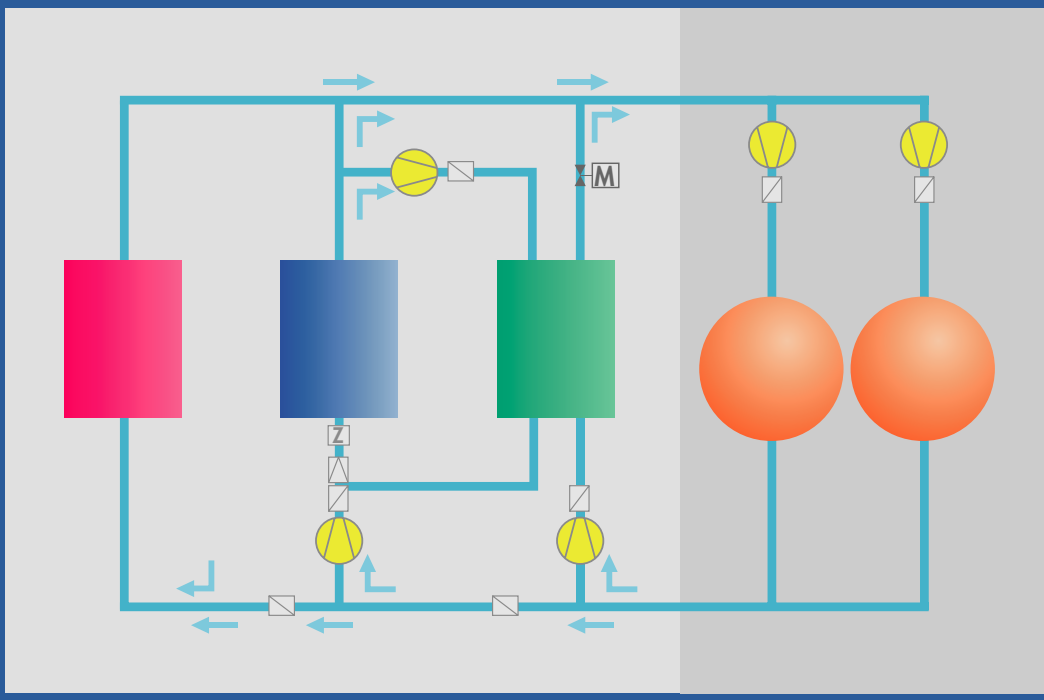
ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.



Einbindung von kleinen und mittleren Blockheizkraftwerken / KWK-Anlagen

Hydraulik – Elektrik - Regelung

Inhalt

1	**Hydraulische Einbindung**	**4**
	Varianten	6
	Praxisbeispiel	14
2	**Elektrische Einbindung**	**18**
3	**Regelungstechnische Einbindung**	**22**
4	**Erdgasanschluss**	**24**
5	**Abgas**	**25**
6	**Checkliste zur hydraulischen Einbindung**	**26**

Abbildungen:

Badenova AG & Co. KG, Freiburg

Bayerngas GmbH, München

EC Power A/S, Hinnerup (Dänemark)

MDE Dezentrale Energiesysteme GmbH, Augsburg

PowerPlus Technologies GmbH, Gera

Senertec GmbH, Schweinfurt

Vorwort

Blockheizkraftwerke (BHKW) werden seit Jahren zur dezentralen Stromerzeugung bei gleichzeitiger Nutzung der Abwärme eingesetzt. Daher eignen sie sich besonders zur Senkung des Primärenergiebedarfs sowie zur Minderung der CO_2-Emissionen. Zukünftig werden auch kleinere und mittlere BHKW-Anlagen verfügbar sein, die als Strom erzeugende Heizungen mit einer elektrischen Leistung von 1 bis 3 kW bevorzugt für das Einfamilienhaus geeignet sind. Darüber werden schon heute Geräte mit elektrischen Leistungen ab ca. 3 bis 5 kW in größeren Einfamilienhäusern mit hohem Energieverbrauch und Mehrfamilienhäusern eingebaut, so dass für viele Anwendungsfälle die passende Gerätegröße verfügbar ist.

Die Installation, der Betrieb und die Wartung dieser Klein-BHKW erfolgen weitgehend problemlos. Zur möglichst optimalen Nutzung der von ihnen erzeugten Wärmeenergie werden sie in Heizsysteme integriert und arbeiten zur Wärmeversorgung und zur Warmwasserbereitung im wesentlichen mit folgenden Komponenten zusammen:

- weitere Wärmeerzeuger, Solaranlagen,
- Wärmeverteilungssysteme (Vorlauf-, Rücklaufleitungen),
- Wärmeübertragungssysteme (Heizkörper, Fußbodenheizungen und Wandbeheizungen),
- Umwälzpumpen, Thermostatventile, Rückschlagventile,
- Armaturen für den hydraulischen Abgleich,
- Warmwasser- und Wärmespeicher,
- Niederspannungsverteiler und Stromzähler,
- Mess- und Regelsysteme / Automationssysteme,
- ggf. Wärmemengenzähler,
- Abgasrohrleitungen,
- Zuluftsysteme

usw.

Wärmeverteilsystem

Es ist wichtig bereits bei der Planung zu berücksichtigen, dass die zu installierenden Komponenten zusammen passen, korrekt ausgelegt sind und richtig eingestellt werden. So kann sichergestellt werden, dass die konventionelle Technik und das Gesamtsystem keine Störungen des BHKW-Betriebes verursachen und einen wirtschaftlichen Betrieb sicherstellen. Deshalb ist es von besonderer Bedeutung, bereits in der Planungsphase die technische Kompatibilität von Heizungssystem und BHKW systematisch zu sichern: Das gilt vor allem für die hydraulischen Verhältnisse im Wärmeverteilungssystem, das Mess- und Regelsystem sowie den Stromanschluss.

Ferner sind die Vorschriften und technischen Daten der BHKW-Hersteller zu beachten: Das gilt für Temperaturen, Volumenströme, Drücke ebenso wie für die Qualität des eingesetzten Speisewassers in Heizkreisläufen.

Klein-BHKW sind für den Heizungsbauer eher die Ausnahme. Daher sind eine sorgfältige Planung und die Überprüfung der Ausführung wichtig.

Die vorliegende Broschüre, die im ASUE-Arbeitskreis „Brennstoffzellen / Blockheizkraftwerke“ entstanden ist, soll einen Beitrag dazu leisten, die wichtigsten zu berücksichtigenden Punkte bei der Einbindung eines Blockheizkraftwerkes in ein Heizungssystem aufzuzeigen und zu erläutern. Sie richtet sich unter anderem an Planer, installierende Betriebe, Schornsteinfeger und Betreiber. Diese Zusammenstellung kann die durch Fachunternehmen erbrachten Leistungen nicht ersetzen, sondern versucht grundsätzliche Planungshinweise zu geben.

Zur besseren Anschaulichkeit wurden in den Grafiken keine genormten Sinnbilder, sondern einfache Grafikelemente verwendet. Diese Broschüre kann nicht die Arbeit eines professionellen Planers ersetzen.

Die Ausführungen gelten für kleinere und mittlere BHKWs. Bei Anlagen < 10 kW_{el} müssen oft Herstellerspezifische hydraulische Einbindungs-Varianten berücksichtigt werden.

Oftmals ist es sinnvoll und notwendig drehzahlgeregelte Pumpen einzusetzen. Hintergründe hierzu sind nicht Inhalt dieser Broschüre: Hierzu sollten Fachplaner konsultiert werden.

Hydraulische Einbindung

Unter der hydraulischen Einbindung versteht man den Anschluß des Blockheizkraftwerks an das Rohrleitungssystem einer Heizungsanlage.

Grundsätzlich ist folgendes zu beachten:

- Um hohe Laufzeiten des BHKWs zu erreichen, sollte dieses bevorzugt zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden, wenn es im Verbund mit einem oder mehreren Heizkesseln eingesetzt wird. Es sollte etwa 1/3 der Gesamtwärmeleistung abdecken oder mindestens 4.000 Betriebsstunden/Jahr erreichen. Dieses ist insbesondere bei der Einstellung des Reglers zu berücksichtigen.
- Die Vorlauftemperatur des Blockheizkraftwerks, d.h. die Temperatur des Wassers beim Verlassen des BHKWs, sollte möglichst hoch (80-90 °C) sein, um durch daraus resultierende hohe Temperaturdifferenzen (= Grädigkeit) eine gute Wärmeübertragung zu erreichen.
- Bei der Kombination mit Brennwertkesseln sollte das BHKW nicht in Serie vor dem Heizkessel installiert werden, sondern parallel dazu. Bei zu hohen Vorlauftemperaturen des Brennwertkessels könnte ansonsten der Brennwerteffekt nicht mehr genutzt werden.
- Die Rücklauftemperatur, d.h. die Temperatur des Wassers beim Eintritt ins BHKW, darf nicht über dem vom Hersteller angegebenen Maximalwert (i.d.R. 70 °C) liegen, ansonsten ist mit einem häufigen Takten des BHKWs und Störungen zu rechnen. BHKWs sollten in Fließrichtung nicht hinter einen Kessel geschaltet werden.

Im folgenden werden unterschiedliche Varianten vorgestellt, wie BHKWs hydraulisch eingebunden werden. Es wird jeweils der prinzipielle Aufbau dargestellt. Hierbei wird unterschieden zwischen dem Betrieb in Verbindung mit Niedertemperaturkesseln und Brennwertkesseln. Bei den im folgenden gezeigten Lösungen sind u.a. unterschiedliche Lösungen zur Ansteuerung von Leitungsverzweigungen dargestellt: Zum einen mit Umwälzpumpen an den entsprechenden Abzweigen, bei denen jeweils nur die Pumpe in Betrieb ist, in deren Leitung gespeist wird, zum anderen zentrale Pumpen mit entsprechenden Ventilen, bei denen jeweils nur das Ventil geöffnet ist, in dessen anschließende Leitung Wasser gelangen soll.

Vorteile einer Lösung mit Pumpen:
kein Festsetzen von Ventilen

Vorteile einer Lösung mit Ventilen:
z.T. geringerer Stromverbrauch, da geringere Pumpenleistung erforderlich.

Um die Übersichtlichkeit nicht zu stören, werden allgemein üblich Bauteile, wie z.B. Ausgleichbehälter, Entlüftungsventile usw. nicht dargestellt.

Innenansicht eines kleinen BHKWs

Hydraulische Einbindung von Strom erzeugenden Heizungen / BHKWs

Eine Sonderstellung nehmen ggf. Strom erzeugende Heizungen, d.h. BHKWs mit einer elektrischen Leistung von 1 bis 3 kW, ein. Diese werden wärmegeführt betrieben und der dabei produzierte elektrische Strom entweder selbst genutzt oder in das elektrische Netz des Verteilnetzbetreibers (VNB) eingespeist. Diese Anlagen werden oft mit Wärmespeicher oder mit vergrößertem Trinkwassererwärmer eingebaut. Reicht die Wärmeleistung nicht aus, so ist die Einbindung eines zusätzlichen Heizkessels erforderlich. Für diese gelten dann wiederum die in den Varianten 1 bis 7 vorgestellten hydraulischen Einbindungen.

Die für die hydraulische Einbindung relevanten Baugruppen sind oftmals direkt in einem Gehäuse eingebaut, in der Regel eine der beschriebenen Varianten. Bei der Installation sind dann die von dem jeweiligen Hersteller angegebenen Vorschriften zu beachten.

Hydraulische Einbindungen
Hersteller von BHKWs stellen in ihren Planunterlagen beispielhaft Einbindungsmöglichkeiten vor. Ist ein hydraulisch gut ausgelegtes und abgeglichenes Heizungssystem vorhanden, sind bei der Einbindung eines BHKW kaum Probleme zu erwarten.

Die nachfolgend aufgeführten Punkte verdienen besondere Beachtung:

- Die Nennspreizung der Heizkreise muss so ausgelegt sein, dass die Rücklauftemperaturen 70 °C nicht überschreiten. Abhilfemaßnahmen, die dies garantieren, sind z.B. Rücklauftemperaturbegrenzer (Thermostatventile) oder elektronisch geregelte Heizkreispumpen.
- Der Volumenstrom der Wärmeerzeuger sollte an die thermische Leistung der Wärmeverbraucher angepasst sein (hydraulischer Abgleich).
- Werden Kesselpumpen eingesetzt, so müssen diese einen relativ hohen Volumenstrom bei geringem Druckverlust erzeugen. Dann sollte evtl. eine hydraulische Weiche eingebaut werden. Bleibt dies unberücksichtigt, so gibt die Kesselpumpe unkontrolliert Vordruck auf die Heizkreise. Das kann dazu führen, dass die Thermostatventile aufgedrückt werden und nicht mehr korrekt arbeiten. Beim Einbau einer hydraulischen Weiche ist sicherzustellen, dass Wasser aus dem Vorlauf nicht direkt in den Rücklauf gelangt. Dieses führt sonst zum Takten des BHKWs. Als hydraulische Weiche wird oft ein Pufferspeicher verwendet.

Variante 1
Anhebung der Rücklauftemperatur durch eine BHKW-Anlage

Das Schaltbild zeigt die einfachste Schaltung eines Blockheizkraftwerks mit einem Kessel. Ein Pufferspeicher ist nicht vorhanden, so dass das BHKW nur dann betrieben werden kann, wenn gleichzeitig Strom und Wärme benötigt werden bzw. wenn Wärme benötigt und Strom ins Netz des Verteilnetzbetreibers eingespeist wird. Die Variante wird dann eingesetzt, wenn hohe Betriebslaufzeiten des BHKWs durch die vielfach zeitgleiche Nutzung von Strom und Wärme erreicht werden.

Die vom BHKW erzeugte Wärme wird mit der Pumpe (1) an den Heizkreis übertragen und über Umwälzpumpen (2,3) zum Verbraucher gefördert. Diese Pumpen laufen so lange, wie beim Verbraucher ein Wärmebedarf besteht. Wird keine Wärme mehr benötigt, schalten der Heizkessel und die Umwälzpumpen (2) und (3) ab: Rückschlagklappen verhindern dann, dass es durch den Dichteunterschied zwischen warmem und kaltem Wasser im Heizkreislauf eine Wasserströmung entgegen der eigentlichen Fließrichtung gibt. Das vom Verbraucher kommende abgekühlte Wasser strömt zunächst in das BHKW und wird dort erwärmt. Lediglich die noch nicht erbrachte zusätzlich erforderliche Wärme wird im anschließenden Heizkessel durch eine Nacherwärmung erbracht. Liegt die Ausgangstemperatur des Wassers nach dem BHKW schon auf dem von der Heizungsregelung angeforderten Temperatur, so schaltet sich der Heizkessel durch seine integrierte Regelung ab.

Variante 2
BHKW und Brennwert- oder Niedertemperaturkessel ohne Pufferspeicher

Bei Einsatz eines Brennwertkessels ist eine Anhebung der Rücklauftemperatur nicht sinnvoll: Im Brennwertkessel würde das gesamte Temperaturniveau des Heizwassers angehoben, so dass keine optimale Abkühlung der Abgase mehr erreichbar wäre. Der Kesselwirkungsgrad würde sinken, da zu viel Wärme mit dem Abgas an die Umgebung abgegeben würde. Hierdurch könnte beispielsweise auch der Brennwerteffekt nicht mehr genutzt werden. Daher werden in diesem Fall das Blockheizkraftwerk und der Kessel parallel betrieben.

Die Regelung ist hierbei so auszulegen und einzustellen, dass der größtmögliche Teil der Wärme durch das Blockheizkraftwerk erzeugt wird.

Für die Wirtschaftlichkeit ist es erforderlich, hohe Laufzeiten zu erreichen. In vielen Fällen fallen Strom- und Wärmebedarf jedoch nicht zusammen. Dann ist es wichtig, einen Zwischenspeicher einzusetzen. In der Regel ist das ein Wärmespeicher, der auch Pufferspeicher genannt wird.

Die Varianten 3 bis 7 der hydraulischen Einbindung eines BHKWs berücksichtigen daher den Einsatz eines entsprechend dimensionierten Pufferspeichers.

Variante 2a
BHKW und Brennwert- oder Niedertemperaturkessel ohne Pufferspeicher: Steuerung über Absperrschieber

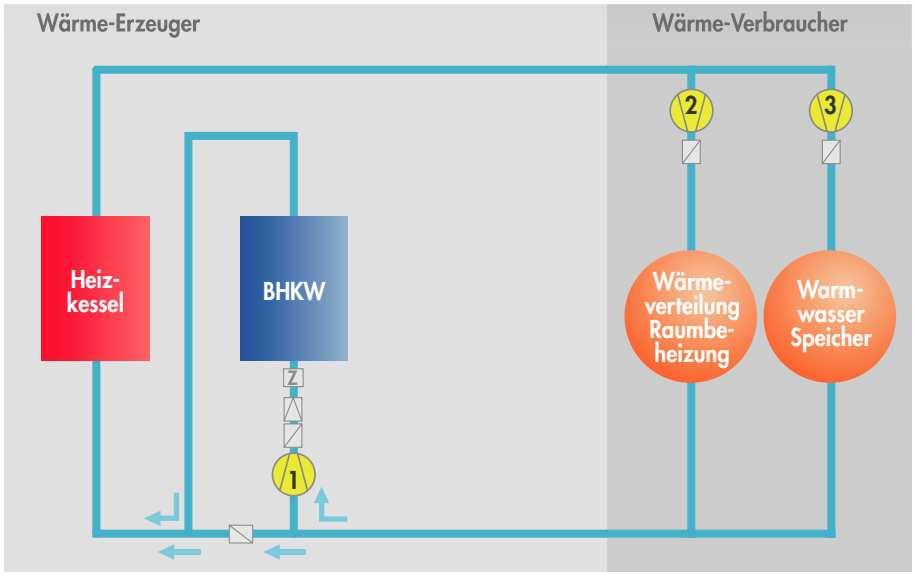
Diese Anordnung stellt eine Alternaive zur Variante 2 dar: Es werden weniger Pumpen eingesetzt, dafür motorische Absperrarmaturen im Strang mit dem Kessel sowie in einem zusätzlichen Bypass. Durch den Bypass kann mit entsprechender Regelung sichergestellt werden, dass warmes Wasser aus dem Vorlauf des BHKWs nicht in den Niedertemperatur- bzw. Brennwertkessel gelangt.

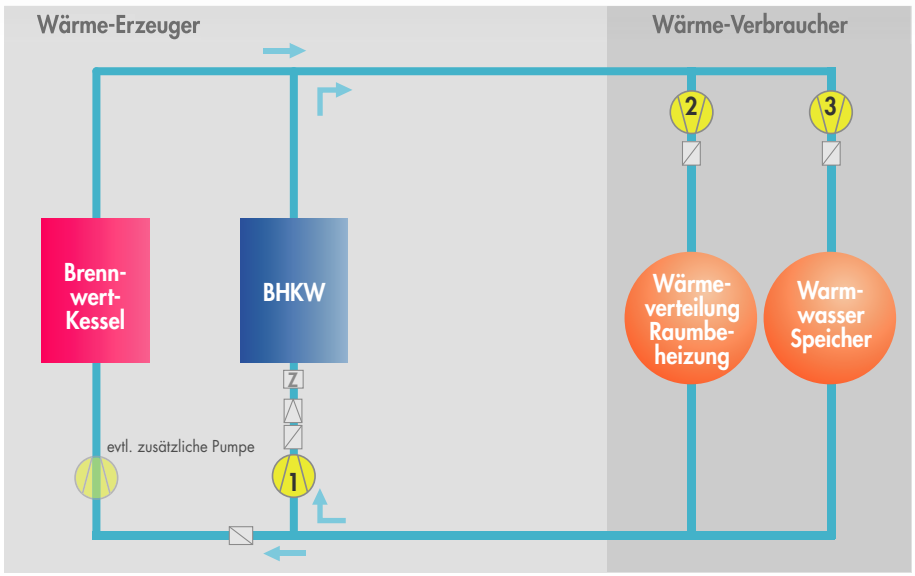
Diese Variante erfordert eine stabile Hydraulik der Gesamtanlage bzw. der einzelnen Wärmeabnehmer.

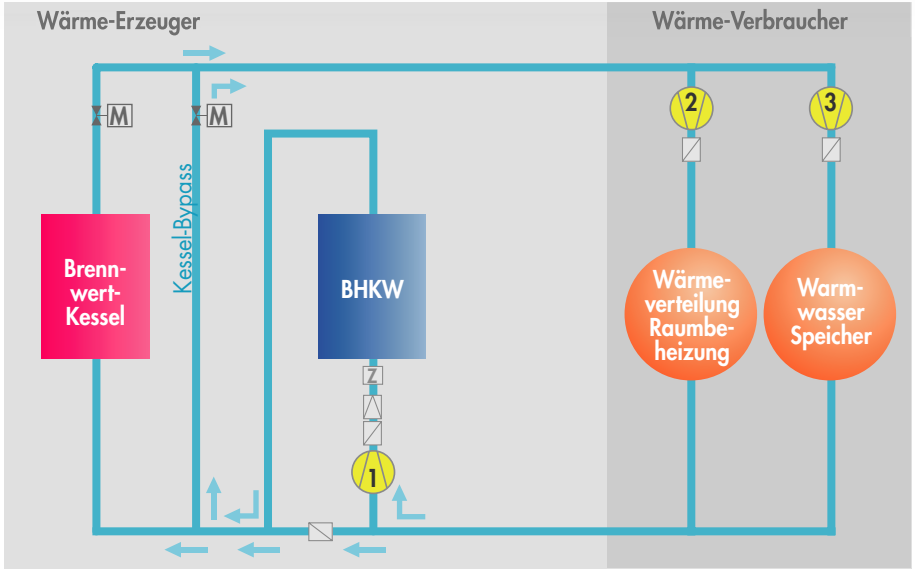
(1) **Umwälzpumpe**
(mit Nummer der jeweiligen Ansteuerung)

Die Vorlauftemperatur des Heizkessels sollte mindestens um 5 °C unter der Vorlauftemperatur des BHKWs liegen. Dadurch wird vermieden, dass zu warmes Wasser nach dem Verbraucher den Überhitzungsschutz des BHKW auslöst. Es würde ansonsten auch bei Strombedarf nicht in Betrieb gehen und der Kessel würde weiterhin die volle Leistung erbringen, um die geforderten Vorlauftemperaturen für das Heizungssystem zu erbringen.

Um Verluste zu vermeiden, sollten Kessel, die nicht zuheizen, nicht vom Warmwasser aus dem BHKW durchströmt werden. Auch für konventionelle Kessel empfiehlt sich daher Variante 2 oder 3.







Rückflussverhinderer Schmutzfänger Motorabsperrventil Wärmemengenzähler Fließrichtung

Variante 3 Rücklauftemperaturanhebung durch eine BHKW-Anlage mit Pufferspeicher

Diese Art der Einbindung entspricht in den Grundzügen der Variante 1. Der zusätzliche Pufferspeicher kann direkt vom BHKW mit Wärmeenergie aufgeladen werden. Wird beispielsweise in der Mittagszeit elektrischer Strom, jedoch keine Wärme benötigt, heizt das BHKW während der Stromerzeugung das im Pufferspeicher enthaltene Wasser auf. Der Heizkessel und seine Pumpe bleiben ausgeschaltet, das BHKW und die Pumpe (4) zum Laden des Speichers sind in Betrieb.

In Phasen geringen Stromverbrauchs, z.B. nachts, kann die Wärme wieder genutzt werden: Über die Pumpe (5) wird das Warmwasser durch das Rohrleitungssystem zu den Verbrauchern gefördert. Um das BHKW möglichst effizient nutzen zu können, sollte bei Wärmebedarf folgende Reihenfolge eingehalten werden:

1. Nutzung der Wärme aus dem Pufferspeicher, um wieder Wärmespeicherkapazitäten für das BHKW zu schaffen,
2. Nutzung der Wärme aus dem BHKW (wenn auch Strom benötigt wird),
3. Wärmeerzeugung im Kessel (wenn der Pufferspeicher leer ist und kein Strom benötigt wird).

Variante 3a Rücklauftemperaturanhebung durch eine BHKW-Anlage mit Pufferspeicher: Umschaltung durch Ventile

Neben der Steuerung der Wärmeströme durch das Zu- und Abschalten von Pumpen, ist dieses auch durch geeignete Ventile möglich. Diese werden motorisch angesteuert.

Zu beachten ist hierbei, dass die umgelenkten Massenströme in etwa gleiche Größenordnungen haben, was i.d.R. bei den beschriebenen Heizungsanlagen der Fall ist. Im Beispiel ist die Abzweigung nach dem BHKW, die sich in je einen Strang zum Pufferspeicher und zum Heizkreislauf aufteilt, mit einem Umschaltventil umgesetzt worden.

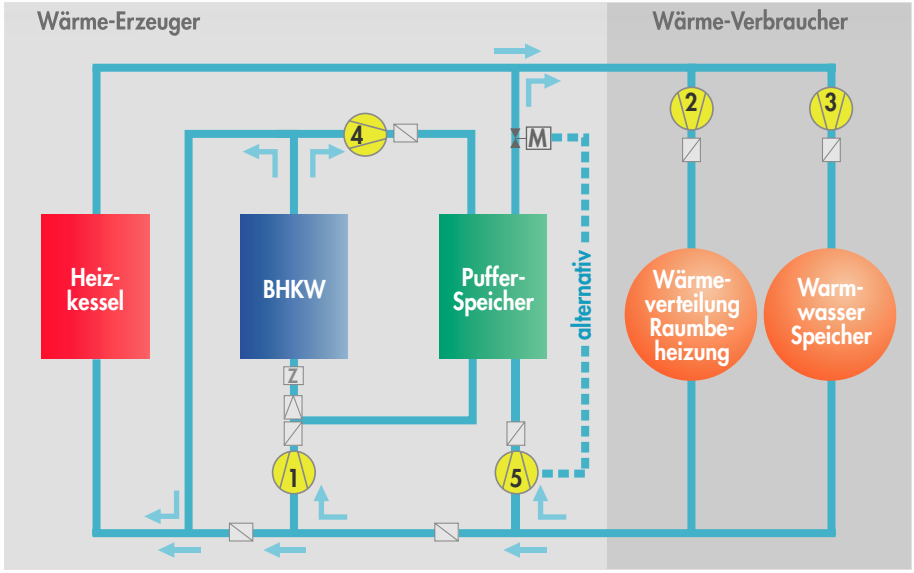
Die hier beschriebene Variante 3a ist ebenfalls nicht für Brennwert- und Niedertemperaturkessel geeignet, da durch die Reihenschaltung von BHKW und anschließendem Kessel das Temperaturniveau des Wassers im Kessel eine effiziente Wärmeübertragung bzw. Brennwertnutzung nicht mehr ermöglicht. Hier sei auf die Variante 4a verwiesen.

Solange elektrischer Strom und Wärme für Raumbeheizung und Warmwasser benötigt wird, läuft die Pumpe (1), das Ventil über dem BHKW ist auf den linken Zweig geschaltet. Bei Strombedarf, jedoch ohne Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser schaltet dieses Ventil auf den rechten Zweig um und lädt den Pufferspeicher. Erst wenn dieser geladen ist, schaltet das BHKW ab.

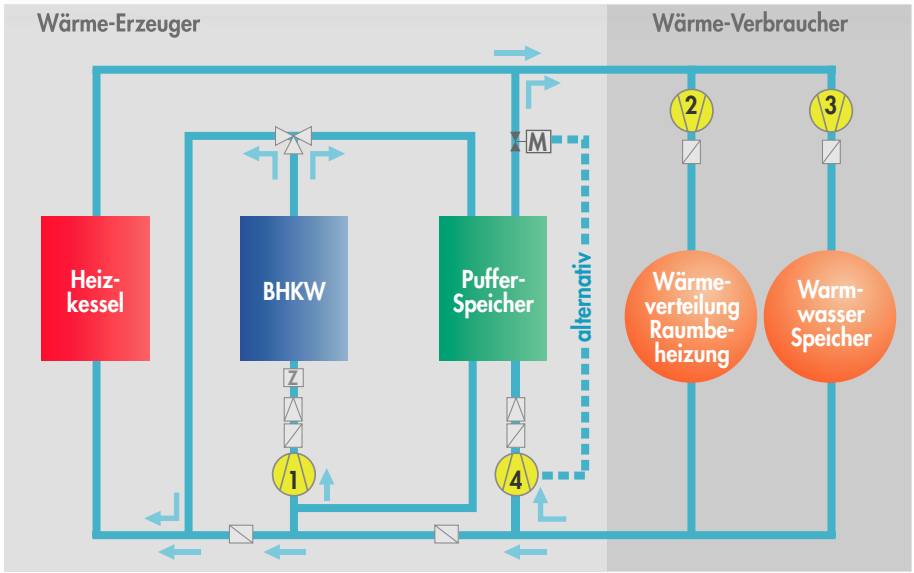
Umwälzpumpe
(mit Nummer der jeweiligen Ansteuerung)

Da der Pufferspeicher Lastgangunterschiede zwischen Strom- und Wärmebedarf ausgleicht, um optimale BHKW-Laufzeiten zu erreichen, darf er nicht durch den Heizkessel geladen werden. Daher darf der Vorlauf des Heizkessels nicht in den Pufferspeicher eingebunden werden.

Die hier beschriebene Variante 3 ist nicht für Brennwert- und Niedertemperaturkessel geeignet, da durch die Reihenschaltung von BHKW und anschließendem Kessel das Temperaturniveau des Wassers im Kessel eine effiziente Wärmeübertragung bzw. Brennwertnutzung nicht mehr ermöglicht. Hier sei auf die Variante 4 verwiesen. Das Motorabsperrventil (M) wird beim Laden des Pufferspeichers geschlossen und verhindert die unkontrollierte Wärmeabgabe des Speichers durch Naturumlauf (freie Konvektion). Ist eine Pumpe – wie in der Abbildung dargestellt – vorhanden [Pumpe(5)], so entfällt das Motorventil i.d.R.



Auch hier kann entweder eine Pumpe (4) oder ein Motorabsperrventil eingebaut werden, um eine unkontrollierte Wärmeabgabe des Pufferspeichers beim Beladen über Pumpe (1) zu verhindern.



Rückflussverhinderer | Schmutzfänger | Motorabsperrventil | Wärmemengenzähler | Fließrichtung | Umschaltventil

Variante 4
BHKW und Brennwert- oder Niedertemperaturkessel mit Pufferspeicher

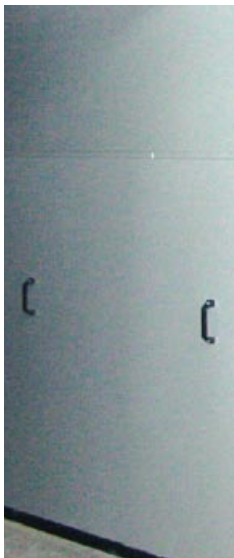
Bei Brennwert- und Niedertemperaturkesseln werden Kessel und BHKW wieder parallel betrieben, wie bereits von der Variante 2 bekannt. Bei reinem Strombedarf kann das BHKW betrieben werden, die Pumpe (4) und das Blockheizkraftwerk sind in Betrieb, der Speicher wird geladen.

Wird kein Strom mehr benötigt oder ist der Speicher geladen, schaltet sich das BHKW ab.

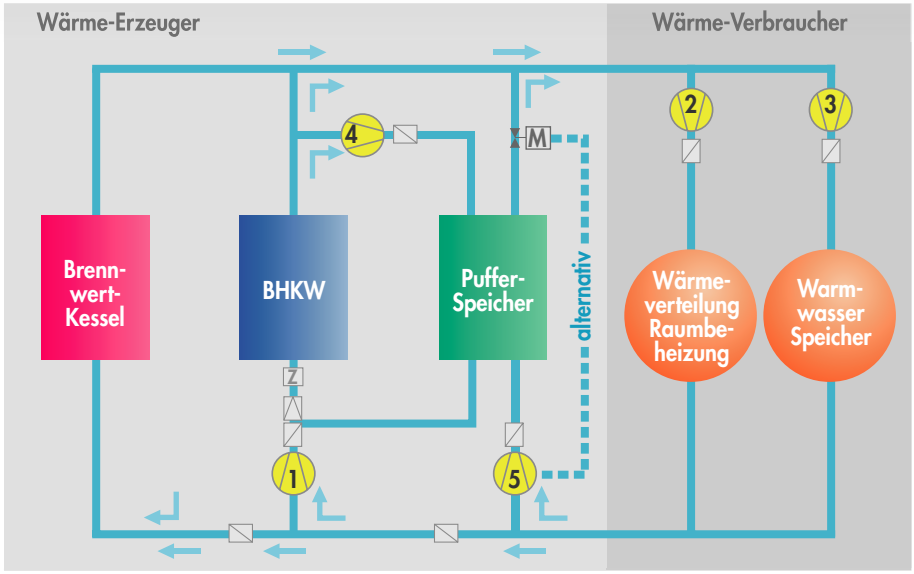
Variante 4a
BHKW und Brennwert- oder Niedertemperaturkessel mit Pufferspeicher: Umschaltung durch Ventile

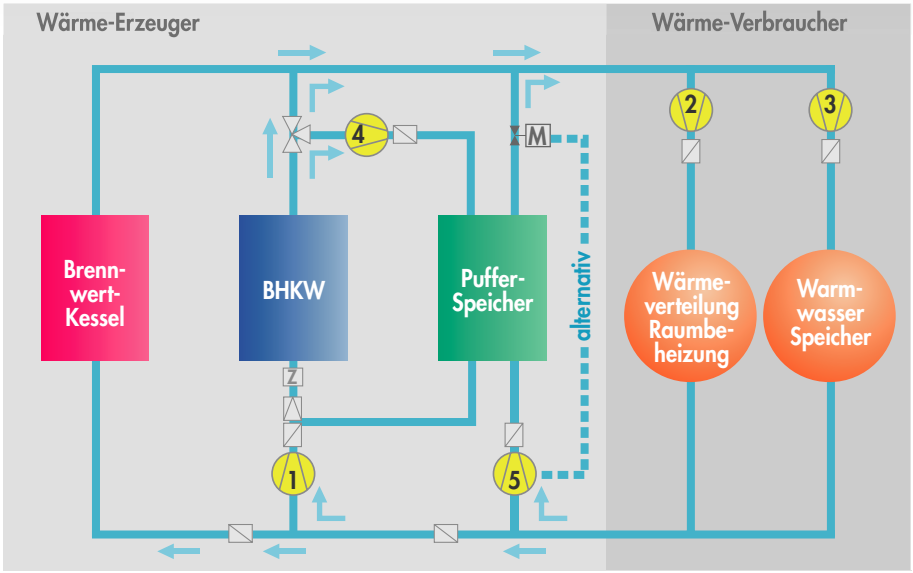
Diese Variante entspricht der vorgenannten Variante 4. Sie unterscheidet sich von ihr dadurch, dass die Umlenkung der Warmwasserströme durch ein Umschaltventil erfolgt.

(1) **Umwälzpumpe**
(mit Nummer der jeweiligen Ansteuerung)



Wird Wärme benötigt, wird wieder in der selben Reihenfolge verfahren: Entladen des Speichers, Nutzung der Wärme des BHKWs (wenn auch Strombedarf vorliegt), Zuschaltung des Kessels, wenn die Heizleistung aus Speicher und BHKW und Speicher nicht ausreicht oder wenn kein Strom benötigt wird. Die Steuerung der Wärmeströme erfolgt durch das Zu- und Abschalten von Pumpen.





Rückflussverhinderer | Schmutzfänger | Motorabsperrventil | Wärmemengenzähler | Fließrichtung | Umschaltventil

BHKW (Bild links)

Heizkessel (Bild rechts)

Im folgenden werden zwei weitere Beispiele (eine Schaltung für die Verbindung mit konventionellen Kesseln, eine für Brennwert- und Niedertemperaturkessel) für die hydraulische Einbindung eines BHKWs vorgestellt, bei denen der Regelungsaufwand reduziert wird.

Variante 5
BHKW: Indirekte Einbindung über einen Pufferspeicher

Das BHKW lädt kontinuierlich den Pufferspeicher, solange Strom benötigt wird und der Speicher freie Kapazitäten hat.

Benötigt der Verbraucher Wärme, so entnimmt er diese automatisch dem Pufferspeicher; der Heizkessel wird nur dann zugeschaltet, wenn die erforderliche Vorlauftemperatur des Heizungssystems allein vom Speicher nicht erreicht wird.

Vorteile dieser Variante sind:

- einfacher Aufbau,
- vereinfachte Regelungstechnik,
- hohe Wärmedeckung durch das BHKW.

Variante 6
BHKW: Indirekte Einbindung über einen Pufferspeicher für Brennwert- und Niedertemperaturkessel

Hier wird der Heizkessel wieder parallel zu den anderen Wärmeerzeugern geschaltet, um eine effiziente Nutzung der Vorteile des Brennwert- bzw. Niedertemperaturheizkessels zu ermöglichen.

Variante 7
Paralleler Anschluss von Wärmeerzeugern und -verbrauchern bei Brennwert- und Niedertemperaturkessel

Hier wird der Heizkessel parallel zu den anderen Wärmeerzeugern geschaltet. Durch eine geeignete Regelungstechnik ist sicherzustellen, dass der Heizkessel nicht den Speicher auflädt.

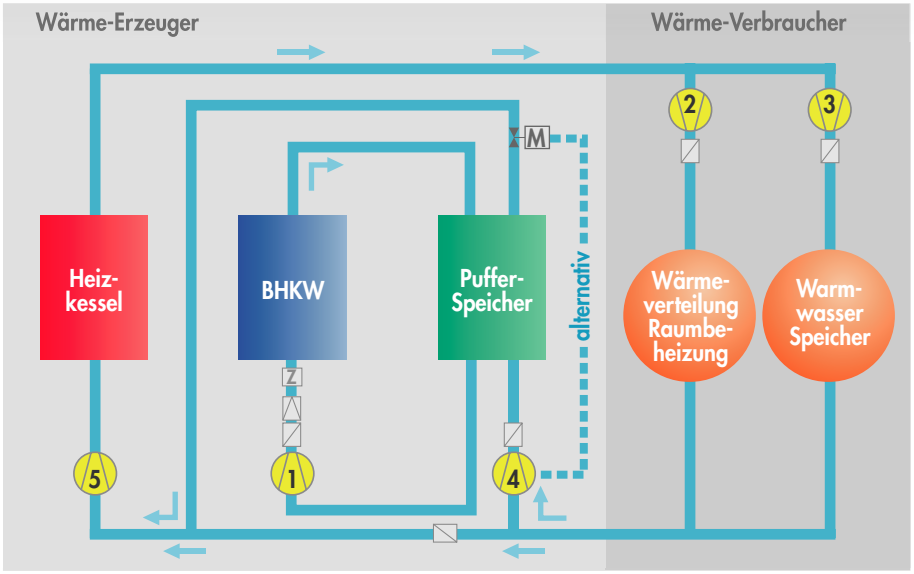
In diesem Beispiel muss das Motorabsperrventil (M) installiert werden, da im Strang des Pufferspeichers keine Pumpe mit Rückflussverhinderer installiert ist.

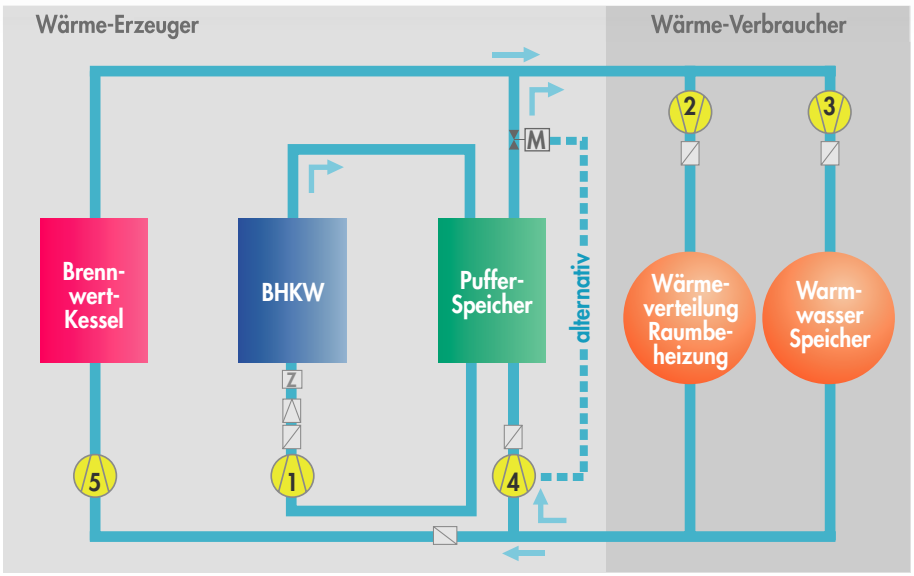
Der eingebaute Pufferspeicher kann, wenn das BHKW korrekt ausgelegt ist, auch als hydraulische Weiche fungieren.

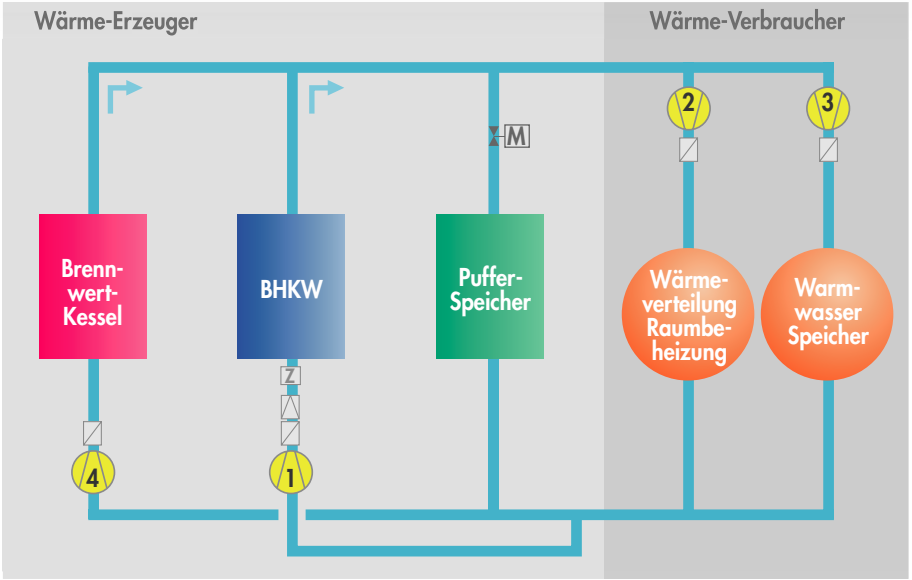
1 **Umwälzpumpe**
(mit Nummer der jeweiligen Ansteuerung)

Dem steht jedoch als Nachteil die Trägheit der Wärmeübertragung vom BHKW an das Heizsystem entgegen, da dieses zunächst seine Wärme an den Pufferspeicher übergibt. Weiterhin können hierdurch etwas höhere Verluste entstehen als bei den vorgezeigten Anschlussbeispielen der Varianten 1 bis 4.

Stillstandsverluste im Kessel können weiter minimiert werden, wenn auch ein konventioneller Kessel wie ein Brennwertkessel eingebunden wird. Dieses zeigt die folgende Variante







Rückflussverhinderer Schmutzfänger M Motorabsperrventil Z Wärmemengenzähler Fließrichtung

 In diesem Kapitel möchten wir Ihnen einen Überblick über

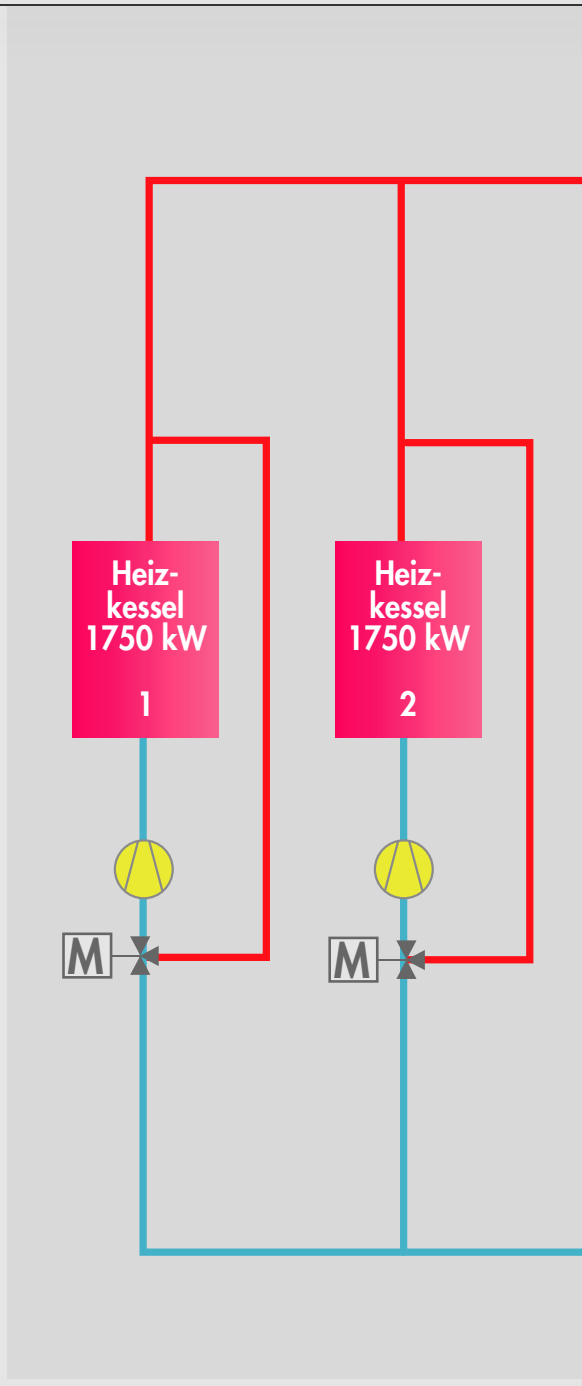
Nachträgliche hydraulische Einbindung eines BHKW in eine bestehende Wärmeerzeugungsanlage mit 2 Heizkesseln

Vorraussetzungen: In eine bestehende Anlage mit 2 Heizkesseln soll zusätzlich ein BHKW integriert werden. Das Temperaturniveau der Wärmeerzeugungsanlage und Wärmeverbraucher soll dabei im Wesentlichen nicht verändert werden und weiterhin von der bestehenden Kesselanlage bestimmt werden. Der Eingriff in die bestehende Hydraulik und in die vorhandene Steuerung und Regelung soll möglichst gering sein. Das BHKW wird in der Grundlast und wärmegeführt betrieben. Die Möglichkeit, mit dem BHKW Spitzenstrom zu erzeugen, soll gewährleistet sein.

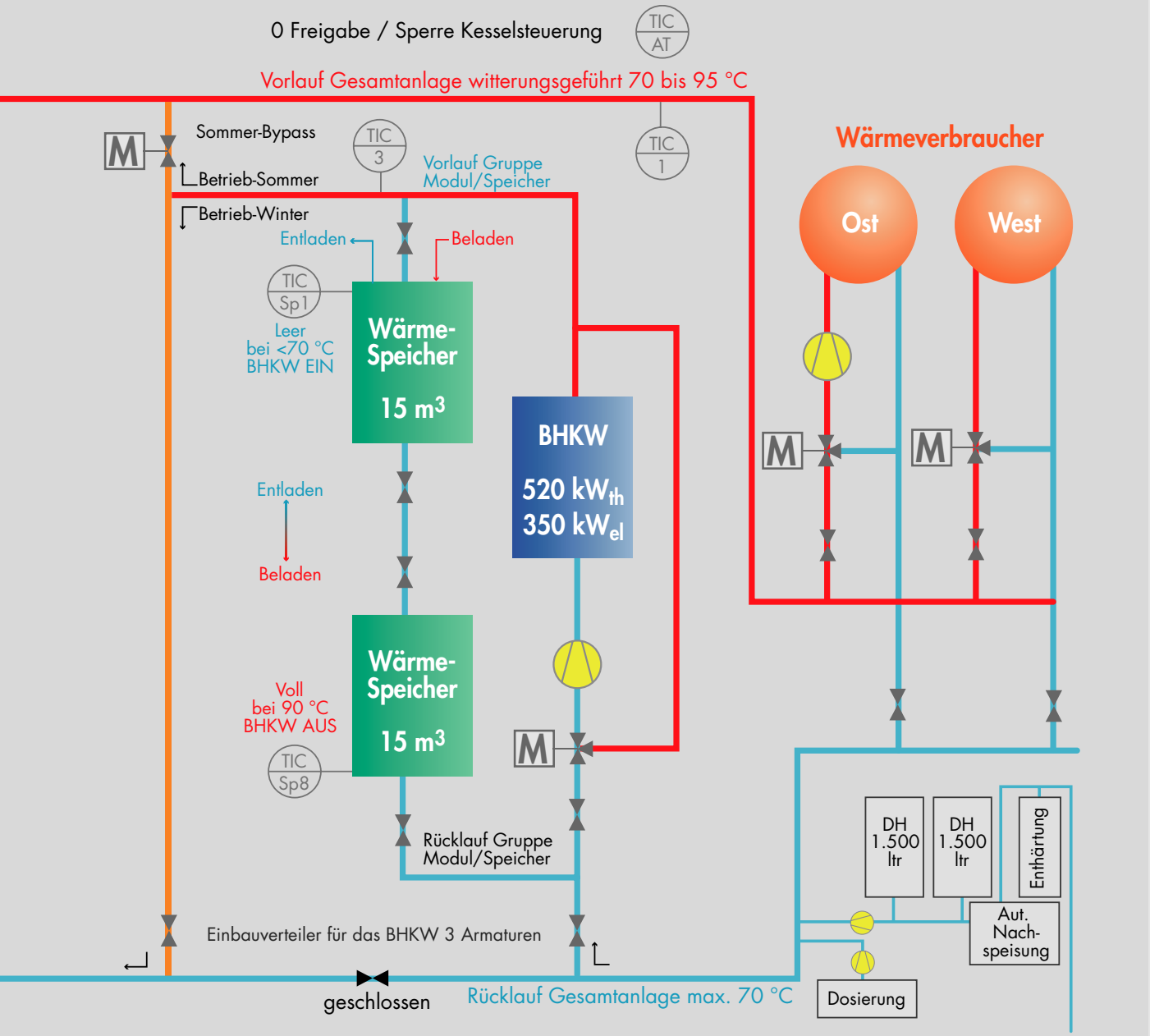
Hydraulische Einbindung

Das nebenstehende Anlagenschema zeigt die hydraulische Einbindung:

- Die Parallelschaltung der bestehenden Heizkessel (2 Niedertemperaturheizkessel) mit jeweils einer eigenen Kesselkreispumpe und Dreiwegemischventil als Anfahrschaltung bzw. Rücklauftemperaturanhebung und zur hydraulischen Absperrung des gerade nicht in Betrieb befindlichen Heizkessels. Die Kesselanlage und die Wärmeverbraucher bilden den hydraulisch äußeren Wasserkreislauf der Gesamtanlage.
- Die hydraulische Einbindung von BHKW und Pufferspeicher in die Bestandsanlage erfolgt in Reihenschaltung vor der Kesselanlage. Die Gruppe BHKW/Speicher bildet im Schema den hydraulisch inneren Wasserkreislauf.
- Die Integration der Gruppe BHKW/Speicher erfolgt in den Gesamtrücklauf der Anlage über einen so genannten „Einbauverteiler". Dieser besteht aus zwei T-Abzweigen mit Armaturen sowie einer dazwischen liegenden Absperreinrichtung im Gesamtrücklauf der Anlage, die nach Installation der Gruppe BHKW/Speicher geschlossen wird.
- Das BHKW dient im „Winterbetrieb" als Vorwärmer für die Kesselanlage. Zum Erreichen der erforderlichen Gesamtvorlauftemperatur TIC 1, der Solltemperatur, heizen die Kessel nach. Im „Sommerbetrieb" reicht die Wärmeleistung des BHKW in der Regel aus, um die erforderliche Gesamtvorlauftemperatur TIC 1 zu bedienen. Die Gruppe BHKW/Speicher versorgt dann direkt - ohne die Kesselanlage - über den „Sommer-Bypass" (Motorklappe offen) die Wärmeverbraucher.
- Zur hydraulischen Entkopplung der Erzeuger- und Verbraucherströme und als Kapazität für einen ggf. „Stromgeführten Betrieb" ohne Wärmeabnahme wird eine Pufferspeicheranlage mit zwei 15 m³-Behältern installiert.



unterschiedlich eingesetzte Komponenten von KWK-Anlagen mit größerer Leistung geben.



Vorteile dieser Art der hydraulischen Einbindung

- Es werden nur minimale Eingriffe in die bestehende Hydraulik der Anlage (Einbauverteiler und Sommer-Bypass) und in die vorhandene Anlagensteuerung (externe Kesselfreigabe für Kesselsteuerung) notwendig.
- Die Gruppe BHKW/Speicher kann durch den Einbauverteiler jederzeit wieder hydraulisch von der Anlage getrennt werden. Für die Einbindungsarbeiten und den Umschluss wird die Dauer der Unterbrechung der Versorgung minimiert.
  Die Versorgung durch die Kesselanlage ist während der Installation des BHKW vor Ort sichergestellt.
- Reicht die Leistung des BHKW inklusive der Speicherkapazität zur Deckung des Wärmebedarfs aus, so werden die Kessel über den Sommer-Bypass umgangen und die Auskühlverluste der Kessel reduziert.
- Liegt eine BHKW-Störung vor, so wird automatisch die Kesselsteuerung freigegeben, die dann autark die Kessel lastabhängig steuert und regelt.
- Es ist gewährleistet, dass das BHKW die Wärmegrundlast versorgt und die Kessel nur bei Spitzenlast zugeschaltet werden. Das BHKW wird immer mit der vollen Wassermenge aus der Anlage und mit niedriger Rücklauftemperatur versorgt. Ein Befüllen der Pufferspeicher durch die Kesselanlage ist ausgeschlossen.
- Durch ein geeignetes Speichermanagement wird der Betrieb des BHKW sichergestellt. Die hierfür notwendige Ansteuerung und Regelung erfolgt durch eine integrierte BHKW-Steuerung. Bei komplett entleerten Speichern und keiner Wärmeabnahme der Verbraucher ist ein Volllastbetrieb des BHKW ca. 1,4 Stunden möglich.

Übergeordnete Steuerung

Durch eine zusätzliche und von der BHKW-Steuerung unabhängige „Übergeordnete Steuerung" - vorzugsweise im Lieferumfang des BHKW-Lieferanten - wird eine wärme- und stromgeführte Fahrweise mit Wärmespeicher realisiert. Hierin ist das bedarfsgerechte Zu- und Abschalten der Spitzenkessel enthalten.

Die Hauptfunktionseinheiten der „Übergeordneten Steuerung" sind:

- Wärmegeführte Betriebsweise für das BHKW und die Heizkessel
- An- und Abwahl des BHKW (ggf. Optimierung durch Leistungsregelung) in Abhängigkeit vom Speicherladezustand.
- An- und Abwahl der Kessel in Abhängigkeit von der witterungsgeführten Gesamtvorlauftemperatur (TIC1)
- Stromgeführte Betriebsweise zur Reduzierung von Stromspitzen, insbesondere in der Hauptbelastungszeit
- Schnittstelle (externer Kontakt) zu Fernwirktechnik oder Leitwarte
- An- und Abwahl des BHKW in Abhängigkeit des Speicherladezustandes: Bei Betrieb des BHKW mit Volllast stellt sich am BHKW eine konstante Vorlauftemperatur von in der Regel 90°C ein. Das BHKW wird anhand des Temperaturniveaus der Pufferspeicher gestartet oder gestoppt. Dazu werden zwei Fühler im Speicher ausgewertet:
  Messstelle Speicher oben (TIC Sp 1):
  70 °C = Speicher leer => BHKW ein
  Messstelle Speicher unten (TIC Sp 8):
  90 °C = Speicher voll => BHKW aus

Sommer-Bypass öffnen bzw. Sperre Kessel:

Bei geringem Wärmeverbrauch (Q Netz < Q BHKW) entspricht bereits die Temperatur TIC 3 der benötigten Gesamtvorlauftemperatur (TIC 1). In diesem Fall wird auf „Sommerbetrieb" umgeschaltet und der Sommer-Bypass mit Motorklappe öffnet. Die Kessel werden gesperrt und somit auch nicht durchströmt. Wenn das BHKW mehr Wärme produziert als die Abnehmer verbrauchen (innerer Wasserkreislauf > äußerer Wasserkreislauf), beginnt sich der Pufferspeicher zu füllen.

Sommer-Bypass schließen bzw. Freigabe Kessel:

Steigt der Wärmebedarf über die max. Wärmeleistung des BHKW (Q Netz > Q BHKW), so werden zunächst die Speicher entladen und dann vom kalten Anlagenrücklauf durchströmt.

Leeren sich die Pufferspeicher trotz laufendem BHKW (innerer Wasserkreislauf < äußerer Wasserkreislauf), stellt sich eine Mischtemperatur an der Messstelle TIC 3 und somit auch im Vorlauf Gesamtanlage TIC 1 ein. Diese ist wesentlich kleiner als die Vorlauftemperatur aus dem BHKW.

Ist der Speicher vollständig entladen (TIC Sp 1 < 70 °C) und fällt die Gesamtvorlauftemperatur TIC 1 unter den witterungsgeführten Sollwert inkl. der Hysterese, werden nach einer Verzögerungszeit die Kessel freigegeben, und die Motorklappe im Sommer-Bypass schließt.

An- und Abwahl der Kessel
in Abhängigkeit der Gesamtvorlauftemperatur:

Die Vorlauftemperatur (Sollwert TIC1) wird witterungsgeführt nach der Außentemperatur betrieben und gleitet zwischen 70 °C und 95 °C. Diese Temperatur wird durch Aufheizen im BHKW und ggf. Nachheizen im Kessel erreicht. Bei Betrieb des BHKW und steigendem Wärmebedarf erfolgt die Freigabe der Kessel in Abhängigkeit der Soll-Ist-Differenz am Messpunkt TIC 1 inkl. Hysterese und einer Verzögerungszeit. Die einzelnen Kesselstufen werden von der Kesselsteuerung angefordert. Die Höhe der Sollwertabweichung ist ein Maß für die Leistungsvorgabe der Kessel, d.h. je nach Sollwertabweichung wird mehr oder weniger Kesselleistung durch die Kesselfolgeschaltung angefordert.

TIC 1 Ist << Sollwert:
=> Erhöhung der Kesselleistung (Anwahl Stufen)

TIC 1 Ist >> Sollwert:
=> Reduzierung der Kesselleistung (Abwahl Stufen)

Elektrische Einbindung

Blockheizkraftwerke werden in der Regel im Verbund mit dem Netz des lokalen Stromversorgers betrieben. Grundsätzlich ist jeder Netzbetreiber verpflichtet, den überschüssigen Strom eines BHKWs in sein Netz einspeisen zu lassen. Außerdem besteht die Verpflichtung, dem Betreiber des Blockheizkraftwerkes für den Strom-Restbezug einen ortsüblichen Stromlieferungsvertrag anzubieten. Um einen reibungslosen und sicheren Betrieb von BHKWs sicherzustellen, sind beim Anschluss an das Niederspannungsnetz des Verteilungsnetzbetreibers folgende Richtlinien einzuhalten:

- Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz des VDEW und
- Niederspannungsanschlussversorgung NAV (Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung).

Beispiele für unterschiedliche Einbindungsvarianten werden im folgenden aufgezeigt. Schwerpunkt dieser Broschüre sind kleine und mittlere Blockheizkraftwerke. Daher wird hier nur die Einbindung im Bereich der Niederspannung von 230 V bzw. 400 V (1 bzw. 3 Phasen) betrachtet.

Relevant sind 2 Bereiche: das elektrische Netz des Verteilnetzbetreibers sowie die elektrische Verteilung beim Betreiber des BHKWs. Der Verteilnetzbetreiber (VNB), der früher Energieversorgungsunternehmen (EVU) genannt wurde, bezeichnet BHKW-Anlagen als „Eigenerzeugungsanlagen". Für den Anschluss und Parallelbetrieb von Energieerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz gibt es eine Richtlinie, die der Verband der Elektrizitätswirtschaft (VDEW e.V.) herausgegeben hat. Zu beziehen ist diese über den VWEW-Energieverlag GmbH, Heidelberg (www.vwew.de).

Der Anschluss von Energieerzeugungsanlagen an das Niederspannungsnetz ist mit dem jeweiligen Verteilnetzbetreiber abzustimmen. Dabei sollten die Technischen Anschlussbedingungen (TAB) des VNB beachtet werden.

Ein BHKW mit einer elektrischen Leistung von weniger als 4,7 kW darf laut VDEW-Richtlinien einphasig an das elektrische Netz angeschlossen werden. Das entspricht einer maximalen Strombelastung von 20 A. Bei größeren elektrischen Leistungen ist eine Einbindung über 3 Phasen erforderlich. Die Anschlussleitung der BHKW-Anlage muss fest an einem Stromkreisverteiler angeschlossen sein. Weitere Verbraucher dürfen an diesen Anschlussklemmen nicht abgezweigt werden.

Des weiteren muss der Netzanschluss über eine dem Personal des VNB jederzeit zugängliche Schaltstelle mit Trennfunktion erfolgen. Dies kann z.B. der Hausanschlusskasten sein, sofern er dem Personal des VNB jederzeit zugänglich ist (DIN VDE 0100-551). Darüber hinaus gibt es auch Lösungen, ohne dass jederzeit eine Zugänglichkeit der Trennstelle erforderlich ist: So gibt es Einrichtungen zur Netzüberwachung mit jeweils zugeordnetem Schaltorgan in Reihe, kurz „ENS" genannt, auf der Basis von E DIN VDE 0126. Die

ENS kann für Leistungen bis 30 kVA eingesetzt werden und ist somit prädestiniert für kleinere BHKWs. Wesentliche Merkmale der ENS sind folgende Schutzfunktionen:

- Spannungsrückgangsschutz,
- Spannungssteigerungsschutz,
- Frequenzrückgangsschutz,
- Frequenzsteigerungsschutz.

Eingriffe in die ENS sind unzulässig, da es sich bei diesen Schaltorganen um typgeprüfte und sicherheitsrelevante Betriebsmittel handelt.

Bei der elektrischen Einbindung von Blockheizkraftwerken, d.h. dem Anschluss an das elektrische Netz oder lokale Verbraucher, wird zwischen 3 Fällen unterschieden,

- der Volleinspeisung,
- der Eigennutzung mit Rückeinspeisung und mit Restbezug sowie
- der Eigennutzung ohne Rückeinspeisung und mit Restbezug.

Die Komponenten der elektrischen Einbindung und deren Anordnung unterscheiden sich voneinander, so dass vor der Planung und Realisierung festgelegt werden muss, für welche Variante sich der Betreiber entscheidet. Wichtig ist auch, die Mengen des über das Netz des VNB bezogenen Stroms und des in sein Netz eingespeisten Stromes getrennt voneinander zu messen, da die Vergütungen für eingespeisten Strom niedriger sind als die Kosten für den Strombezug aus dem Netz. Eine einfache Messung der Differenzen, wie sie konventionelle Stromzähler ausführen würden, reicht nicht aus. Hierfür werden entsprechend geschaltete Stromzähler mit Rücklaufsperren eingesetzt.

Bei Mehrfamilienhäusern, bei denen die Parteien elektrischen Strom von unterschiedlichen Stromanbietern beziehen, sind ggf. gesonderte Messtechniken erforderlich, um eine korrekte Abrechnung für Strombezug, Stromeinspeisung und Stromtransport ermöglichen zu können. Details nennt der Verteilnetzbetreiber (VNB).

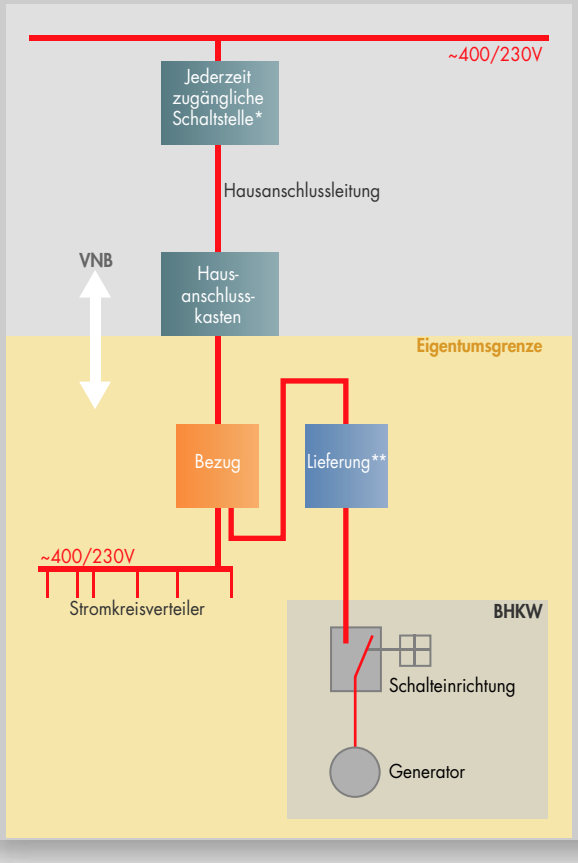
Volleinspeisung

Bei der Volleinspeisung wird der gesamte im BHKW erzeugte elektrische Strom in das Netz des örtlichen Verteilnetzbetreibers (VNB) eingespeist.

Dazu wird vom VNB ein Rückspeisezähler gefordert, welcher die in sein Netz eingespeiste Strommenge erfasst. Hierzu muss der üblicherweise vorhandene Stromzähler gegen ein Gerät mit Rücklaufsperre getauscht werden. Das ist erforderlich, um exakt die Mengen des ins Netz des VNB eingespeisten Stromes messen zu können.

Die Volleinspeisung ist nur empfehlenswert, wenn die Einspeisevergütungen des VNB überdurchschnittlich hoch sind.

Hinweis: Da ein BHKW im Stillstand Strom verbrauchen kann – z.B. kleine Mengen für die Reglung – ist in den meisten Fällen ein zusätzlicher Bezugsmengenzähler erforderlich. Dann entspricht die elektrische Einbindung der folgenden Variante.

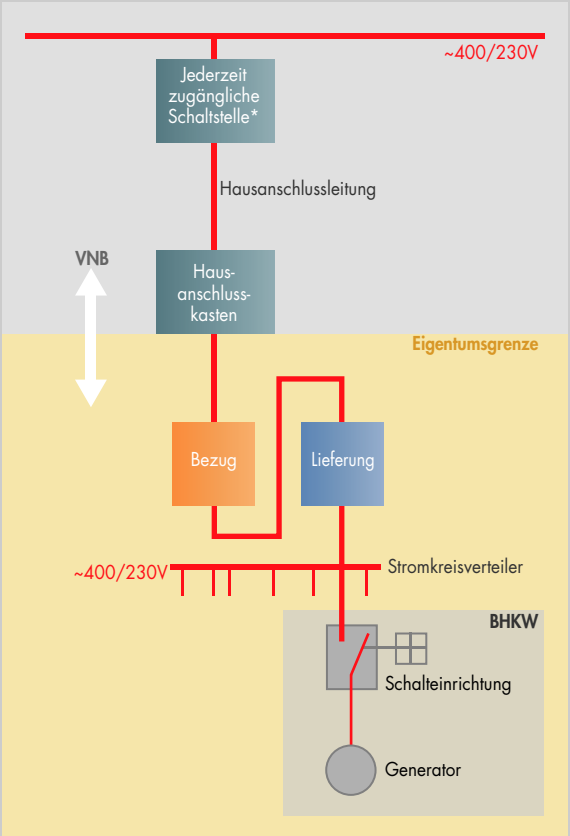


Eigennutzung mit Rückeinspeisung und Restbezug

Bei dieser Variante wird der erzeugte elektrische Strom direkt auf den Stromkreisverteiler geführt. Somit wird der vom BHKW erzeugte elektrische Strom von Stromverbrauchern, die am Stromkreisverteiler angeschlossen sind, direkt genutzt.

Liegt der Stromverbrauch höher als die Menge des im BHKW erzeugten Stroms, wird zusätzlich benötigter Strom zu ortsüblichen Preisen oder Grundpreisen (neues EnWG § 36) aus dem Netz des VNB bezogen. Zur Abrechnung werden zwei Stromzähler mit Rücklaufsperre eingesetzt: Der eine wird zur Messung des eingespeisten Stromes genutzt, der andere ermittelt die aus dem Netz des VNB bezogene Strommenge.

Alternativ können so genannte Vierquadranten-Messwandzähler eingesetzt werden, die den Strom in beiden Richtungen (Bezug und Rückspeisung) messen.

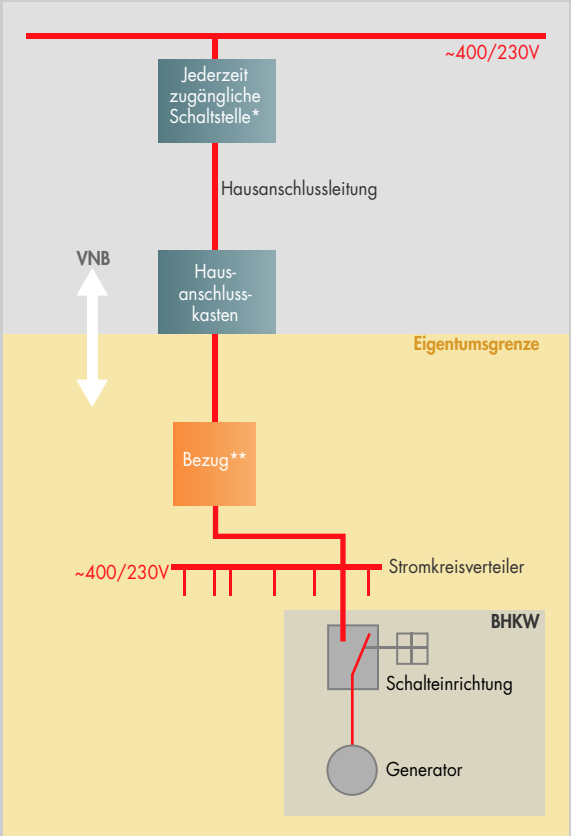


Eigennutzung mit Restbezug ohne Rückeinspeisung

Hier erfolgt der Anschluss ähnlich wie bei der Eigennutzung mit Rückeinspeisung. Der im BHKW erzeugte Strom wird ausschließlich selbst genutzt, eine Einspeisung gegebenenfalls überschüssigen Stroms in das Netz des VNB erfolgt nicht. Es wird nur ein Zähler (mit Rücklaufsperre) benötigt, der nur den Strombezug erfasst. Sollte nicht der gesamte Strom selbst verbraucht werden, so wird er auch in das Netz des örtlichen Verteilungsnetzbetreibers (VNB) eingespeist. Die Strommenge wird jedoch nicht erfasst und auch nicht vergütet!

Vor allem bei hohen elektrischen Grundlasten im Gebäude und wenn dadurch fast der gesamte im BHKW erzeugte Strom über die gesamte BHKW-Laufzeit selbst verbraucht wird, kann es sinnvoll sein diese Variante der elektrischen Einbindung zu wählen. Dadurch lassen sich die Kosten des Rückspeisezählers sparen. Diese Variante ist in der Praxis seltener zu finden.

Eine Besonderheit bieten Blockheizkraftwerke mit Null-Rückeinspeisung: Über die Regelung kann vorgegeben werden, wann elektrische Spitzenbedarfszeiten auftreten. Die Regelung versucht dann weitestgehend nur zu diesen Zeiten das BHKW zu betreiben und somit den eigenerzeugten Strom selbst zu verbrauchen. Die Null-Rückeinspeisung kann auch so realisiert werden, dass das BHKW in Teillast bzw. leistungsreduziert betrieben wird, sobald die am Vierquadranten-Messwertzähler erfassten Ströme eine Rückspeisung in das Netz erfassen.



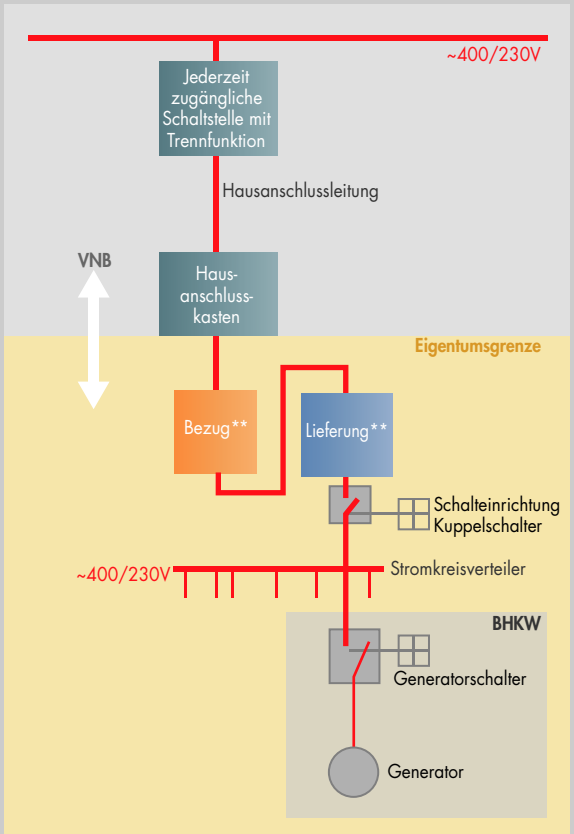
Einsatz von BHKW mit erdgasbetriebenen Motoren als Netzersatzanlage (Notstrom)

Es besteht auch die Möglichkeit erdgasbetriebene BHKWs im Inselbetrieb oder zur Sicherheitsstromversorgung (Netzersatzbetrieb) einzusetzen. Inselbetrieb beschreibt die Betriebsweise eines BHKW, wenn das öffentliche Versorgungsnetz nicht zur Verfügung steht.

Ein Auszug über die Anforderungen inwieweit erdgasbetriebene BHW-Module, die in der DIN VDE 0108 (Starkstromanlagen und Sicherheitsstromversorgung in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen, Versammlungsstätten) und der DIN VDE 0100, Teil 710 (alte DIN VDE 0107, verschärfte Fassung für Krankenhäuser) für Netzersatz eingesetzt werden können, wird im Folgenden aufgeführt:

- Bei Ausfall des elektrischen Versorgungsnetzes muss eine Netzersatzanlage den Betrieb einer Anlage, z.B. Aufzüge, Kühlwasserpumpen, Beleuchtungsanlagen usw., entsprechend den gesetzlichen Vorschriften aufrechterhalten.
- Es bestehen Richtlinien über die Versorgungs- und Umschaltzeiten bei Ausfall des Versorgungsnetzes.
- Die Lagerung des Brennstoffes der Netzersatzanlage unterliegt gesetzlichen Bestimmungen über Lagerorte, Menge und Zeit.

Es besteht also die Möglichkeit für Gebäude, wo auch eine Netzersatzstromversorgung vorgeschrieben ist, diese durch ein BHKW abzudecken. Jeder Einzelfall muss genau überprüft werden. Eine Beurteilung sollte durch fachmännische bzw. gutachterliche Stellungnahmen erfolgen. Die Abb. zeigt ein BHKW im Parallelbetrieb mit dem Stromnetz des Verteilungsnetzbetreibers (VNB) und der Möglichkeit des Inselbetriebes (Trennung vom Stromnetz).



* Diese Schaltstelle kann an dieser Stelle entfallen, wenn der Hausanschlusskasten dem VNB-Personal uneingeschränkt zugänglich ist.

** Messeinrichtungen Drehstrom-Zähler mit Rücklaufsperre

Schutzeinrichtungen:
Kurzschlussschutz
Überlastungsschutz

Spannungsrückgangsschutz
Spannungssteigerungsschutz
Frequenzrückgangsschutz
Frequenzsteigerungsschutz

Ausfall des Verteilungsnetzes:

Fällt das Verteilungsnetz aus, so sprechen die Schutzeinrichtungen an. Der (Netz-) Kuppelschalter öffnet und das in Betrieb befindliche BHKW schaltet ab. Der Generatorschalter ist dann geöffnet.

Ohne das Vorhandensein des Stromnetzes läuft das BHKW über eine Batterieanlage an. Bei Erreichen der Frequenz von 50 Hz wird der Generatorschalter geschlossen. Sind auf der Verbraucherseite große elektrische Lasten vorhanden, so muss sichergestellt werden, dass diese in Stufen zugeschaltet werden, um das BHKW nicht zu überlasten, bevor es seine Nennleistung erreicht hat.

Die wesentliche Regelgröße für eine Heizungsanlage ist im allgemeinen die Temperatur im Heizungssystem, zusätzlich der Volumenstrom. In der Regel wird die Vorlauftemperatur gemessen und geregelt, in einigen Fällen auch die Rücklauftemperatur.

Regelung von BHKWs

BHKWs unterscheiden sich von Heizkesseln. Das ist bei der Auslegung von Regel- und Steuerungssystemen zu berücksichtigen. Es geht dabei vor allem um hohe Laufzeiten bei maximal möglicher Leistung und um die Minimierung von Start-Stop-Vorgängen (Taktbetrieb).

Grundsätzlich unterscheidet man die Betriebsarten Strom- oder Wärmegeführt.

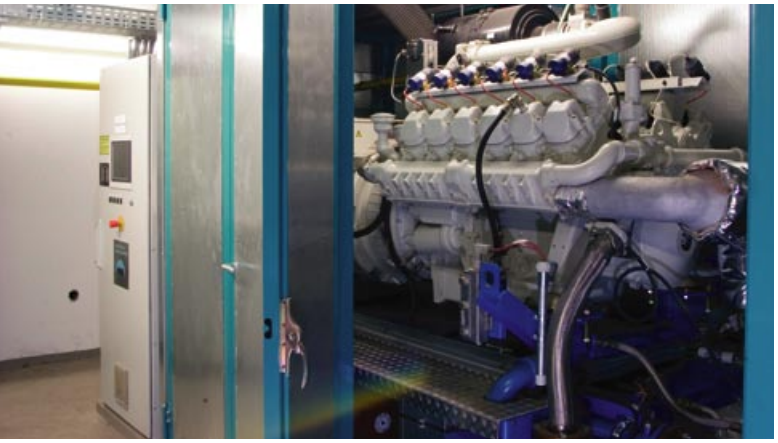
Stromgeführte Regelung

Richtet sich die Leistungsabgabe nach dem lokalen Strombedarf (stromgeführtes BHKW), so muss die in diesem Zeitraum nicht nutzbare Wärme abgefahren werden. Hierzu kann ein Wärmespeicher eingesetzt werden. Es können dann z.B. Lastspitzen im Stromverbrauch abgefahren werden. Dazu wird der Speicher bedarfsweise ge- und entladen.

Wärmegeführte Regelung

BHKWs sind bei dieser Betriebsweise als Grundlastwärmeerzeuger ausgelegt. Sie sollten für einen wirtschaftlichen Betrieb mindestens 4.000 Volllaststunden im Jahr erreichen und möglichst wenig im Taktbetrieb laufen. Große Heizungssysteme verfügen meist über eine ausreichende Speicherfähigkeit. Zur Optimierung der Laufzeiten kann auch ein Wärmespeicher (Pufferspeicher) eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu Heizkesseln kann der heizungsseitige Volumenstrom bei BHKWs nicht beliebig erhöht werden. Daher kann die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf nicht sehr viel kleiner als 20 K werden. Daraus ergibt sich eine maximal zulässige Rücklauftemperatur von 70 °C. Prinzipiell sollten niedrigere Temperaturen angestrebt werden. Durch niedrige Rücklauftemperaturen kann ein deutlich höherer Gesamtwirkungsgrad erzielt werden und gleichzeitig werden die thermischen Verluste im Heizungssystem minimiert.



BHKW-Regelungen

Zur Regelung von BHKWs können herkömmliche Systeme, zum Beispiel Kesselregelungen oder Heizkreisregler, eingesetzt werden. Alternativ ist auch die Einbindung in ein übergeordnetes Regelsystem mit zentraler Heizungsregelung möglich. Dann fordert die externe Heizungsregelung das BHKW an und gibt die benötigte Leistung vor.

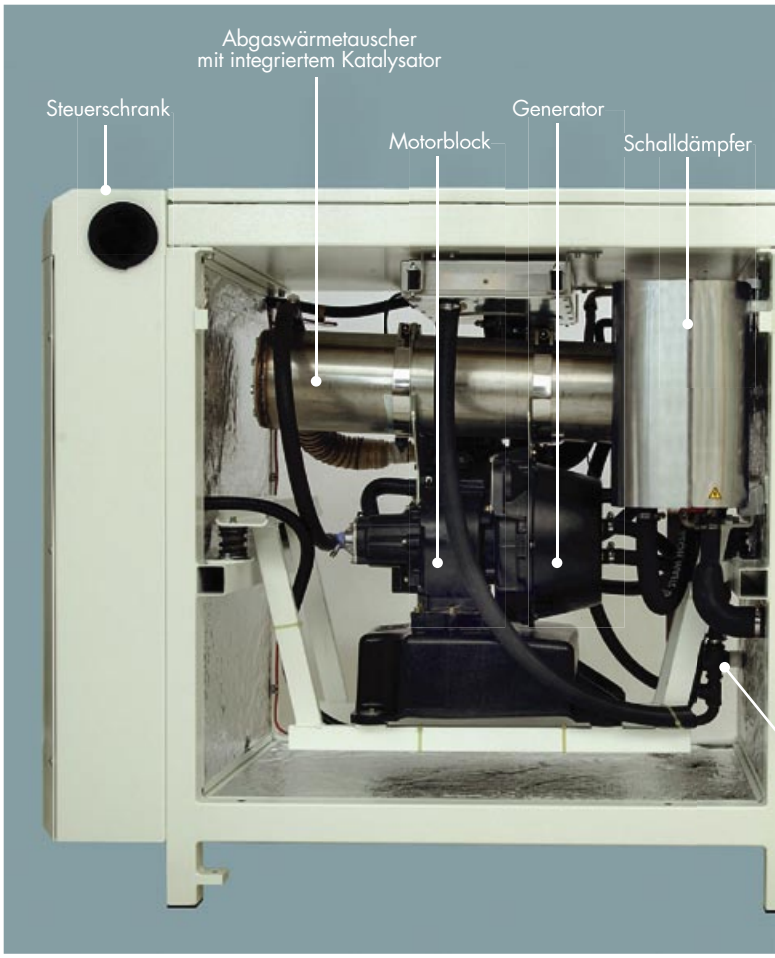
Das BHKW wird bei Wärmebedarf als erstes bzw. Grundlast-Wärmeerzeuger angewählt. Kann das BHKW die erforderliche Wärmeleistung nicht abdecken, wird ein Heizkessel zugeschaltet. Bei Überschreiten der Vorlauftemperatur sollte der Heizkessel möglichst ohne Verzögerung abschalten.

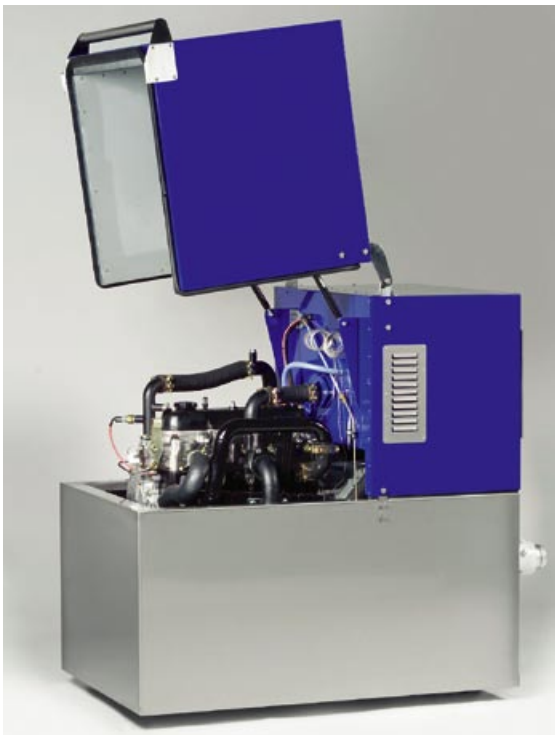
Erdgasanschluss

Der Anschluss an das Brenngas der kleinen BHKW erfolgt nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, speziell des DVGW-Regelwerkes (Technische Regeln Gas Installation TRGI sowie Technische Regeln Flüssiggas TRF). Relevant sind u.a. TRGI G 600, G 640 sowie ggf. TRF. Ferner sind die Angaben der Hersteller zu berücksichtigen. Die zu berücksichtigenden Sicherheitseinrichtungen für die unterschiedlichen Systeme der Hersteller sind ebenfalls den Herstellerunterlagen zu entnehmen.

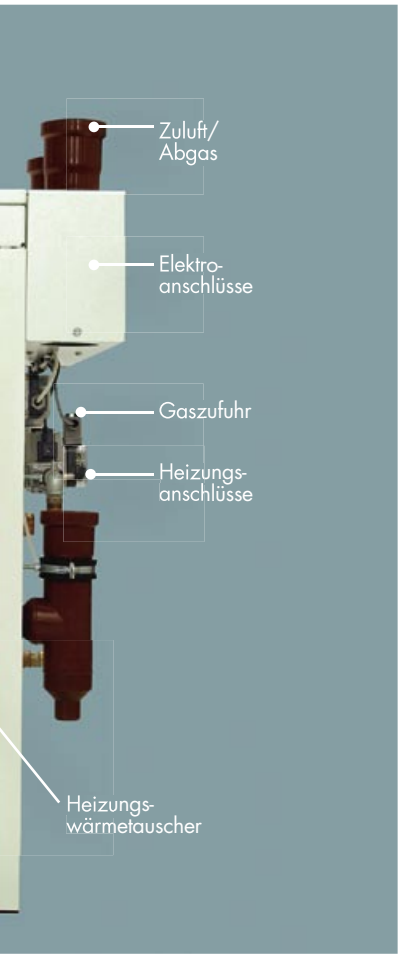
Da bei BHKWs bei einem entsprechend hohen Jahresnutzungsgrad (ab 2005 > 70 %) die Energiesteuer des eingesetzten Erdgases zurückerstattet wird, ist u.a. zu berücksichtigen, dass die im BHKW umgesetzte Gasmenge bestimmt werden kann. Bei einem BHKW mit konstanter Motordrehzahl und nicht regelbarer Leistung kann auf einen separaten Gaszähler für die verbrauchte Gasmenge des BHKWs verzichtet werden. Der Gasverbrauch, welcher zur Rückerstattung der Energiesteuer (derzeit 0,55 ct/kWh) benötigt wird, kann über die Betriebsstunden durch Ablesen des Betriebsstundenzählers und Multiplikation mit der Feuerungsleistung die verbrauchte Erdgasmenge ermittelt werden.

Bei drehzahlgeregelten BHKWs, wie z.B. dem Fabrikat Ecopower, ist der Einsatz eines eigenen Gaszählers nur für das BHKW erforderlich. Wird der im BHKW eigenerzeugte Strom hingegen über einen eigenen Stromzähler gemessen, so kann auch der Gasverbrauch über den Nutzungsgrad berechnet werden.





Abgas



Die Ableitung der Verbrennungsgase von Blockheizkraftwerken (BHKW) in Gebäuden erfolgt im allgemeinen nach den Vorschriften der Landesbauordnungen (LBO) und der Feuerungsverordnungen der Länder (LFeuVO) unter Überdruck in Abgasleitungen bis über Dach. Bei der Auswahl der Abgasleitung sind u.a. folgende Kriterien zu erfüllen:

- Dichtheit,
- Korrosionsbeständigkeit,
- Temperaturbeständigkeit,
- Brandschutz,
- Berührungsschutz im Verkehrsbereich bei Oberflächentemperaturen oberhalb von 80 °C,
- Standsicherheit der Rohrleitungen.

Die Abgasleitung muss in einem belüfteten Schacht oder Kanal geführt werden, wenn ein anderer Brandschutzabschnitt im Gebäude durchfahren wird. Als Schacht können auch nicht belegte Schornsteine, Abluftschornsteine oder ähnliches verwendet werden. Hierbei ist die Belegung eines Schachtes mit mehreren Abgasleitungen zulässig. Abhängig von der Abgastemperatur kann es erforderlich sein, eine Kaminsanierung durchzuführen oder eine neue Abgasleitung zu installieren, die auch außerhalb des Gebäudes geführt werden kann.

Um speziell bei Klein-BHKW und Strom erzeugenden Heizungen die Investitionskosten für die Abgasanlage zu reduzieren, ist auch die Nutzung vorhandener Abgasanlagen für Feuerstätten (Hausschornsteine oder Unterdruckabgasanlagen nach DIN 18160-1) möglich. In diesem Fall ist darauf zu achten, dass der Überdruck vor Eintritt in die Abgasanlage vollständig abgebaut ist. Dieses kann beispielsweise durch den Einbau spezieller Abgaseinführungsstücke zum Druckabbau erfolgen. Um die Übertragung von Schwingungen und Geräuschen zu minimieren, ist ggf. ein entsprechendes Abgaselement vorzusehen.

Beim Betrieb mit Unterdruck ist auch eine Mehrfachbelegung mit mehreren Klein-BHKW oder der gemeinsame Anschluss an eine Abgasabführung mit einer Feuerstätte mit einem oder mehreren Klein-BHKW möglich, sofern hierzu ein Gutachten einer anerkannten Prüfstelle vorliegt. Der Funktionsnachweis erfolgt durch Auslegung nach TÜV-geprüften Diagrammen oder Berechnungen nach DIN/EN 13384. Die Funktionsbedingungen müssen bei alleinigem und gemeinsamem Betrieb der angeschlossenen Feuerstätten und Blockheizkraftwerke erfüllt sein.

Der zuständige Bezirksschornsteinfegermeister sollte möglichst frühzeitig in die Planung vor Beginn der Baumaßnahmen einbezogen werden. Damit lassen sich ggf. später auftretende Probleme bei der Abnahme der Anlage vermeiden.

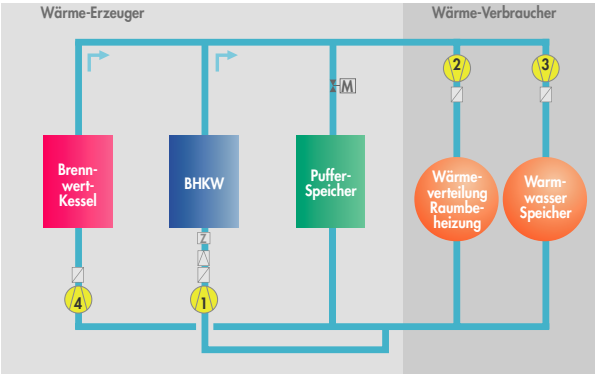
Bei mit Erdgas betriebenen BHKWs mit einer Feuerungsleistung von mehr als 1 MW ist ein Genehmigungsverfahren nach dem Bundes Immissionsschutzgesetz (BImSchG) durchzuführen. In den meisten Fällen wird ein Kleinst-BHKW wie jeder andere gasbetriebene Wärmeerzeuger behandelt.

Checkliste zur hydraulischen Einbindung von kleinen und mittleren BHKWs

Besonders wichtig ist die korrekte hydraulische Einbindung eines BHKWs bzw. einer KWK-Anlage. Daher an dieser Stelle eine Checkliste über wichtige Punkte, die zu beachten sind:

Ist die Anlage hydraulisch abgeglichen?
Erlaubt die Regelungstechnik die Ansteuerung von BHKW, Kessel und der erforderlichen Pumpen, Ventile usw.?
Passen die Fördermengen der Pumpen zueinander oder werden ggf. einzelne Aggregate zu stark oder zu schwach durchströmt?
Sind die Leitungsquerschnitte für die erforderlichen Volumenströme ausgelegt?
Sind die Strömungsquerschnitte von BHKW, Kessel, Speicher und Verbrauchern für die vorgesehenen Volumenströme und Drücke geeignet?
Sind die Vorschriften der EnEV berücksichtigt?
Können zeitweise nicht benötigte Komponenten, wie z.B. der Kessel, so geschaltet werden, dass sie nicht durchströmt werden, wenn Sie nicht gebraucht werden? Hierdurch können Stillstandsverluste minimiert werden.

Für die meisten Anwendungen ist die auf Seite 13 vorgestellte Variante der hydraulischen Einbindung geeignet. Insbesondere die Parallelschaltung von BHKW und Heizkessel sichert hohe Nutzungsgrade, da der Kessel nicht durchströmt wird, wenn die Heizleistung des BHKWs ausreicht.



Primärkreis (Wärmeerzeuger)

Bei den Wärmeerzeugern ist vor allem das Zusammenspiel von Kessel und BHKW wichtig . Ebenso die unterschiedlichen Wassermengen, die auf der Erzeugerseite und der Verbraucherseite benötigt werden. Hier ist der Einbau einer hydraulischen Weiche oft sinnvoll. Folgende Punkte sollten unbedingt beachtet werden:

- Beachtung des Volumenstroms bei Zuschaltung des Kessels (teilweise um den Faktor 10 und mehr größer als der max. Volumenstrom des BHKW-Moduls, Überschwingen der Vorlauftemperatur)
- Brennwertnutzung beim BHKW-Modul (der Anteil der Wärmeerzeugung des BHKW-Moduls kann bis zu bis 80 % der Jahresheizarbeit betragen)
- Eine gemeinsame Regelung sollte BHKW-Modul und Kessel bedienen
- Es kann sinnvoll sein die BHKW-Leistung auf mehrere Module zu verteilen (höhere Investitionen bei besser Regelanpassung)
- Warmwasserlademodelle eventuell ungünstig (hohe Anschlussleistung). Abhilfe kann hier die Auslegung des außenliegenden Wärmetauschers auf die thermische BHKW-Leistung schaffen.
- Be- und Entlüftung sind zu beachten
- Schallschutzmaßnahmen berücksichtigen
- Ggf. Einbau von Wärmemengenzähler zum Nachweis des Jahresnutzungsgrades zur Erstattung der Energiesteuer des eingesetzten Erdgases (bei kleinen BHKW-Anlagen von weniger als 100 kW_{el} ggf. nicht erforderlich)
- Die Wasserqualität des Heizungswassers und des Nachspeisewassers ist zu beachten (Herstellerangeben bzw. VDI-Richtlinie 2035)
- Wird eine BHKW-Anlage auf kleine Last (10 bis 20 % der Wärmehöchstlast) ausgelegt, so kann oft auf einen Pufferspeicher verzichtet werden.

Sekundärkreis (Wärmeverbraucher)

Ein BHKW bzw. eine KWK-Anlage stellt höhere Anforderungen an die Hydraulik als ein Kessel. Überschreitet die System-Rücklauftemperatur einen bestimmten Wert (in der Regel 70 °C), so kann das Modul nicht mehr ausreichend gekühlt werden und schaltet ab. Um dieses zu vermeiden, sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Hydraulischer Abgleich der Sekundärheizkreise
- Vermeidung von sogenannten Einspritzschaltungen bei Lüftungsanlagen
- Vermeidung von Bypässen, z.B. am Ende des Heizungsstranges oder bei der Warmwasser-Bereitung
- Vermeidung von Wärmespitzen (Lastverteilung)
- Beachtung der Auswirkungen aller Sekundärvolumenströme (Summe aller Sekundärpumpen) auf mögliche hydraulische Auswirkungen auf den Primärkreislauf
- Optimierung der Regelparameter der einzelnen Regelkreise
- Überprüfung der Pumpenparameter (Fördermenge, Druckregelung) der nachgeschalteten Regelkreise

Die vorliegende Broschüre kann nur einen Überblick über die mögliche Einbindung kleiner und mittlerer BHKWs und KWK-Anlagen geben. Für die Umsetzung ist die verantwortliche Einbindung der Hersteller bzw. erfahrener Planer erforderlich.

Die in dieser Broschüre gemachten Aussagen sind nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt worden. Eine Haftung jeglicher Art kann jedoch nicht übernommen werden, da die Planung und Umsetzung einer BHKW- bzw. KWK-Anlage das Know How eines erfahrenen Planers oder Herstellers unbedingt voraussetzt. Dieses gilt für Auslegung, Aufbau, Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung, Reparaturen und ggf. den Rückbau und die Erneuerung einer solchen Anlage.

Impressum

Herausgeber:
ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.
Bismarckstraße 16
67655 Kaiserslautern
Telefon 06 31 / 360 90 70
info@asue.de
www.asue.de

Bearbeitung:
ASUE-Arbeitskreis „Brennstoffzellen / Blockheizkraftwerke“,
Gerhard Gentner, Schwäbisch Hall
Albert Juling, Fulda
Dr. Stephan Krein, Leipzig
Gerhard Lorch, Frankfurt/Main
Cord Müller, Göppingen
Gerhard Neuhaus, Dortmund
Michael Ruch, Frankfurt/Main
Klaus Schipek, Freiburg
Peter Stahl, Frankfurt/Main
Dr. Jochen Arthkamp, Essen

Grafik:
Kristina Weddeling, Essen

Vertrieb:
Verlag Rationeller Erdgaseinsatz
Postfach 2547
67613 Kaiserslautern
Telefax 06 31 / 360 90 71

Einbindung von Blockheizkraftwerken
Best.-Nr. 050107
Schutzgebühr: 2,50 €

Hinweis:
Die Angaben in dieser Broschüre sind sorgfältig erstellt worden. Alle Angaben sind ohne Gewähr, eine Haftung für die Inhalte sowie daraus resultierende Folgen kann nicht übernommen werden.

www.asue.de