

Einsatz von Mini-Blockheizkraftwerken in Wohngebäuden

Die Bezeichnung Mini-Blockheizkraftwerk (BHKW) ist für Anlagen mit einem Leistungsbereich von 5 bis 50 kW_{el} üblich.

Das Prinzip eines BHKW beruht auf einem Generator zur Stromerzeugung, der meistens von einem mit Gas oder Öl betriebenen Motor angetrieben wird. Möglich sind aber auch regenerative Brennstoffe, wie Biogas oder Pflanzenöl. Die Brennstoffenergie wird in elektrische Energie umgewandelt. Gleichzeitig wird Abwärme, die im Motor entsteht, über Kühlwasser- und Abgaswärmetauscher nutzbar gemacht.

Mit der kombinierten Wärme- und Stromerzeugung erreichen moderne BHKW einen energetischen Nutzungsgrad der eingesetzten Primärenergie, der zwischen 80 und 90 Prozent liegen kann und damit wesentlich höher ist als bei herkömmlichen Verfahren zur getrennten Erzeugung von Wärme und Strom. Beispielsweise erreicht man mit einem Niedertemperatur-Gaskessel (Normnutzungsgrad 90 Prozent) zusammen mit aus deutschem Kraftwerksmix erzeugtem Strom (Normnutzungsgrad 38 Prozent) einen Wirkungsgrad von lediglich 64 Prozent. Besonders für Energieverbraucher, die ganzjährig viel Strom und Wärme (bzw. Kälte) benötigen, sind BHKW-Anlagen interessant.

Wirtschaftlichkeit

Um ein BHKW wirtschaftlich betreiben zu können, gilt es einige Aspekte zu beachten. Diese werden im Folgenden dargestellt. Bedingt durch den schlechteren thermischen Wirkungsgrad eines BHKW gegenüber einem Heizkessel ist für die Bereitstellung der gleichen Wärmemenge ein höherer Brennstoffeinsatz notwendig. Die daraus resultierenden höheren Brennstoffkosten und die Investitionskosten müssen über den eingesparten Strombezug und die Einspeiservergütung refinanziert werden.

Die Auslegung eines BHKW sollte sich am Grundlastbedarf für Strom und Wärme orientieren. Eine möglichst hohe Benutzungsstundenzahl ist anzustreben. Es kann um so wirtschaftlicher betrieben werden, je günstiger der Anschaffungs- und Instandhaltungspreis, je höher die verdrängten Arbeitspreise für Strom und je günstiger die Brennstoffpreise sind. Die thermische Leistung des BHKW sollte kleiner bzw. gleich dem Grundlastbedarf ausgelegt werden.

Die jährlichen Betriebsstunden eines BHKW sind das wichtigste Entscheidungskriterium für den wirtschaftlichen Einsatz. Bei Mini-BHKW liegt dieser Wert erfahrungsgemäß bei mindestens 5.000 bis 6.000 Betriebsstunden. Da ein Jahr etwa 8.760 Stunden hat, liegt die Hürde für eine Wirtschaftlichkeit relativ hoch. Für den vom BHKW erzeugten Strom ist in der Regel innerhalb des Objektes immer ein Bedarf vorhanden. Wenn nicht, ist auch eine Einspeisung in das Netz des Energieversorgers mit einer entsprechenden Vergütung möglich. Problematisch wird es beim ganzjährigen Wärmebedarf.

In der Heizperiode von Oktober bis April, wenn ausreichender Wärmebedarf für die Raumheizung vorhanden ist, sind Betriebsstunden von 20 bis 24 Stunden pro Tag für ein Mini-BHKW durchaus möglich, sodass in dieser Zeit das BHKW auf eine Laufzeit von ca. 4.300 Stunden kommen kann. Die verbleibenden 1.700 bis 2.700 Betriebsstunden müssten in den Sommermonaten erbracht werden. Bei Wohngebäuden wird der Wärmebedarf im Sommer fast ausschließlich von der Trinkwassererwärmung bestimmt. Da für die Erwärmung

von einem Liter Wasser von 10 auf 60°C grob überschlägig ca. 0,06 kWh benötigt werden, lässt sich über den täglichen Trinkwarmwasserbedarf ungefähr die Wärmegrundlast und somit die möglichen Betriebsstunden des Mini-BHKW für die Sommermonate bestimmen.

Schritte zur groben Abschätzung einer Wirtschaftlichkeit

1. Ermittlung des täglichen Wärmebedarfs in den Sommermonaten

Da in der Regel keine Daten vom täglichen Wärmebedarf vorliegen, kann man den Wärmebedarf über zwei Wege grob abschätzen.

- a. Liegt eine monatliche Gasabrechnung vor, kann der Monatsverbrauch durch die Anzahl der Monatstage dividiert werden.
- b. Liegen nur Jahresabrechnungen vor, kann über die Anzahl im Objekt lebenden Personen grob der Trinkwarmwasserverbrauch (60°C) abgeschätzt werden. Dieser wird wie folgt in der Fachliteratur beziffert:
 - Einfache Ansprüche 10...20 l/Tag und Person
 - Höhere Ansprüche 20...40 l/Tag und Person
 - Höchste Ansprüche 40...80 l/Tag und Person

Möglich wäre auch der Einbau einer Wasseruhr in den Kaltwasserzulauf des Boilers. Durch eine wöchentliche, im Idealfall tägliche Ablesung kann der Warmwasserverbrauch ermittelt werden.

Der sich ergebende Verbrauch wird mit 0.06 kWh/l multipliziert. Das Ergebnis ist der tägliche Wärmebedarf für die Brauchwassererwärmung.

2. Tägliche Betriebsstunden im Sommer

Der nun ermittelte tägliche Wärmebedarf wird durch die thermische Leistung des BHKW dividiert. Das Ergebnis sind die täglichen Betriebsstunden des BHKW im Sommer.

3. Jährliche Betriebsstunden

Um die Jahresbetriebsstunden, auch Vollbenutzungsstundenzahl (Vbh) genannt, zu ermitteln, kann das Jahr in Heizperiode und Nichtheizperiode aufgeteilt werden.

- a. Die Heizperiode kann grob auf die Monate Oktober bis April festgelegt werden. In diesem Zeitraum ist ein ausreichender Wärmebedarf vorhanden, und es ist mit Betriebsstunden zwischen 4.000 und 4.500 Stunden zu rechnen. Hierzu muss betont werden, dass es an warmen Tagen im Oktober oder April dazu kommen kann, dass kein Raumwärmebedarf besteht. Dieses gleicht sich in der Regel durch auftretenden Raumwärmebedarf an kühlen Tagen außerhalb der Heizperiode aus.
- b. Für die Sommermonate werden die ermittelten täglichen Betriebsstunden für die Trinkwarmwassererwärmung mit der Anzahl der Tage multipliziert. Daraus ergibt sich die Anzahl der Betriebsstunden außerhalb der Heizperiode.
- c. Mit der Summe der beiden Perioden werden die jährlichen Betriebsstunden errechnet.

Ermittlung der Einnahmen und Ausgaben durch den Betrieb des BHKW

d. Zu den Einnahmen zählen die Gutschrift für den erzeugten Strom und Wärme sowie die Rückerstattung der Energiesteuer.

- **Rückerstattung der Energiesteuer**

Diese erfolgt nur, wenn der Gesamtwirkungsgrad des BHKW größer/gleich 70 Prozent ist. Bei Standard-BHKW ist das in der Regel immer der Fall. Je nach Brennstoffart erfolgt eine Rückerstattung der zuvor beim Einkauf mitbezahlten Energiesteuer für den im BHKW eingesetzten Brennstoff. Derzeit liegen die Steuersätze für Erdgas bei 0,55 Ct/kWh, 0,43 Ct/kWh für Flüssiggas und bei 6,14 Ct/l für Heizöl. Nähere Einzelheiten sind beim zuständigen Hauptzollamt oder beim BHKW-Hersteller zu erfragen.

- **Gutschrift für die Wärmeerzeugung**

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. Ältere Kessel hingegen, die 20 Jahre oder älter sind, weisen Wirkungsgrade von nur 80 Prozent oder darunter auf. Hier kann ggf. eine Nachfrage beim Kesselhersteller hilfreich sein.

$$\text{Wärmepreis} = \frac{\text{Brennstoffkosten}}{\text{Kesselwirkungsgrad}}$$

- **Gutschrift für den erzeugten Strom (fossiler Brennstoff)**

- Für jede vom BHKW erzeugte Kilowattstunde Strom erfolgt nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG-Gesetz) eine Vergütung vom örtlichen Stromnetzbetreiber. Diese liegt für Mini-BHKW mit einer elektrischen Leistung bis 50 kW bei 5,11 Ct/kWh für die Dauer von 10 Jahren, wenn die Anlage bis zum 31.12.2016 ihren Dauerbetrieb aufgenommen hat.
- Wird der vom BHKW erzeugte Strom komplett selbst genutzt, kann zusätzlich zur Vergütung nach dem KWKG-Gesetz ganz einfach dieser Strom mit dem eigenen Stromkosten multipliziert werden.
- Wird Strom in das Netz des örtlichen Versorgers eingespeist, erhält der BHKW-Betreiber zusätzlich für den verkauften Strom eine Vergütung, die sich nach dem durchschnittlichen Baseload-Strom der Strombörse EEX (www.eex.de) in Leipzig im jeweils vorangegangenen Quartal richtet. Hinzu kommen die vermiedenen Netznutzungsentgelte. Hierzu sind weitere Informationen beim örtlichen Netzbetreiber erhältlich.

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

- **Brennstoffkosten**

Diese lassen sich einfach ermitteln, indem man den Brennstoffverbrauch des BHKW mit dem Brennstoffpreis multipliziert.

- **Wartungs- und Instandhaltungskosten**

Bei Klein-BHKW werden für die Wartungen und Instandhaltungen in der Regel Teil- oder Vollwartungsverträge abgeschlossen. Da beide Begriffe nicht klar definiert sind, kann der Vertrag sehr unterschiedliche Leistungen beinhalten. Bei Teilwartungsverträgen können mit dem Serviceunternehmen relativ frei die Positionen ausgehandelt werden, die vom Wartungsunternehmen bzw. in Eigenregie durchführt werden. Bei einem Vollwartungsvertrag sollten sämtliche in der Vertragslaufzeit anfallenden Wartungen und Reparaturen sowie auch notwendige Generalüberholungen 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.

5. **Gegenüberstellung von Ausgaben und Einnahmen**

Im letzten Schritt werden die Ausgaben und die Einnahmen gegenübergestellt. Liegt ein negatives Ergebnis vor, kann davon ausgegangen werden, dass ein BHKW nicht wirtschaftlich einsetzbar ist. Bei einem positiven Ergebnis müssen noch die Kapitalkosten mit berücksichtigt werden. Diese können sehr unterschiedlich berechnet werden. Eine grobe Abschätzung kann über die statische Amortisationsrechnung erfolgen.

$$\text{Kapitalkosten pro Jahr} = \frac{\text{Investitionssumme}}{\text{Nutzungsdauer}} + \frac{\text{Investitionssumme}}{2} \times \text{Zinssatz}$$

Für die Nutzungsdauer des BHKW können die in der AFA angegebenen 10 Jahre eingesetzt werden. Dieses stellt natürlich keine genaue Ermittlung der Kosten dar. Eine etwas sichere Methode ist eine Annuitätenrechnung.

Ergibt sich ein Ergebnis mit nur geringen positiven und negativen Zahlen, sollten die Rahmenbedingungen nochmals überprüft werden.

Förderung

Eine Finanzierung der Investitionskosten ist über zinsgünstige Darlehen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) möglich.

- Für bestehende Wohngebäude
 - KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm
 - Programm „Wohnraum Modernisieren“
- Für neue Wohngebäude
 - Programm „Ökologisch Bauen“
- Für kleine und mittlere Unternehmen nach EU-Definition
 - ERP Umwelt- und Energieeffizienzprogramm

Beispielrechnung

Zum Einsatz soll ein Erdgas-BHKW mit einer elektrischen Leistung von 5 kW, einer thermischen Leistung von 12 kW und einer Leistungsaufnahme von 20 kW kommen. In dem Objekt ist (soll) eine Kesselanlage mit einer Heizleistung von 45 kW und einem

Normnutzungsgrad von 90 Prozent installiert (werden). Der Gaspreis liegt bei 6 Ct/kWh und der Strompreis bei 18 Ct/kWh.

Betriebskosten

Brennstoff	$20 \text{ kW}_{\text{th}} \times 6 \text{ Ct/kWh} = 1,20 \text{ €/h}$	
Wartung	$5 \text{ kW}_{\text{el}} \times 3 \text{ Ct/kWh} = 0,15 \text{ €/h}$	
Summe		= 1,35 €/h

Einsparungen

Strom	$5 \text{ kW} \times 18 \text{ Ct/kWh}$	= 0,90 €/h
Wärme	$12 \text{ kW} \times 6 \text{ Ct} / 90\%$	= 0,80 €/h
Energiesteuer	$20 \text{ kW} \times 0,55 \text{ Ct/kWh}$	= 0,11 €/h
KWK-Zuschlag	$5 \text{ kW} \times 5,11 \text{ Ct/kWh}$	= 0,26 €/h
Summe		= 2,07 €/h

⇒ **stündliche Einsparung: 0,72 €**

Notwendige Betriebsstunden für den wirtschaftlichen Betrieb

Die Investitionskosten inkl. Förderung betragen 25.000 € ⇒ bei 10 Jahren technischer Nutzungszeit müssen mindestens pro Jahr 2.500 € Gewinn eingefahren werden, um die Anlage zu refinanzieren ⇒ $2.500 \text{ €/a} / 0,72 \text{ €/h} \approx 3.500 \text{ Vbh/a}$ ⇒ Amortisationszeit 10 Jahre.¹ Werden kürzere Amortisationszeiten gewünscht, sodass die BHKW-Anlage in ihrer technischen Nutzungszeit auch einen Überschussgewinn erwirtschaftet, dann erhöhen sich die notwendigen jährlichen Betriebsstunden.

Zum Beispiel : Amortisationszeit 5 Jahre ⇒ $\approx 7.000 \text{ Vbh/a}$

⇒ ab dem 6. Betriebsjahr wird ein Gewinnüberschuss von $\approx 5.000 \text{ €/a}$ erwirtschaftet (bei 7.000 Vbh/a)¹

Bei Einbeziehung der Kapitalkosten erhöhen sich die notwendigen Betriebsstunden entsprechend.

Pro Betriebsstunde würden durch die BHKW-Anlage 2,17 kg CO₂-Emissionen eingespart werden, was bei 7.000 Vbh/a rund 11,5 Tonnen CO₂-Emissionseinsparungen pro Jahr ergibt.

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

Wuppertal, 04.05.2010

¹ Alle Werte beziehen sich auf eine statische Berechnung.