreicht, werden der oder die Spitzenlasterzeuger zugeschaltet. Der erzeugte Strom kann in das Netz eingespeist oder im Versorgungsgebiet genutzt werden. Reicht er nicht aus, wird aus dem Netz zusätzlich Strom bezogen.

Der stromgeführte Betrieb zielt auf die vollständige Abdeckung des Strombedarfs hin. Das BHKW wird nach der Stromanforderung geregelt. Wenn das BHKW seine maximale Leistung erreicht hat, muss Strom aus dem Netz bezogen werden. Die erzeugte Wärme wird an das Netz abgegeben. Reicht sie nicht aus, muss mit dem Spitzenlasterzeuger zusätzlich Wärme produziert werden. Wird zu viel Wärme produziert, muss sie über Notkühlung vernichtet werden.

Bei stark schwankenden Nutzungsanforderungen können auch beide Betriebsweisen miteinander gekoppelt sein. Dann ist in der Regel der Einsatz eines Pufferspeichers sinnvoll, um die Laufzeit des BHKW zu verlängern.

Primärenergiefaktor und Emissionen

Mit Hilfe von Anlagen zur KWK können globale Emissionen und der Primärenergieeinsatz gemindert werden. Es darf aber nicht außer Acht gelassen werden: ein BHKW erhöht die lokal auftretenden Emissionen gegenüber der Versorgung mit Netzstrom.

Die Bestimmung des Primärenergiefaktors – z.B. für die Berechnung des EnEV-Nachweises – für ein BHKW ist in Bild 5.2.9-4 dargestellt.

Das BHKW produziert aus 100 Einheiten zugeführter Energie 33,5 Einheiten Strom und 51,5 Einheiten Wärme. Die Verluste der Umwandlung und des Betriebes betragen 15 Einheiten. Der Primärenergiefaktor wird unter der Voraussetzung bestimmt, dass der erzeugte **Strom** dem BHKW **gutgeschrieben** wird. Dazu wird der Primärenergiefaktor 3,0 verwendet, der vorhanden wäre, wenn der Strom im konventionellen Kraftwerk produziert werden würde. Für das eingesetzte Gas wird der Primärenergiefaktor 1,1 angesetzt. Es ergibt sich für das BHKW ein Primärenergiefaktor von etwa 0,7.

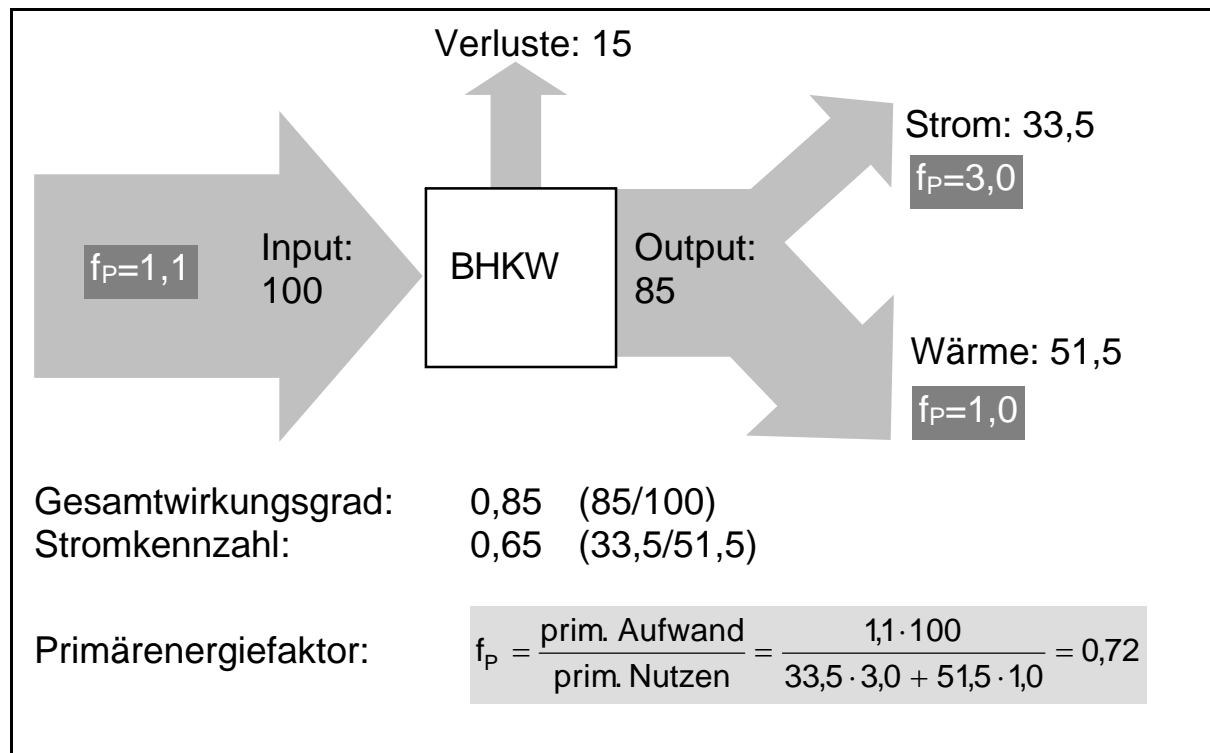


Bild 5.2.9.5-4 Ermittlung des Primärenergiefaktors

Ein Vergleich der Emissionen und des Verbrauchs an Primärenergieträgern für zwei Versorgungsalternativen zeigt Tabelle 5.2.9.5-1.

	geforderter Nutzen in MWh	BHKW und Spitzenlastkessel	konventionelle mit Kessel und Fremdstrombezug
Strom	33,5	33,5 MWh mit BHKW	33,5 MWh mit konv. Krafwerk
Wärme	100,0	51,5 MWh mit BHKW	100 MWh mit Kessel
		48,5 MWh mit Spitzenlastkessel	
Input		100 MWh in das BHKW (siehe Bild 5.2.9.5-1)	100 MWh in das Kraftwerk (Nutzungsgrad ca. 33,5 %)
		54 MWh in den Spitzenlastkessel (Nutzungsgrad 90 %)	110 MWh in den Kessel (Nutzungsgrad 91 %)
		Summe: 154 MWh	Summe: 210 MWh

Tabelle 5.2.9.5-1 Vergleich der eingesetzten Energieträger für 2 Versorgungsalternativen

Das BHKW mit Spitzenlastkessel kann die geforderten Energiemengen von 100 MWh thermisch und 33,5 MWh elektrisch mit einem Energieeinsatz von 154 MWh liefern. Die konventionelle Versorgung mit Kessel und Fremdstrombezug verbraucht 210 MWh.

Kennzahlen von BHKW-Anlagen

Wichtige Kennzahlen zur Beurteilung von BHKW-Anlagen sind:

- Stromkennzahl σ (Verhältnis von elektrischer Leistung P_{el} zu thermischer Leistung P_{th})
- Elektrischer Wirkungsgrad η_{el} (elektrische Leistung P_{el} zu zugeführter Leistung P_{zu})
- Thermischer Wirkungsgrad η_{th} (thermische Leistung P_{th} zu zugeführter Leistung P_{zu})
- Gesamtwirkungsgrad η_{Ges} (thermische und elektrische Leistung $P_{th} + P_{el}$ zu zugeführter Leistung P_{zu})
- Jahresgesamtnutzungsgrad η_a (thermischer und elektrischer Energieoutput $Q_{th} + W_{el}$ zu zugeführter Energie Q_{zu})

Typische Kennzahlen sind: Stromkennzahlen $\sigma = 0,5 \dots 0,6$ für kleine BHKW unter 100 kW, Gesamtwirkungsgrad und Gesamtnutzungsgrad $\eta_{Ges} \approx \eta_a = 0,8 \dots 0,9$. Die Vereinfachung, dass der Gesamtwirkungsgrad etwa so groß ist wie der Jahresnutzungsgrad ist zulässig, wenn das BHKW nahezu im Vollastbetrieb läuft, d.h. kaum Betriebsbereitschaftsverluste auftreten.

Hinweise zur Auswahl

Blockheizkraftwerke werden überall dort eingesetzt, wo – möglichst ganzjährig – gleichzeitig Strom und Wärme benötigt werden. Typische Anwender sind die energieintensive Industrie, aber auch größere Versorgungsgebiete mit Wohnnutzung, in denen ganzjährig Bedarf an Trinkwarmwasser besteht. Weiterhin Krankenhäuser und Schwimmbäder mit einem hohen Grundlastbedarf an thermischer Energie.

BHKWs bieten sich als Notaggregate z.B. in Krankenhäusern, oder als autarke Kraftwerke an.

Quelle: K. Jagnow und D. Wolff
Manuskript für "Der Energieberater"
Verlag Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln, 2003-2009