

Planungsleitfaden Erdgas-Blockheizkraftwerke



Kraft-Wärme-Kopplung

1	Kraft-Wärme-Kopplung.....	3
1.1	Grundlagen	3
1.2	Definition BHKW-Modul.....	4
1.3	Einsatzmöglichkeiten.....	4
1.4	Sinnvoller Einsatz eines BHKW.....	6
2	Wirtschaftlichkeit	8
2.1	Wann ist ein BHKW wirtschaftlich sinnvoll.....	8
2.1.1	Kapitalgebundene Kosten.....	8
2.1.2	Betriebs- und Verbrauchsgebundene Kosten.....	9
2.1.3	Erlöse	9
2.2	Beispiele für Wirtschaftlichkeit.....	10
3	Technische Beschreibung	12
3.1	BHKW-Reihe Erdgas	12
3.2	BHKW-Serienausstattung	13
3.3	BHKW-Steuerung und Überwachung.....	18
3.4	BHKW-Mehrmodulmanagement kombiniert mit Kesselanlage.....	21
3.5	BHKW-Aufbau und Anschlüsse.....	233
3.6	BHKW-Betriebsarten.....	27
4	Planungshinweise	28
4.1	Allgemeine Hinweise zu Vorschriften, Normen und Richtlinien	28
4.2	Schallschutz	31
4.2.1	Luft- und Körperschallübertragung	31
4.2.2	Geräuschemissionsrichtwerte.....	33
4.2.3	Lärmschutzmaßnahmen	35
4.3	Regelungsstrategien.....	38
4.4	Anforderungen an Aufstellraum	39
4.5	Elektroeinbindung.....	40
4.5.1	Allgemeine Hinweise.....	40
4.5.2	Netzparallelbetrieb	41
4.5.3	Netzersatzbetrieb	43
4.5.4	Inselbetrieb	44
4.6	Heizungseinbindung	45
4.6.1	Allgemeine Hinweise.....	45
4.6.2	Anlagenbeispiel mit einem BHKW und Spitzenlastkessel.....	46
4.6.3	Anlagenbeispiel mit BHKW-Kaskade, Spitzenlastkessel und Pufferspeicher.....	47
4.6.4	Anlagenbeispiel mit einem BHKW und Absorptionskälteanlage.....	48

Kraft-Wärme-Kopplung

4.6.5	Anlagenbeispiel mit einem BHKW und Dampferzeuger.....	49
4.7	Einbindung Gas.....	50
4.8	Einbindung Abgastechnik.....	51
4.9	Einbindung Kondensatableitung.....	55
4.10	Einbindung Lüftungstechnik für Zu- und Abluft.....	56
4.11	Einbindung zusätzlicher und optionaler Peripherie	58
4.11.1	Notkühlung	58
4.11.2	Schmierölnachfülleinrichtung	60
5	Montage und Betrieb.....	62
5.1	Vorschriften zur Vermeidung von Unfällen mit Personenschäden	62
5.2	Einbringung und Montage.....	63
5.3	Inbetriebnahme / Betriebsbedingungen	65
5.4	Hinweise Wartung und Instandhaltung.....	66
5.5	Betriebsmittel	70
5.5.1	Betriebswasser zur Motorkühlung	70
5.5.2	Heizungswasser	70
5.5.3	Schmieröl	70
5.5.4	Einzuhaltende Brennstoffwert Gas	72
6	Modulprogramm WA Notstromtechnik GmbH.....	73
6.1	Erdgas	73
6.2	Diesel-Heizöl	75
6.3	Biogas-Klärgas-Deponiegas	77

1 Kraft-Wärme-Kopplung

1.1 Grundlagen

Klimawandel, Ressourcenknappheit, steigende Energiepreise: Auf dem Weg zu einer neuen, emissionsarmen Energieversorgung spielen die fossilen Energieträger wie Kohle, Öl und Erdgas noch eine wichtige Rolle. Daher hat der sparsame und umweltfreundliche Umgang mit diesen Ressourcen oberste Priorität und ist ein wichtiger Motor für Innovationen im Energieversorgungssektor.

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) leistet hierbei einen wesentlichen Beitrag. Strom und Wärme werden als Koppelprodukt in einer Anlage erzeugt statt der getrennten Erzeugung in verschiedenen Anlagen.

Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung im Vergleich zu der getrennten Energieerzeugung:

- Steigerung der Energieeffizienz durch die doppelte Nutzung der Primärenergie
- Reduzierung der Energiekosten
- Minderung der Emission durch die Reduzierung von Umwandlungs- und Übertragungsverlusten
- Entlastung der elektrischen Netze durch die dezentrale Stromerzeugung

Entsprechend der energie- und klimapolitischen Zielsetzung der Bundesregierung soll der Anteil von KWK-Strom an der Gesamtstromerzeugung bis zum Jahr 2020 auf 25% erhöht werden. Das KWK-Gesetz fördert die Modernisierung und Neuerrichtung von KWK-Anlagen und schafft so Anreize zum Ausbau dieser Technologie.

1.2 Definition BHKW- Modul

Blockheizkraftwerke nutzen das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Dabei verläuft die Stromerzeugung immer nach dem gleichen Prinzip: Ein Brennstoff wird in einer Verbrennungsmaschine verbrannt. Dieser Maschine treibt einen Synchrongenerator an, der Kraft in Strom umwandelt. In der Regel werden diese Anlagen parallel zum öffentlichen Stromnetz betrieben, jedoch ist durch den Einsatz von Synchrongeneratoren auch der Netzersatzbetrieb möglich.

Die anfallende Wärme aus Verbrennungsanlage (Turbine oder Motor), sowie die Abgase werden sinnvoll verwendet, indem diese über Fernwärme oder - im Falle von kleinen und mittelgroßen Blockheizkraftwerken - direkt im Objekt (dezentral) als Nutzwärme über einen Plattenwärmetauscher angeschlossenen Verbrauchern zur Verfügung gestellt wird. Der Gesamtwirkungsgrad liegt somit etwa über 90% und die Primärenergieeinsparung bei etwa 40% gegenüber der getrennten Energieerzeugung.

Ein BHKW besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- Antriebsaggregat (Verbrennungs- oder Gasmotor o.ä.)
- Synchrongenerator zur Stromerzeugung
- Wärmetauscher zur Wärmeauskopplung

Darüber hinaus umfasst die Ausrüstung eines BHKW folgende weiteren Komponenten:

- Steuerungs- und Regelungseinrichtungen
- Wärmetauschereinheiten
- Komponenten zur Minderung von Schadstoffemission
- Abgasanlage
- Zu- und Ablufteinrichtungen
- Schallschutzeinrichtungen
- Anschlüsse für Brennstoffzufuhr sowie Wärme- und Stromauskopplung

1.3 Einsatzmöglichkeiten

Grundsätzlich eignet sich ein BHKW für den Einsatz in Objekten mit einem gleichzeitigen und möglichst konstanten Strom- und Wärmebedarf. Die BHKW-Module sind in verschiedenen Leistungsklassen erhältlich. Durch das Zusammenschalten mehrere Module (Kaskadierung) kann die Leistungsgröße individuell dem Objekt angepasst werden. Die kompakte und anschlussfertige Bauweise des BHKW- Moduls ermöglicht bei optimalen Gegebenheiten eine schnelle Installation ohne hohen Planungsaufwand.

Durch die Kombination mit Ad- oder Absorptionskälteanlagen kann die Laufzeit des BHKW, besonders in den Sommermonaten, erheblich gesteigert werden. Somit wird die eingesetzte Primärenergie noch effizienter genutzt.

Ein BHKW kann als wärme- oder stromgeführte Variante betrieben werden. Je nach dem Temperatursollwert oder dem Strombedarf schaltet sich das BHKW zu oder ab.

Kraft-Wärme-Kopplung

Bereich	Objekt (Beispiele)	Besonderheit
Nah- & Fernwärme	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wohnsiedlungen ▪ Wohn- und Gewerbeparks 	<p>Hier besteht vorrangig ein konstanter Wärmebedarf. Die gleichzeitig erzeugte Elektroenergie wird eigenverbraucht oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist.</p>
Kommunen / öffentliche Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kliniken ▪ Schulen ▪ Pflegeeinrichtungen ▪ Schwimmbäder ▪ Flughäfen ▪ Kureinrichtungen ▪ Kläranlagen / Deponien 	<p>Besonders Kliniken eignen sich auf Grund ihres hohen und konstanten Wärme- und Strombedarfs besonders für den Einsatz eines BHKW. Auch die notwendigen Notstrom-anforderungen erfüllt das BHKW problemlos. Bei Kläranlagen und Deponien eignen sich speziell konzipierte BHKW durch die Produktion von Strom aus dem „kostenlosen“ Brennstoff (Klär-Deponiegas).</p>
Industrie, Handel, Gewerbe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verwaltungsgebäude ▪ Produktion ▪ Brauereien und Molkereien ▪ Hotels- und Freizeitanlagen ▪ Einkaufszentren ▪ Galvanik ▪ Gießereien 	<p>In Gewerbe- und Industriebetrieben eignet sich ein BHKW gut für die Bereitstellung von Prozesswärme und Dampf in den Produktionsbereichen. Maßgebend ist hier das benötigte Temperaturniveau. Hotels, Freizeitanlagen und Einkaufszentren haben einen relativ konstanten und ganzjährigen Strom- und Wärmebedarf. In den Sommermonaten die Betriebsweise durch die Umwandlung der Wärme in Kälte optimiert werden.</p>

1.4 Sinnvoller Einsatz eines BHKW

Ziel bei dem Betrieb eines BHKW ist es, durch die Eigenerzeugung von Strom den Strombezug von einem Energieversorger (EVU) zu minimieren oder gar zu vermeiden. In Verbindung mit der Nutzung der im BHKW erzeugten Wärme, soll ein wirtschaftlicher Nutzen für den Betreiber erzielt werden. Um diesen wirtschaftlichen Nutzen zu erzielen, ist eine sorgfältige Planung und Auslegung des BHKW absolut notwendig. Die Basis der Planung und Auslegung ist die Ermittlung der richtigen Leistungsgröße. Hierzu ist eine detaillierte Analyse der Wärme- und Stromseitigen Randbedingungen des jeweiligen Objekts, um die Wärme- und Stromerzeugung des BHKW an die jeweiligen Bedarfswerte anzupassen. Um einen wirtschaftlichen Betrieb eines BHKW nachhaltig zu gewährleisten, ist eine hohe Anlagenauslastung zwingend notwendig, d.h. lange unterbrechungsfreie Laufzeiten.

Die Auslegung ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Nachfolgend einige Faustwerte die für eine allgemeine Abschätzung notwendig sind:

- Klimazone
- Allgemeine Objekteigenschaften (Dämmung, Nutzungsgewohnheiten etc.)
- Aufstellhöhe über NN
- Verhältnis Wärmeleistung BHKW zu Kessel bzw. Fernwärme
- Verhältnis spezifischer Strompreis zu spezifischer Gaspreis
- Gleichzeitiger kontinuierlicher Bedarf an Strom und Wärme

Nachfolgend zwei Faustformeln für eine grobe Abschätzung:

Anhand des Jahreswärmebedarfs

$$\text{thermische Leistung}_{BHKW} [kW] \geq \frac{\text{Jahreswärm ebedarf [in kwh]}}{6.000 h}$$

Anhand der Heizungsleistung

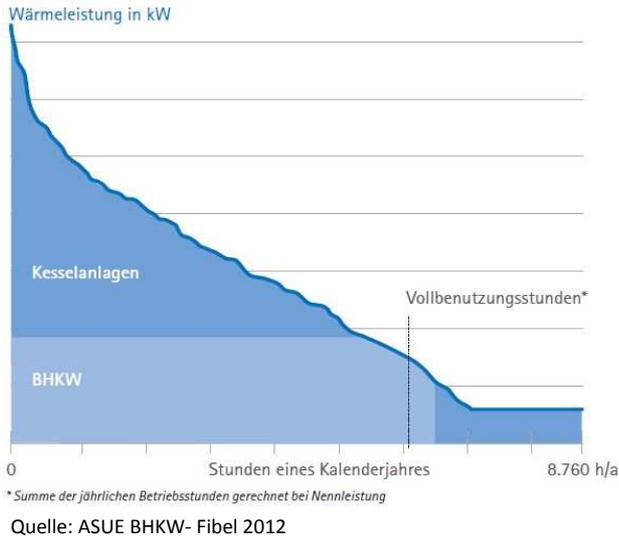
$$\text{thermische Leistung}_{BHKW} [kW] = 0,1 \dots 0,3 \cdot \text{Heizlast}_{\text{Objekt}} [kW]$$

Eine Reduzierung der ermittelten Leistung sollte bei keinem, oder einem geringem Warmwasserbedarf erfolgen, sowie bei einer schlechten Gebäudehülle.

Eine Erhöhung der ermittelten Leistung sollte bei einem Prozesswärmebedarf, der Nutzung der Wärme im Kälteanlagen oder dem Betrieb eines Schwimmbads erfolgen.

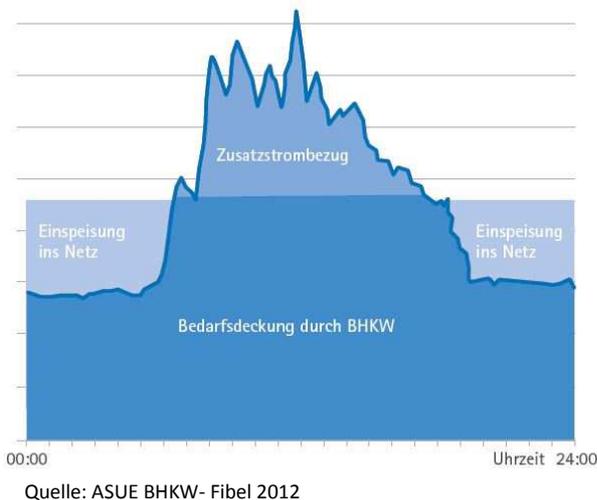
Grafiken zu Verbrauch und Verhältnis Gas und Strompreis einfügen

Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs (Heizung und Trinkwassererwärmung)



Die Auslegung des BHKW erfolgt in der Regel anhand der Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs (wärmegeführte Betriebsweise). Das BHKW liefert Strom und Wärme als Koppelprodukt in einem festen Verhältnis. Als Führungsgröße dient die Abdeckung der Grundlast, sodass lange und unterbrechungsarme Laufzeiten des BHKW erreicht werden. Findet keine Wärmeabnahme statt, so erzeugt das BHKW auch keinen Strom. Durch die Nutzung der Wärme zur Brauchwassererwärmung oder zur Kühlung durch Ad- oder Absorptionstechnik, kann die Laufzeit des BHKW nochmal gesteigert werden. Ein Teil der Wärme kann auch über zusätzliche Pufferspeicher gespeichert werden. Der verbleibende Wärmebedarf (Spitzenlast) wird in der Regel über die bestehende oder neu zu installierende Heizkesselanlage gedeckt, welche auch eine zusätzliche Sicherheit neben dem BHKW bietet und im Bedarfsfall die Gesamtwärmelast gewährleisten kann.

Tageslastgang des Strombedarfs



Im Vergleich zu einer herkömmlichen Heizungsanlage, ist bei dem Einsatz eines BHKW auch die Stromseite zu beachten. Für einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage, ist eine hohe Eigennutzung des erzeugten Stroms anzustreben. Je höher die Stromeigennutzung, desto höher ist die Energiekostensparnis und umso schneller ist das **BHKW refinanziert. Eine Senkung der Energiekosten von 20-30% ist durchaus realistisch.** Zusätzlich benötigter Strom, wird wie gewohnt aus dem Netz bezogen.

2 Wirtschaftlichkeit

2.1 Wann ist ein BHKW wirtschaftlich sinnvoll

Die Wirtschaftlichkeit einer Investition in ein BHKW wird im Wesentlichen von drei Faktoren bestimmt:

2.1.1 Kapitalgebundene Kosten

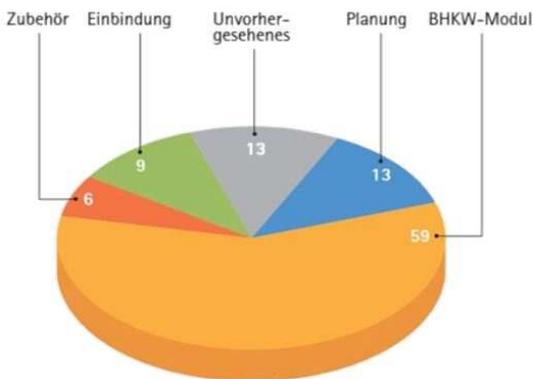
Hierbei handelt es sich um entgangene Zinsertrag (gegenüber einer alternativen Investition) oder um die Finanzierungskosten, welche durch die Investition in ein BHKW anfallen.

Bei der Investition in eine BHKW- Anlage gehören dazu vorrangig die Aufwendungen für die BHKW- Anlage an sich, aber auch für die dafür erforderliche Peripherie wie Pufferspeicher, Abgasführung, elektrische Einbindung und bauliche Maßnahmen, aber auch Planungs- und Genehmigungskosten.

Da der Einsatz von BHKW- Technik besonders ressourcen- und umweltschonend ist, sind teilweise Förderungen durch preisgünstige Darlehen, weniger Aufwand für Ersatzinvestitionen zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben (z.B. ENEV oder EEWärmeG) oder auch direkte Zuschüsse erhältlich. Die Vorteile hieraus sind bei den Investitionskosten in Abzug zu bringen.

Grundsätzlich liegt der Kapitalbedarf für die Investition in ein BHKW deutlich über den Investitionskosten in einen herkömmlichen Wärmeerzeuger. Die Anlagenpreise sind stark von der Leistungsklasse und der nötigen Peripherie (Dampfkessel, Einbindeentfernungen für Strom / Wärme / Dampf usw.) abhängig.

Nachfolgend eine prozentuale Verteilung der Investitionskosten für ein BHKW im 200kW elektrische Leistung (Quelle: ASUE BHKW- Fibel 2012):



2.1.2 Betriebs- und Verbrauchsgebundene Kosten

Zum Betrieb einer BHKW- Anlage wird Brennstoff benötigt, dessen Kosten den wesentlichen Anteil darstellen. Im Vergleich zu einem Gaskessel, benötigt ein BHKW mehr Gas für die Erzeugung der gleichen Wärmemenge, da zusätzlich zur Wärme auch Strom erzeugt wird. Durch die vollständige Nutzung der Abwärme eines wärmegeführten BHKW, wird für die Erzeugung einer kWh Strom auch ca. eine kWh mehr an Brennstoff benötigt.

Weiterhin sind Aufwendungen für Wartung und Instandhaltung von Nöten. Der Wartungs- und Instandhaltungsbedarf für ein BHKW ist ebenfalls erheblich teurer als bei einem herkömmlichen Wärmeerzeuger. In der Regel wird hierfür ein Vollwartungs- und Instandhaltungsvertrag angeboten, über den der Betreiber für einen definierten Zeitraum (üblicherweise 10 Jahre) Planungssicherheit hat und zusätzlichen Aufwand erspart.

Die Kosten hierfür sind von der Leistungsklasse abhängig und werden nach Betriebsstunden oder erzeugter Elektroenergie abgerechnet.

Zusätzlich anfallende Kosten durch den BHKW- Einsatz z.B. für Schornsteinfeger, Mess- und Zähleinrichtungen oder Personalaufwand für Abrechnungen wäre ebenfalls zu benennen, haben aber praktisch vom Gesamtumfang keinen nennenswerten Einfluss.

2.1.3 Erlöse

Neben den Kosten bringt das BHKW auch finanzielle Vorteile. Der wesentlichste Punkt ist ein deutlich verringerter Strombedarf. Ein großer Teil des Stromes wird selbst erzeugt und es müssen nur noch geringe Mengen aus dem Netz bezogen werden.

Die Umweltfreundlichkeit der KWK ist auch dem Gesetzgeber bewusst. Die Bundesregierung möchte den Anteil des Stromes aus KWK- Anlagen bis zum Jahr 2020 auf 25% verdoppeln. Die Betreiber werden dafür mit einer Reihe von Vergünstigungen und Förderungen unterstützt, u. a.:

- Rückerstattung der Energiesteuer für den im BHKW eingesetzten Brennstoff
- KWK- Zuschlag auf jede Kilowattstunde des erzeugten Stromes (auch des selber genutzten)
- Abnahme- und Vergütungspflicht für die ins Netz eingespeisten Strommengen
- Investitionszuschuss durch Bundes- und Landesprogramme

Darüber hinaus bietet die umweltfreundliche KWK dem Gebäudeeigentümer eine sehr kosteneffiziente Möglichkeit um die gesetzlichen Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) und des Erneuerbare- Energien- Wärme- Gesetz (EEWärmeG) zu erfüllen.

Wirtschaftlichkeit

Nachfolgend eine Übersicht der gesetzlichen Rahmenbedingungen:

Gesetz	Beschreibung	Betrag
KWKG (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz) 2012	KWK- Bonus bis 50 kWel für 10 Jahre (ab 50 kWel geringere Sätze und Laufzeit)	5,41 Ct/kWh el.
EnergieStG (Energiesteuerergesetz)	Erstattung Energiesteuer (z.B. bei Erdgas)	0,55 Ct/kWh H ₀
StromStG (Stromsteuergesetz)	Einsparung Stromsteuer	2,05 Ct/kWh el.
KWKG (Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetz)	Einspeisevergütung EEX (Börsenwert)*	4,04 Ct/kWh el.
KWKG (Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetz)	Vermiedene Netz-Nutzungsentgelte VNNE (0,4 bis 1,5 Ct/kWhel)**	ca. 1,00 Ct/kWh el.
EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz)	EEG-Umlage	3,592 Ct/kWhel
KWKG (Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetz)	KWK- Umlage***	0,002 Ct/kWhel

* gemäß KWK- Index (DE) für Q2/2012 der Leipziger Strombörse

** abhängig vom Netzbetreiber und Ort

*** abhängig von Letztverbrauchskategorie

2.2 Beispiele für Wirtschaftlichkeit

Betrieb nach KWK- Gesetz (Erdgas)

Ausgaben	
Betriebskosten je kWh el.	
Brennstoff (Gas)	4 ct
Wartung	2 ct
Summe	6 ct
(Stromgestehungskosten)	

Einnahmen	
je kWh el.	
Energiesteuer (3x0,55ct)	1,50 ct
KWK-Zuschlag (bis 50 kW el.)	5,41 ct
+ Stromverkauf	
a) ins Netz	6 ct
Summe	12,9 ct
b) Eigennutzung	15 ct
Summe	21,5 ct

Aus dem Beispiel lässt sich ableiten, dass sich bei dem Betrieb nach KWK die Stromeigennutzung als sehr rentabel erweist, jedoch bei der Stromeinspeisung nur knapp ein rentabler Betrieb möglich ist.

Betrieb nach EEG-Gesetz (Biomethan/Bioerdgas)

Ausgaben	
Betriebskosten je kWh el.	
Brennstoff (Bio-Erdgas)	8 ct
Mehrkosten Brennstoff	6 ct
Wartung	3 ct
Summe	17 ct
(Stromgestehungskosten)	

Einnahmen	
je kWh el.	
Energiesteuer (3x0,55ct)	1,65 ct
+ Stromverkauf	
ins Netz maximal	25,3 ct
Summe	27 ct

Die Rentabilität gestaltet sich geringer als bei dem Betrieb nach KWK mit hoher Stromeigennutzung, dennoch ist es eine interessante Alternative für Objekte mit geringem Strombedarf oder Objekte in denen sich die Stromnutzung technisch (Anschlusszusammenlegung) oder organisatorisch (z.B. Stromverkauf im Mehrfamilienhaus) nur schwer umsetzen lässt.

3 Technische Beschreibung

3.1 BHKW- Reihe Erdgas

Typname	ECO 50G	ECO 50G	ECO 100G	ECO 140G
Motor	MAN E0834 E302	MAN E0836 E312	MAN E0836 LE202	MAN E2876 E312
Turbolader (j/n)	n	n	j	n
Gesamt-Wirkungsgrad	88,89%	80,13%	86,40%	89,90%
Leistung el. kW	50 kW	50 kW	100 kW	140 kW
Leistung th. kW	78 kW	75 kW	138 kW	207 kW

Typname	ECO 160G	ECO 190G	ECO 250G	ECO 350G	ECO 400G
Motor	MAN E2876 LE302	MAN E2876 LE302	MAN E2848 LE322	MAN E2842 LE322	MAN E2842 LE322
Turbolader (j/n)	j	j	j	j	j
Gesamt-Wirkungsgrad	87,70%	89,53%	87,06%	87,85%	89,38%
Leistung el. kW	160 kW	190 kW	250 kW	350 kW	400 kW
Leistung th. kW	232 kW	272 kW	342 kW	489 kW	529 kW

Typname	ECO 500G	ECO 500G	ECO 800 G	ECO 900 G
Motor	MAN E3262 LE202	Liebherr G9513	Guascor SFGLD 481	Guascaor SFGLD 561
Turbolader (j/n)	j	j	j	j
Gesamt-Wirkungsgrad	95,18%	87,55%	85,56%	91,37%
Leistung el. kW	500 kW	495 kW	800 kW	956 kW
Leistung th. kW	684 kW	588 kW	995 kW	1320 kW

Technische Beschreibung

3.2 BHKW- Serienausstattung

Zu den vorangegangenen Tabellen mit den lieferbaren Modulen sind ausführliche Datenblätter und Beschreibungen erhältlich, welche bei Bedarf zugesendet werden können. Nachfolgend finden Sie die Beschreibung der wichtigsten Baute.

Bauteil	Beschreibung
<p>Gas-Ottomotor</p>	<p>Der Gasmotor ist das Herzstück eines BHKW und ist im großen Maße für die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage ausschlaggebend. Es werden keine umgebauten Diesel- oder Gasmotoren für den Bau von den BHKW Anlagen verwendet, welche keine Herstellergarantie mehr besitzen und von Versicherungen oftmals nicht mehr versichert werden. Der originale Gasmotor vom jeweiligen Hersteller ist ein nach dem Otto-Prinzip arbeitender Motor, der gasförmige Brennstoffe (Erd-, Klär-, Deponiegas usw.) verbrennt. Bei den Gasmotoren unterscheidet man zwei Gruppen. Einmal gibt es die Saugmotoren, bei denen in den Zylindern eine stöchiometrische Verbrennung stattfindet und die Magermotoren, bei denen die Verbrennung in den Zylindern mit Luftüberschuss erfolgt. Der stöchiometrische Verbrennung wird nur so viel Luft zugeführt, wie diese für die Verbrennung benötigt ($\lambda = 1$). Magermotoren hingegen arbeiten mit Luftüberschuss ($\lambda > 1$), so dass nach der Verbrennung in den Zylindern noch Restsauerstoff im Abgas ist. Die meisten Magermotoren sind aufgeladene Motoren. Das heißt, dass die Brennräume mit Hilfe eines Turboladers gefüllt werden. Da sich das Luft – Gas – Gemisch bei der Verdichtung durch den Turbolader erwärmt, wird von den Motorenherstellern fasst immer nach dem Verdichten ein Gemischkühler eingesetzt, der das Gemisch abkühlt, bevor dieses in die Brennräume gelangt. Bei den Saugmotoren mit stöchiometrischer Verbrennung wird ein Dreibegekatalsator und bei Magermotoren oftmals ein Oxidationskatalysator unmittelbar nach dem Motorausstritt vorgesehen, damit die geforderten Grenzwerte (TA Luft) eingehalten werden können. Bei Saugmotoren werden in der TA Luft für $\text{NO}_x < 125 \text{ mg/Nm}^3$ und $\text{CO} < 150 \text{ mg/ Nm}^3$ gefordert. Bei Magermotoren sind die Grenzwerte für $\text{NO}_x < 500 \text{ mg/Nm}^3$ und $\text{CO} < 300 \text{ mg/ Nm}^3$ gefordert. Die Katalysatoren sind so eingebaut, dass ein Austausch nach dem Verschleiß problemlos und schnell erfolgen kann.</p> <p>Bei all diesen Motoren handelt es sich um Industriemotoren, welche für den BHKW Betrieb entwickelt wurden und für eine Lebensdauer von größer 10 Jahren gebaut werden.</p>
<p>Kupplung</p>	<p>Der Gasottomotor und der Generator sind über eine Flanschglocke starr verbunden, wobei die beiden Wellen über eine elastische Kupplung gekoppelt sind.</p>

Technische Beschreibung

<p>Generator</p>	<p>Generatoren gibt es in Synchron- und Asynchronausführungen. Asynchronausführungen werden nur noch für kleine BHKW Anlagen verwendet, welche nur Netzparallel betrieben werden. Synchronausführungen finden mittlerweile überwiegend Verwendung. Diese Generatoren sind selbstregelnde, bürstenlose Innenpolgenerator mit angebauter Erregermaschine. Des Weiteren sind diese Generatoren mit cos phi- Regler, 3Kaltleiter-Temperaturfühlern und Funkentstört (Funkstörgrad N).</p>
<p>Startanlage</p>	<p>Jedes Modul ist mit einer separaten Startanlage ausgerüstet. Sie besteht aus dem elektrischem Anlasser sowie einer Netzstartanlage, welche im Schaltschrank montiert ist. Separate Netzteile in der Schaltanlage versorgen die Zünd- und Steuerspannung.</p>
<p>Gasregelstrecke</p>	<p>Gasregelstrecken bestehen aus Absperrung, Gasfilter, zwei Magnetventilen und Nulldruckregler. Der Anschluss an das Aggregat, bzw. an den Gasmischer über eine elastische Leitung, welche entweder ein Gasschlauch oder Kompensator ist. Sollten die örtlichen oder gesetzlichen Vorschriften eine Thermische Auslöse Einheit (TAE) verlangen, so kann diese optional geliefert werden.</p>
<p>Schmierölsystem</p>	<p>Jeder Motor hat einen gewissen Ölverbrauch, der durch die Ölwanne einige Zeit kompensiert werden kann. Um Stillstandszeiten des BHKW zu vermeiden, werden die BHKWs mit Tagesölbehälter ausgerüstet. Sollte der Ölstand, der mit Schwimmerschalter überwacht wird, unter ein bestimmtes Niveau sinken, so wird über die BHKW Steuerung ein Magnetventil geöffnet und der Ölstand wird wieder über einen natürlichen Zulauf ausgeglichen.</p> <p>Neben dem Tagestank können optional noch zusätzliche Frisch und Altöltanks angeboten werden, die den Ölwechsel für den Betreiber erheblich vereinfacht. Bei einem solchen System wird das Ölniveau mit Hilfe einer externen Schmierölpumpe und einem Magnetventil in der Ölwanne auf dem idealen Niveau gehalten. Die Ansteuerung der Pumpe und des Magnetventils erfolgt über den Schwimmerschalter, der am Gasmotor angebracht ist. Die Größe der Tanks richtet sich nach dem jeweiligen Aggregat.</p>
<p>Kühlkreislauf Motor (Primärkreislauf)</p>	<p>Der Motor und somit dieser Kreislauf muss entsprechend den Angaben des Motorenherstellers befüllt werden (Korrosionsschutzmittel). Sollte die Gefahr von Frost bestehen, muss ein freigegebenes Frostschutzmittel verwendet werden. Der Primärkreis besteht in der Regel aus dem Kühlsystem des Motors, bei aufgeladenen Motoren aus der ersten Gemischkühlerstufe, der Kühlwasserpumpe und dem eingebundenen Plattenwärmetauschers, der die Wärme an den Sekundärkreislauf (Heizkreis) abgibt. Der Abgaswärmetauscher wird in der Regel bei den BHKW- Anlagen von WA nach dem Plattenwärmetauscher für das Kühlwasser direkt in den Sekundärkreis eingebunden.</p>

Technische Beschreibung

<p>Niedertemperaturkreis (Gemischkühlstufe 2)</p>	<p>Die Abkühlung der Luft – Gas – Gemisches bei Magermotoren wird meist in zwei Stufen vorgenommen. Da das Temperaturniveau in der ersten Stufe sehr hoch ist, kann diese Wärme in den Primärkreis eingebunden werden. Das Temperatur Niveau der zweiten Stufe liegt meist um die 40 °C und benötigt somit einen eigenen Kreis. Da der Gemischkühler mit einem Sicherheitsventil mit 2 bar abgesichert werden muss, ist bei Projekten mit höherem Betriebsdrücken ein getrennter Kreislauf aufzubauen.</p>
<p>Schalldämmhaube</p>	<p>Die Schalldämmhaube wird getrennt vom eigentlichen Aggregat aufgestellt, um keine Körperschallübertragung zu ermöglichen. Die Haube ist so aufgebaut, dass diese von drei Seiten geöffnet werden kann um Service und Wartungen problemlos und zeitsparend durchführen zu können. Hier unterscheiden wir zwei Bauarten. Die oben beschriebene Schallhaube ist unmittelbar um das BHKW gebaut und ist nicht begebar. Des Weiteren können auch optional begehbare Schallhauben geliefert werden, die über eine Tür begangen werden können. Hier wird darauf geachtet, dass man auch in der Haube genug Freiraum für Wartung und Service hat.</p> <p>Bei beiden Schallhaubentypen sind die Elemente aus verzinktem Stahlblech und mit Spezial Isolierstoff ausgekleidet. Die Innenseite der Elemente ist mit verzinktem Lochblech versehen, unter dem sich eine Rieselschutzfolie befindet.</p>
<p>Zu- oder Abluftventilator</p>	<p>Der Zu- oder Abluftventilator bringt die nötige Verbrennungsluft und die Luft zur Kühlung in die Schallhaube. Die Luftmengen sind so ausgelegt, dass die Temperaturspreizung zwischen Zu und Abluft etwa 20 °C einhält. Der Ventilator ist so ausgelegt, dass für externe Lüftungsteile noch Reserven zur Verfügung stehen.</p>

Technische Beschreibung

<p>BHKW Schaltschrank</p>	<p>Aufgabe der Schaltanlage ist es, die sichere Steuerung, Regelung und Überwachung des Aggregates zu realisieren und den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage zu gewährleisten</p> <p>Die Schaltanlage enthält folgende wesentliche Komponenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Leistungsteil ▪ Steuerteil mit der Ansteuerung der Hilfsantriebe <p>Leistungsteil:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ integrierter Kuppelschalter: Leistungsschutz und Generatorleistungsschalter mit elektronischem Auslösegerät ▪ thermischer Generator- Überlastschutz mit einstellbarem Ansprechwert ▪ kurzzeitverzögerter Generator- Kurzschlusschutz mit einstellbarem Ansprechwert ▪ unverzögerter Generator- Kurzschlusschutz mit festem Ansprechwert ▪ Option: geeichte Wandlermessung incl. geeichtem Energiezähler <p>Steuerteil</p> <p>modulares Steuerungs- und Regelungskonzept auf der Basis des weltweit verfügbaren und internationale anerkannten Automatisierungssystem SIEMENS SIMATIC S7</p> <p>Funktionen der Steuerung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Motorüberwachung 2. Generatorüberwachung 3. Netzüberwachung 4. Drehzahlregelung 5. Leistungsregelung 6. Lambda- Regelung 7. Motor- Temperaturregelung 8. Ansteuerung der Hilfsantriebe 9. optional: Erfassung von peripheren Zählwerten (Elektroenergie, Wärme, Gas) <p>Die Leistungsteile der Hilfsantriebe (Gas- Ventile, Lüfter, interne Pumpe, externe Heizungspumpe, ggf. Gemischkühlung) sind ebenfalls im Steuerschrank enthalten.</p> <p>Weitere Hinweise sind in den Datenblättern zu finden und in der Beschreibung Schaltschrank.</p>
<p>Datenübertragung Schnittstellen</p>	<p>Ethernet TCP/IP; Profinet Optional: Profibus; IEC 60870-5-104-Slave</p>

Technische Beschreibung

<p>Fehlerspeicher</p>	<p>Aufgetretene Fehler werden mit "kommen" und "gehen" gespeichert. Insgesamt können im Touch Display 500 Meldungen aufgerufen werden. Die aktuellen werden immer an 1. Position im Klartext angezeigt. Durch eine Softwarenachrüstung ist es Optional möglich Min- und Max Werte grafisch darzustellen und zu speichern.</p>
<p>Fernwirksystem</p>	<p>Standardmäßige potentialfreie Kontakte im BHKW- Schaltschrank ausgeführt als Übergabeklemmen für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Betriebs- und Sammelstörmeldungen ▪ Notausschalter ▪ Start/ Stop <p>Weiterhin können über einen analogen Eingang (4-20 mA oder 0-10V) Sollwerte vorgegeben werden.</p>
<p>Schwingungsentkopplung/ Lagerung</p>	<p>Die Körperschallentkopplung des BHKW- Moduls wird in s Stufen realisiert. Durch so genannte Gummi- Puffer wird die Motor- Generatoreinheit zum Grundrahmen entkoppelt. Sylomerstreifen realisieren die Entkopplung zum Aufstellungsboden/ Fundament.</p>
<p>Werkprobelauf des Moduls nach DIN 6280</p>	<p>Vor dem Versand jedes BHKW- Moduls finden eine Dichtheitkontrolle und die Prüfung des Schaltschranks statt. Optional kann ein Werkprobelauf vor dem Versand in der Fertigungswerkstatt der Firma stattfinden. Die Leistungs- und Verbrauchsdaten werden in einem Prüfprotokoll dokumentiert.</p>
<p>Auslieferung der BHKW- Module</p>	<p>Für die Erstbefüllung wird das Motoröl und das für den Motorkreis benötigte Gefrierschutzmittel mit Korrosionsschutz bereitgestellt. Motor kann auf Kundenwunsch für 12 Monate mit Konservierungsöl konserviert werden.</p>

Technische Beschreibung

3.3 BHKW- Steuerung und Überwachung

Die Aufgabe der Schaltanlage ist es, eine sichere Steuerung, Regelung und Überwachung des Aggregates sicherzustellen und den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage zu gewährleisten.

Bauteilbeschreibung

Bauteil	Beschreibung
<p style="text-align: center;">Schaltschrank</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schaltschrankgehäuse IP 54, stehende Ausführung, Stahlblech pulverbeschichtet RAL 7032, Sockel 200mm ▪ incl. Steuerung, Leistungsteilen, Bedien- und Sicherungselementen ▪ komplett verdrahtet ▪ Netzanschluss von unten: 3x400V, N, PE, 50Hz ▪ Option: separate Einspeisung für den Eigenbedarf (Hilfsantriebe)
<p style="text-align: center;">Leistungsteil</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ integrierter Kuppelschalter: Leistungsschutz und Generatorleistungsschalter ▪ mit elektronischem Auslösesystem ▪ thermischer Generator- Überlastschutz mit einstellbarem Ansprechwert ▪ kurzzeitverzögerter Generator- Kurzschlusschutz mit einstellbarem Ansprechwert ▪ unverzögerter Generator- Kurzschlusschutz mit festem Ansprechwert ▪ Option: geeichte Wandlermessung incl. geeichtem Energiezähler
<p style="text-align: center;">Nothalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sicherheitsgerichtetes Stillsetzen des Aggregates und Netztrennung bei Gefährdungen ▪ zertifiziertes Sicherheitsschaltgerät „Safety Integrated“ (SIL2-IEC 61508) ▪ integrierter NOTHALT- Taster in der Schaltschrankfront ▪ Option: weitere externe Befehlsgeräte in der Sicherheitskette

Technische Beschreibung

Nachfolgend die Regelungs- und Überwachungsfunktionen:

Netzschutz

Das zertifizierte Netzentkopplungsrelais überwacht Spannung und Frequenz des elektrischen Netzes.

Das Gerät ist zweikanalig und damit einfehlersicher ausgeführt.

Schutzfunktionen:

- Spannungsrückgangsschutz $U <$
- Spannungssteigerungsschutz $U >$
- Spannungssteigerungsschutz $U >>$
- Frequenzrückgangsschutz $f <$
- Frequenzsteigerungsschutz $f >$

Die Grenzwerte sind voreingestellt. Bei möglichen Änderungen der Vorgaben können sie einfach verstellt werden. Alle Einstellungen können durch Code und/oder Plombierung geschützt werden.

Prüfbericht und Konformitätserklärung liegen sowohl für den Anschluss an das Niederspannungsnetz (VDE AR-N 4105) als auch für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz (BDEW- Richtlinie) vor.

Die Einfehlersicherheit der gesamten Wirkungskette des integrierten Entkopplungs-schutzes ist durch Sachverständigenprüfung nachgewiesen.

Zusätzlich erfolgt eine Abschaltung bei Strom- Unsymmetrie $>30\%$.

Steuerung

Im Bereich der BHKW- Regelung setzt WA auf ein modulares Steuerungs- und Regelungskonzept auf der Basis des weltweit verfügbaren und international anerkannten Automatisierungssystems SIMATIC S7. Es ist die optimale Basis, um steigende Anforderungen an moderne BHKW zu erfüllen – innovativ und wirtschaftlich.

Zum Einsatz kommt das modular aufgebaute SPS Modul ET 200 S mit einer 24 V DC Stromversorgung.

Die SPS ist frei programmierbar und kann neben der Modulsteuerung noch weitere Aufgaben übernehmen.

Überwachungseinrichtungen

Überwacht werden:

- Kühlwasser Motor Eintritt u. Austritt
- Abgastemperatur
- Generatorwicklungstemperatur
- Gasdruck
- Schallkapseltemperatur/ Containertemperatur
- Wasserdruck Motor
- Öldruck Motor
- Füllstand des Gasspeichers
- Füllstand Motoröl
- Füllstand Ölauffangwanne
- Drehzahl Motor
- Aggregatleistung
- Stromnetzüberwachung

Aufgelaufene Fehler werden von der SPS- Steuerung erfasst und als Störmeldungen im Klartext ausgegeben. Das Aggregat wird notfalls gestoppt.

Der Schaltschrank wird nach den einschlägigen VDE-, DIN- und örtlichen EVU- Bestimmungen errichtet.

Die Trennung Generator- Netz erfolgt über einen Motorleistungsschalter (VDE 0660 Siemens).

Alle Bedienelemente, Meldeleuchten, Anzeigergeräte sind in einem Display eingebaut. Weiterhin kann das BHKW vom Prozessleitsystem überwacht und bedient werden. Ein NOT-AUS-Schalter befindet sich am Schaltschrank und im BHKW Raum.

Den gesamten Ablauf der BHKW- Steuerung übernimmt eine freiprogrammierbare Steuereinheit, mit der folgende Betriebsarten realisiert werden können:

- Wärmebedarfsdeckung
- Strombedarfsdeckung
- Spitzenstromabdeckung
- Gasverbrauchsabdeckung
- Manueller Betrieb

Die aufgeführten Betriebsarten lassen sich von dem alphanumerischen Display oder dem Prozessleitsystem anwählen. Ebenso können Parameter für Grenzen und Sollwerte über die Sollwerttasten vorgegeben werden.

Sämtliche aufgetretene Fehler und Störungen werden im Klartext angezeigt, ebenso die Betriebszustände des BHKW. Störungen werden mit „Kommen“ und „Gehen“ spannungsausfallsicher gespeichert.

Optional Fernsteuerung der Anlage über Profibus und Ethernet möglich.

3.4 BHKW- Mehrmodulmanagement kombiniert mit Kesselanlage

Werden an einem Standort mehrere BHKW- Modulanlagen aufgestellt, so ist wichtig, dass man eine übergeordnete Steuerung einsetzt.

Diese Steuerung muss die Strom- oder Wärmelastgänge erkennen und danach die BHKW Anlagen und gegebenenfalls Spitzenlastkessel anfordern.

Dies ist alles mit der eingesetzten frei programmierbaren Steuerung möglich. Ein Modul übernimmt die Masterfunktion und steuert die weiteren BHKW- und Kesselanlagen an. Im Störfall kann das nächste BHKW die Masterfunktion übernehmen.

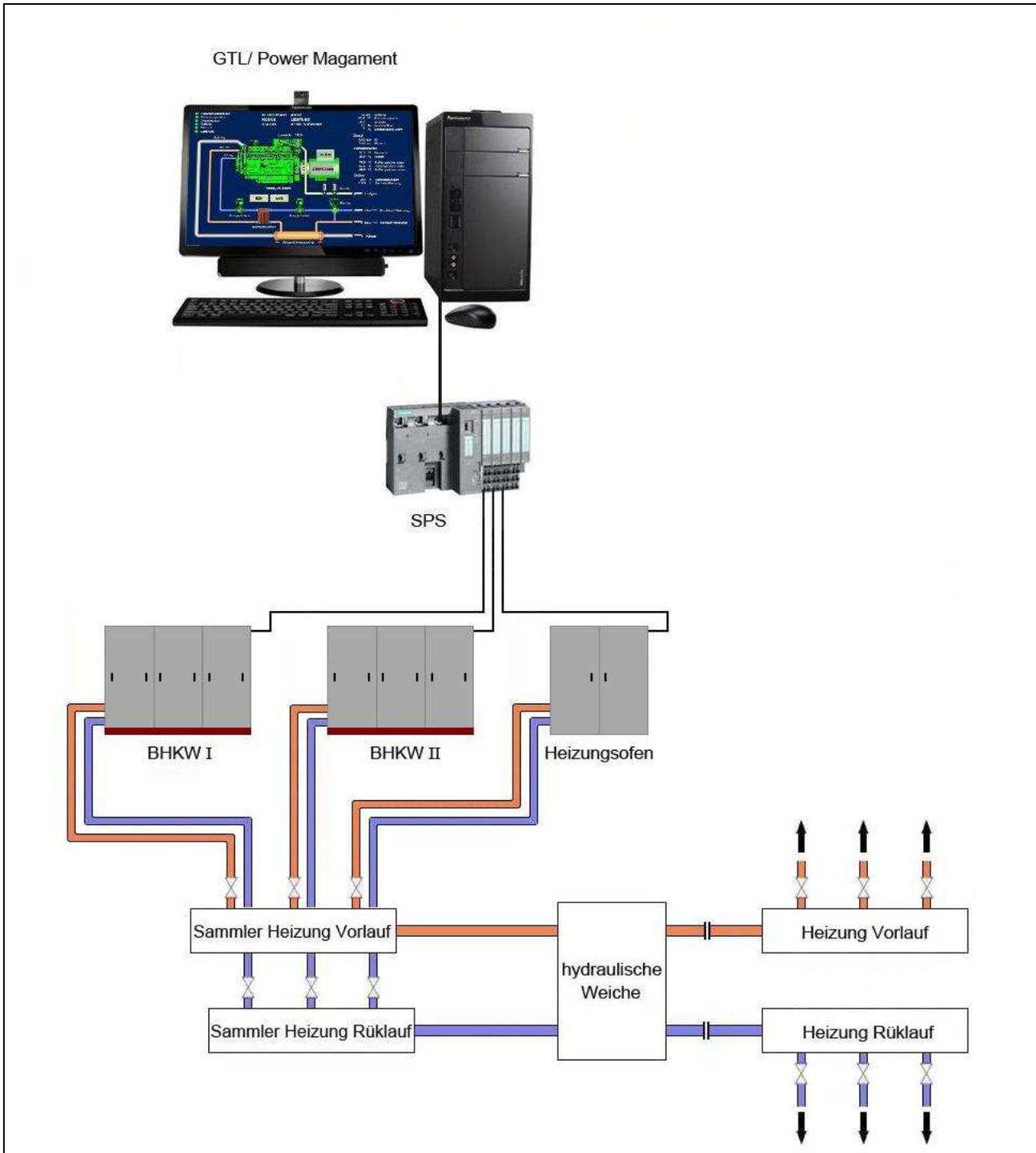
Im Vorfeld müssen die Anforderungen bekannt sein, damit die GLT- Abteilung der Firma WA die Planung und den Aufbau der Schaltanlagen machen kann. Es sind keine weiteren Schaltanlagen erforderlich.

Beispielsweise können folgende Anforderungen miteinander verknüpft und realisiert werden:

- Netznullbezugsregelung
- Spitzenlastabdeckung
- Wirklastverteilung bei mehreren BHKW Modulen
- Kesselanforderungen
- Kesselsockeltemperaturregelung
- Speicherfüllstandregelung
- Brauchwasserbereitung
- Aufzeichnung von Lastgängen
- Kommunikation mit Übergeordneten Regelungen

Technische Beschreibung

Schaubild: Mehrmodulmanagement

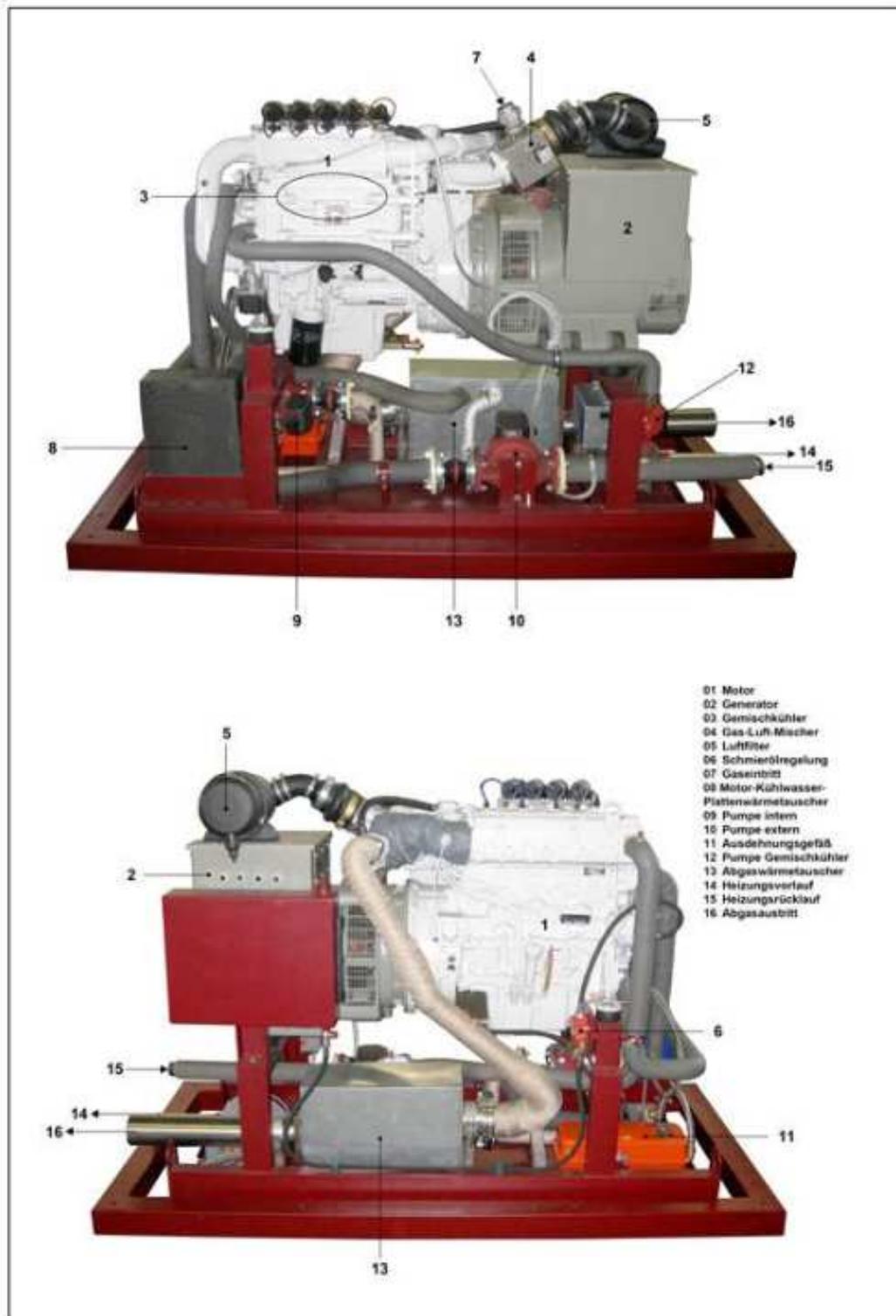


Planungsleitfaden

Technische Beschreibung

3.5 BHKW- Aufbau und Anschlüsse

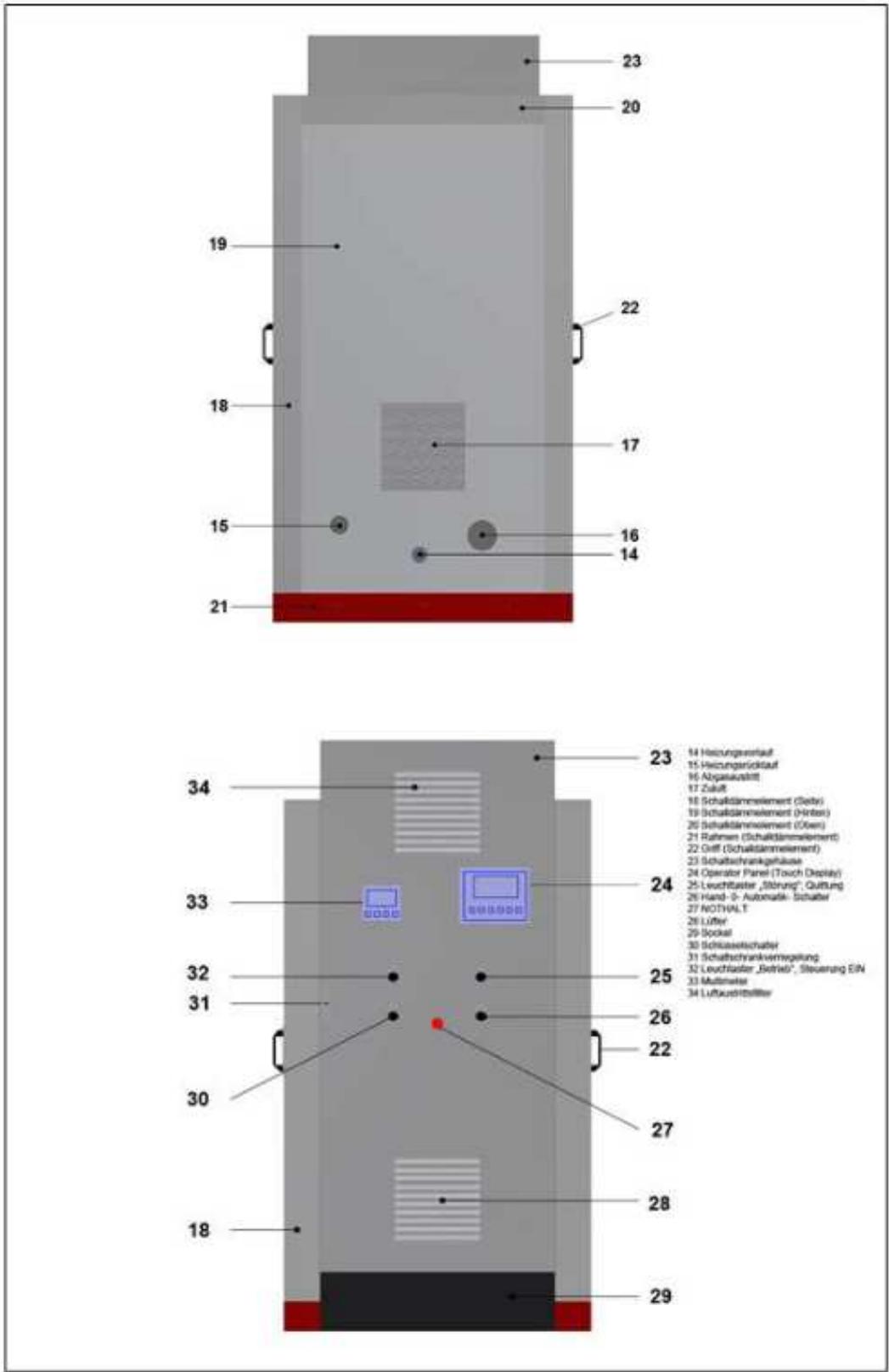
Schaubild: BHKW- Modul



Planungsleitfaden

Technische Beschreibung

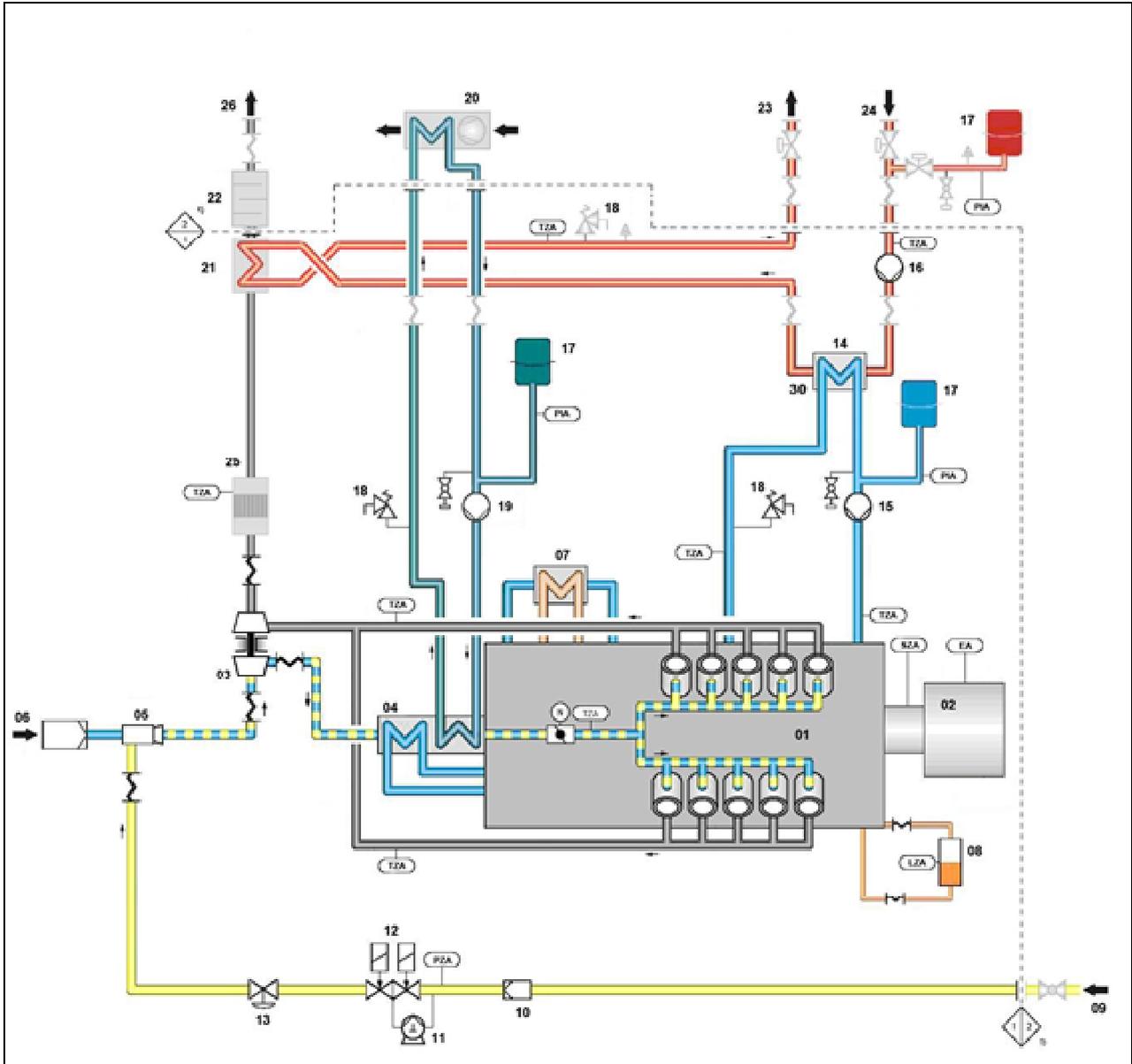
Schaubild: BHKW- Schaltschrank



Planungsleitfaden

Technische Beschreibung

Fließbild: Motor mit Aufladung

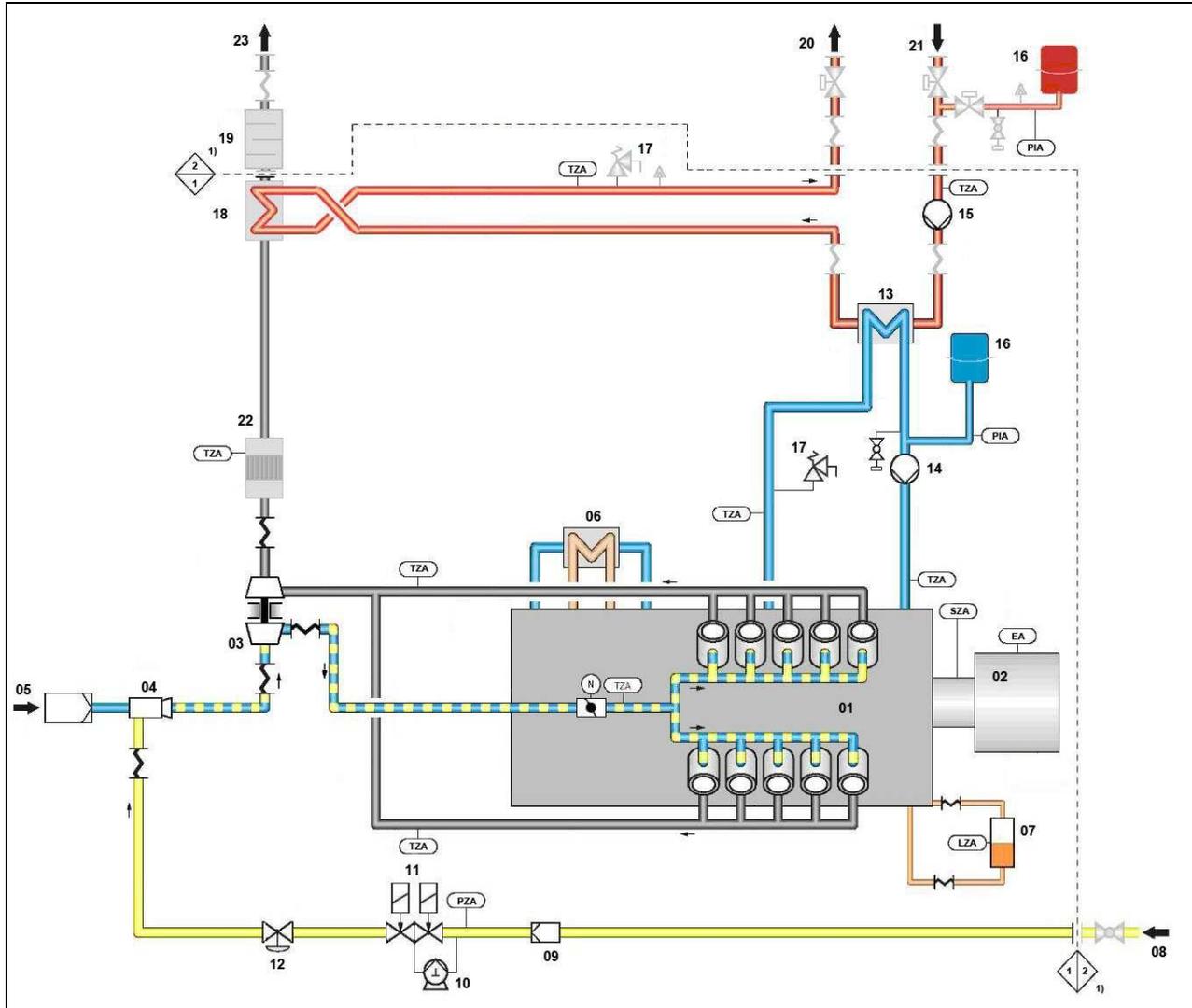


- | | | | |
|----|----------------------------|----|---------------------------------------|
| 01 | Motor | 14 | Motor-Kühlwasser-Plattenwärmetauscher |
| 02 | Generator | 15 | Pumpe intern |
| 03 | Turbolader | 16 | Pumpe extern |
| 04 | Zweistufiger Gemischkühler | 17 | Ausdehnungsgefäß |
| 05 | Gas-Luft-Mischer | 18 | Sicherheitsventil |
| 06 | Luftfilter | 19 | Pumpe Gemischkühler |
| 07 | Ölkühler | 20 | Gemischkühler |
| 08 | Schmierölregelung | 21 | Abgaswärmetauscher |
| 09 | Gaseintritt | 22 | Abgasschalldämpfer |
| 10 | Gasfilter | 23 | Heizungsvorlauf |
| 11 | Dichtigkeitskontrolle | 24 | Heizungsrücklauf |
| 12 | Gasmagnetventil | 25 | Abgaskatalysator |
| 13 | Gleichdruckregler | 26 | Abgasaustritt |

1) 1 = BHKW- Modul / 2 = Anlage

Technische Beschreibung

Fließbild: Motor ohne Aufladung



- | | | | |
|----|-----------------------|----|---------------------------------------|
| 01 | Motor | 13 | Motor-Kühlwasser-Plattenwärmetauscher |
| 02 | Generator | 14 | Pumpe intern |
| 03 | Turbolader | 15 | Pumpe extern |
| 04 | Gas-Luft-Mischer | 16 | Ausdehnungsgefäß |
| 05 | Luftfilter | 17 | Sicherheitsventil |
| 06 | Ölkühler | 18 | Abgaswärmetauscher |
| 07 | Schmierölregelung | 19 | Abgasschalldämpfer |
| 08 | Gaseintritt | 20 | Heizungsvorlauf |
| 09 | Gasfilter | 21 | Heizungsrücklauf |
| 10 | Dichtigkeitskontrolle | 22 | Abgaskatalysator |
| 11 | Gasmagnetventil | 23 | Abgasaustritt |
| 12 | Gleichdruckregler | | |
- 1) Schnittstelle
1 = BHKW- Modul
2 = Anlage

3.6 BHKW- Betriebsarten

Wärmegeführter Betrieb

Beim wärmegeführten Betrieb eines BHKWs wird nicht auf den erzeugten Strom geachtet. Der Strom wird entweder immer in der Einrichtung verbraucht oder wird in das öffentliche Stromnetz geliefert. Die Anforderung des BHKWs erfolgt über den Wärmebedarf von extern oder über die Rücklauftemperatur des Heizungsnetzes. Bei Anforderung über Extern, wie z.B. dem Füllstand eines Wärmespeichers, wird erkannt, dass der Wärmespeicher wieder befüllt werden muss und das BHKW wird angefordert. Erreicht der Speicher die gewünschte Temperaturschichtung, wird das Aggregat wieder abgestellt. Ebenfalls kann das Aggregat über einen Temperaturfühler in der Heizwasserleitung angefordert werden. Reduziert sich die Rücklauftemperatur auf den Wert x, so wird das BHKW gestartet und Wärme wird in das System abgegeben. Steigt die Rücklauftemperatur wieder auf den Wert y so wird die Leistung reduziert und anschließend, falls der Wert nicht wieder unterschritten wird, abgestellt. Es sollte immer darauf geachtet werden, dass die Laufzeiten, bzw. die Stillstandszeiten nicht zu kurz sind. Sollte dies der Fall sein, so ist das Aggregat vermutlich zu groß dimensioniert.

Stromgeführter Betrieb

Beim stromgeführten Betrieb wird das BHKW entsprechend einem externen Signal (z.B. 4 – 20 mA) in der elektrischen Leistung angepasst. Die Wärme muss in diesem Falle immer abgeführt werden können, was in den meisten Fällen einen Wärmespeicher oder Notkühler bedeutet.

➤ Nulllastregelung

Stromgeführten Betrieb realisiert man z.B., wenn man den Netzbezug auf ein Minimum reduzieren, allerdings keinen Strom ins öffentliche Netz liefern möchte oder darf. In diesem Fall muss das BHKW die Lastschwankungen im eigenen Netz ausgleichen. In diesem Fall sollte man allerdings immer einige kW vom Netz beziehen, damit man genügend Zeit für die Ausregelung zur Verfügung hat.

➤ Spitzenstromdeckung

Eine weitere Fahrweise ist die Spitzenstromdeckung. In diesem Fall wird die Grundlast vom Energieversorger bezogen und nur die Stromspitzen werden durch das BHKW abgedeckt. So kann man die Stromspitzen verhindern, was sich positiv auf die Stromrechnung niederschlägt.

Planungshinweise

➤ Netzersatzbetrieb (Option)

Diese Betriebsart wird immer interessanter, da die Stromausfälle immer häufiger werden. Betreibt eine Firma beispielsweise Extruder, so kann ein Stromausfall erhebliche Kosten verursachen. Sollte der Wunsch nach Netzersatzstrom bestehen, so muss zu aller erst vom Gasversorger die Zusage vorliegen, dass dieser auch bei Stromausfall weiter Gas liefern kann. Des Weiteren müssen die Gasarmaturen bis zum Motor so ausgeführt werden, dass der Motor auch ohne Strom aus dem öffentlichen Netz gestartet werden kann. Bei Stromausfall wird der Netzkuppelschalter getrennt und das Aggregat liefert Strom auf die Notstromschiene. Die Übergeordnete Steuerung hat alle Verbraucher weg geschaltet und schaltet nun die Last in abgesprochenen Laststufen auf die Sammelschiene. Kommt das Netz zurück, so wird der Generatorschalter geöffnet und anschließend der Netzkuppelschalter geschlossen. Nun synchronisiert das Aggregat wieder auf das Netz.

4 Planungshinweise

4.1 Allgemeine Hinweise zu Vorschriften, Normen und Richtlinien

Für die Planung, Erstellung und den Betrieb eines BHKW müssen nachfolgende Randbedingungen vorab geprüft und schriftlich festgelegt werden:

- Gasprüfung nach Art, Druck und Qualität (Daten vom Gaslieferanten anfordern)
- Anschlussbedingung des örtlichen Stromnetzbetreibers
- Heizwasservor- und Heizwasserrücklauftemperatur
- gegebenenfalls Dampfdruckparameter
- zulässige Schallemissionen (TA Lärm)
- zulässige Abgasemissionen (TA Luft)
- Aufstellhöhe
- Einbringmaße
- Klimatische Bedingungen (Höhenlage, Temperaturen, Luftfeuchtigkeit etc.)
- Vorgaben des zuständigen Schornsteinfegers
- Zuluftqualität (Belastung durch Staub, Chemikalien etc.)

Die nachfolgenden technische Vorschriften (DIN, VDI, VDE, usw.) und der Stand der Technik sind zu berücksichtigen:

Norm/Richtlinie	Beschreibung
DIN EN ISO 13857	Sicherheit von Maschinen
DIN ISO 1940-1	Mechanische Schwingungen

Planungshinweise

DIN ISO 3046-1	Hubkolbenverbrennungsmotoren; Anforderungen – Teil 1: Angaben über Leistung, Kraftstoff und Schmierölverbrauch und Prüfverfahren
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise
DIN EN 13384-2	Abgasanlagen – Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren
DIN EN 12828	Heizungsanlagen in Gebäuden– Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen
DIN 4753	Trinkwassererwärmer, Trinkwassererwärmungsanlagen und Speicher-Trinkwassererwärmer
DIN 6280	Hubkolben-Verbrennungsmotoren
DIN 45635	Geräuschmessung an Maschinen; Luftschallemission, Hüllflächen-Verfahren
DIN 51857	Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase – Berechnung von Brennwert, Heizwert, Dichte, relativer Dichte und Wobbeindex von Gasen und Gasgemischen
DIN EN 50110-1 (VDE 0105-1)	Betrieb von elektrischen Anlagen
DIN EN 50110-2 (VDE 0105-2)	Betrieb von elektrischen Anlagen (nationale Anhänge)
DIN VDE 0105-100	Betrieb von elektrischen Anlagen, Allgemeine Festlegungen
DIN EN 50178 (VDE 0106)	Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln

Planungshinweise

DIN VDE 0100	Errichten von Niederspannungsanlagen – Verzeichnis der einschlägigen Normen und Übergangsfestlegungen
DIN EN 50156-1 DIN VDE 0116	Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen – Teil 1: Bestimmungen für die Anwendungsplanung und Errichtung
DIN EN 60034-1 (IEC 60034-1)	Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten
VDI 2035 Blatt 1	Vermeidung von Schäden in Warmwasser- Heizungsanlagen – Steinbildung in Trinkwassererwärmungs- und Warmwasser-Heizanlagen
VDI 2067 Blatt 1	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung
VDI 3985	Grundsätze über Planung, Ausführung und Abnahme von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit Verbrennungskraftmaschinen
VDI 6025	Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen
2009/142/EG	Richtlinie über Gasverbrauchseinrichtungen
97/23/EG	Druckgeräterichtlinie
2004/8/EG	Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft- Wärme- Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG
EN 60204-1 (VDE 0113-1)	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 44/617/CD:2010)

4.2 Schallschutz

4.2.1 Luft- und Körperschallübertragung

Geräuschemissionen von BHKW- Modulen

Die Motor- und Verbrennungsgeräusche einer BHKW- Anlage müssen bei der Planung unbedingt beachtet werden. Die gesetzlich vorgeschriebenen Werte sind unbedingt einzuhalten.

Die entsprechenden Daten für die einzelnen Module sind in den Datenblättern der BHKW- Anlagen enthalten.

Luft- und Körperschallübertragungswerte

Unter **Luftschall** versteht man Schallwellen die sich über die Luft ausbreiten.

Massive Bauteile können Luftschall eindämmen.

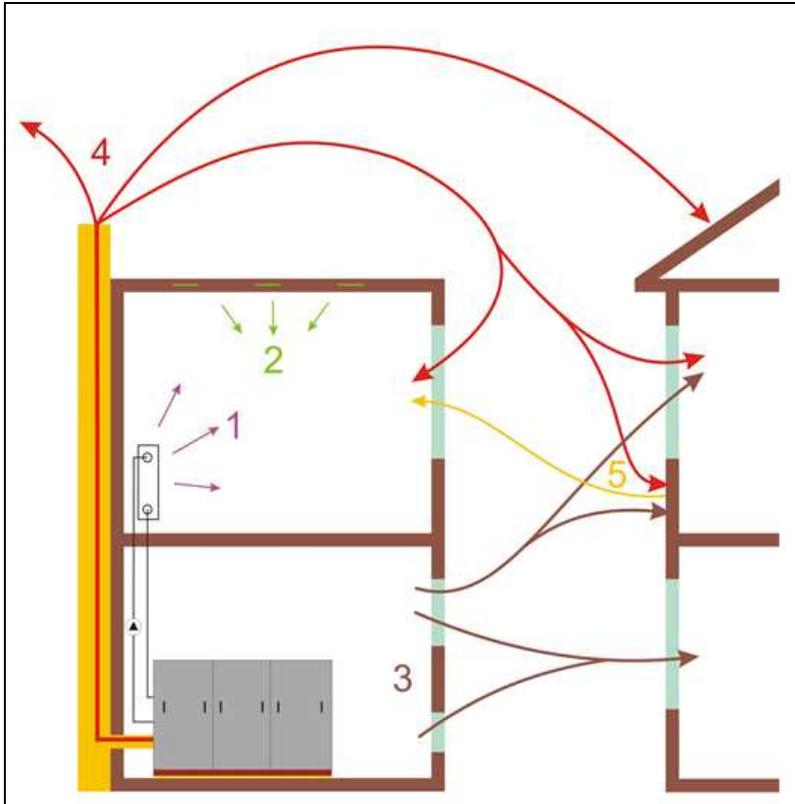
Körperschall ist Schall, der sich in einem Festkörper ausbreitet.

Körperschall kann durch den Menschen vor allem bei tiefen Frequenzen wahrgenommen werden (Brummtöne der Abgasanlage!).

Bei der Planung und Aufstellung einer BHKW- Anlage ist die Untersuchung der Decken, Wände Rohrleitungen, Zuluftöffnungen und Abgasleitungen zwingend erforderlich.

Wir empfehlen hierzu immer ein Schallgutachter in die Planung mit einzubeziehen.

Schaubild: Luft- und Körperschall



- 1 Luftschall infolge von Pumpen- und Strömungsgeräuschen
- 2 Luftschall infolge von Körperschall
- 3 BHKW- Raumgröße
Abgas- und
- 4 Verbrennungsgeräusche /
Luftschall direkt
- 5 Luftschall durch Reflexion

Planungshinweise

4.2.2 Geräuschemissionsrichtwerte

Prinzipiell unterscheidet man
 Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen
 Schalldruckpegel in der Nachbarschaft

Maximal zulässige Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen

Hier hat der Gesetzgeber maximale Werte vorgegeben um Belästigungen durch Lärm zu vermeiden.

Diese treffen uneingeschränkt auch für BHKW- Anlagen zu.

Art der schutzbedürftigen Räume	
Wohn- und Schlafräume	Unterrichts- und Arbeitsräume
<30 dB(A)	<35 dB(A)

Maximal zulässiger Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen laut DIN 4109 Tabelle 4 (Schallschutz im Hochbau)

Maximal zulässige Schalldruckpegel in der Nachbarschaft

Einwirkungsort	Immissionsrichtwert in dB(A)	
	Am Tag 06.00-22.00 Uhr	In der Nacht 22.00-06.00 Uhr
Industriegebiet	70 dB(A)	70 dB(A)
Gewerbegebiet	65 dB(A)	50 dB(A)
Mischgebiet	60 dB(A)	45 dB(A)
Allgemeines Wohngebiet	55 dB(A)	40 dB(A)
Reines Wohngebiet	50 dB(A)	35 dB(A)
Kurgebiet, Krankenhäuser	45 dB(A)	35 dB(A)

Maximal zulässiger Schalldruckpegel (Beurteilungspegel) in der Nachbarschaft laut TA-Lärm. Messpunkt: Außerhalb von Gebäuden, 0,5m vor einem geöffneten Fenster von schutzbedürftigen Räumen

Maximal zulässig Schalldruckpegel für betriebsfremde, schutzbedürftige Räume

Wohnräume und Schlafräume gelten als besonders schutzbedürftig und unterscheiden sich bei der Betrachtung von Schutzbedürftige Räume nach DIN 4109 A1 Aufenthaltsräume.

Art der schutzbedürftigen Räume		
	Wohn- und Schlafräume	Unterrichts- und Arbeitsräume
Am Tag 06.00-22.00 Uhr	<35 dB(A)	<35 dB(A)
In der Nacht 22.00-06.00 Uhr	<25 dB(A)	<35 dB(A)

Maximal zulässiger Schalldruckpegel für betriebsfremde, schutzbedürftige Räume in einem Gebiet laut Tab.9

Es kommt in der Praxis auch sehr oft vor, dass von den Bauherren geringere Schalldruckpegel gefordert werden. Diese werden dann gewöhnlicher Weise gesondert vereinbart und zahlenmäßig festgelegt.

Tieffrequente Geräusche

Wie schon erwähnt, haben sich die tieffrequenten Geräusche in den letzten Jahren als großes Problem herauskristallisiert. Dies hängt mit der Motorenentwicklung und den streben nach höheren Wirkungsgraden zusammen.

Diese tieffrequenten Geräusche führen zu hohen Belästigungen in der zu betrachtenden angrenzende Umgebung. Auch wenn nachweislich der Schalldruckpegel eingehalten wird, kann es zu Belästigungen kommen, da sich diese tieffrequenten Geräusche anders verhalten als höherfrequente.

Die Schalldämpferindustrie hat dieses Problem rechtzeitig erkannt und für jeden Motortyp und Anwendungsfall spezielle Kombinationsschalldämpfer entwickelt. Diese vereinen einen Reflektions- und einen Absorptionsschalldämpfer.

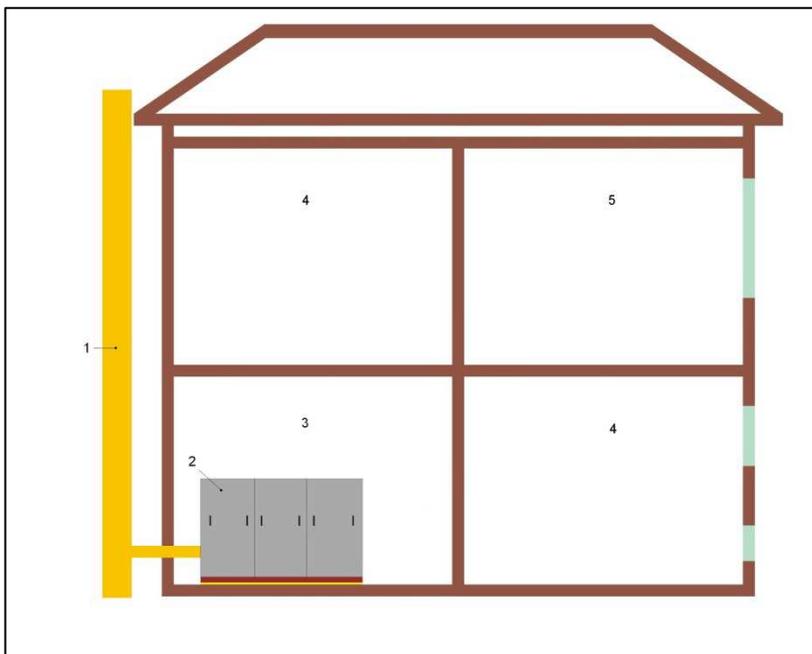
Wir empfehlen einen solchen Schalldämpfer gleich in die Planung mit einzubeziehen.

4.2.3 Lärmschutzmaßnahmen

Lärmschutz bauseitig

Der BHKW- Aufstellungsraum sollte nach Möglichkeit nie an schutzbedürftige Räume angrenzen. Ebenso der Verlauf der Abgasführung.

Schaubild: Lärmschutz bauseitig



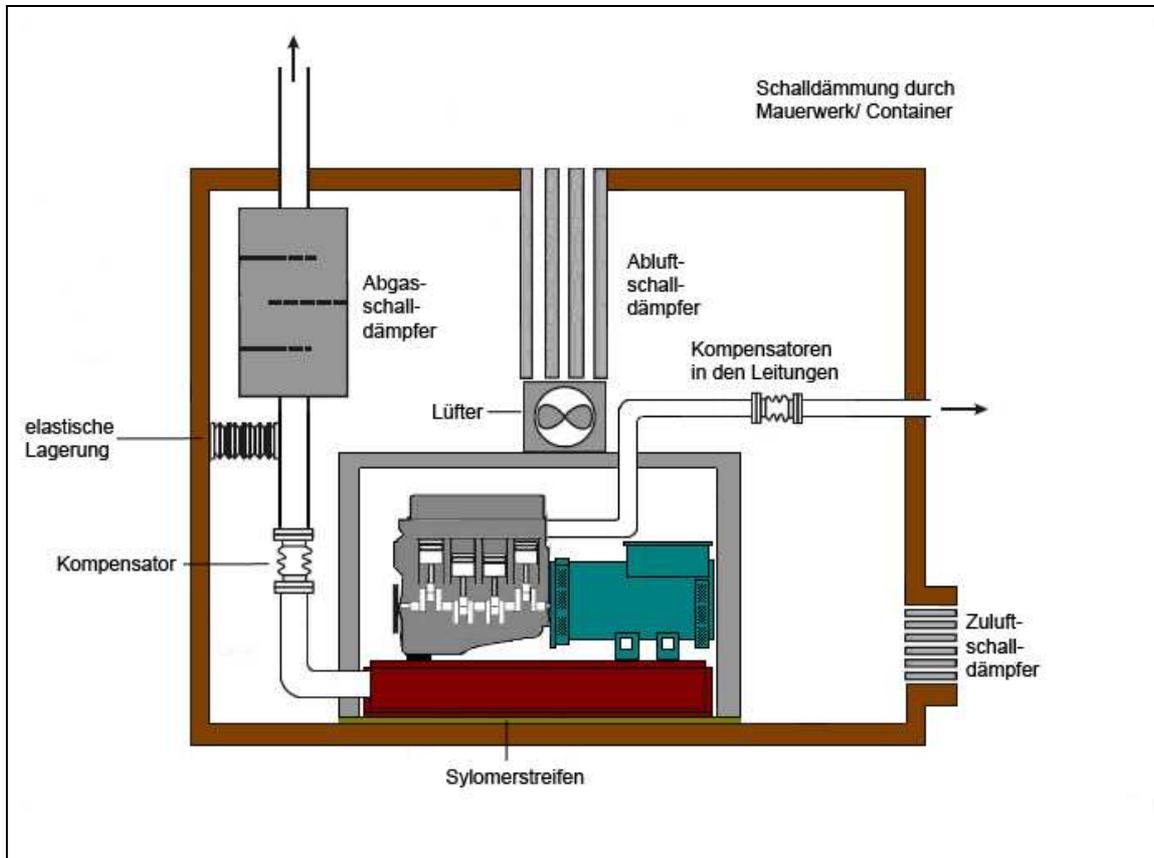
- 1 Abgasleitung
- 2 Luftschall infolge von Körperschall
- 3 BHKW- Raumgröße Abgas- und
- 4 Verbrennungsgeräusche / Luftschall direkt
- 5 Luftschall durch Reflexion

Die Anordnung der Zu- und Abluftöffnungen ins „Freie“ sollten nicht im Bereich von Fenstern und Terrassen oder einer schutzbedürftigen Umgebung angeordnet werden. Sollte dies nicht umgangen werden können, so ist eine gesonderte Anordnung von zusätzlichen, aufeinander abgestimmten, Zu- und Abluftschalldämpfer erforderlich. Die Abgasleitung einer BHKW-Anlage darf nicht durch Festpunkte mit dem Gebäude verbunden werden. Es sind geeignete Entkopplungselemente und ein separater Kaminschacht im Gebäude oder eine einzelne Steigleitung im Freien zu planen. Weiterhin soll die Abgasleitung nicht unmittelbar an schutzbedürftige Räume angrenzen. Der Aufstellungsraum und die Installation der BHKW-Anlage sollten weitere Lärmschutzmaßnahmen im Bedarfsfall ermöglichen.

Lärmschutz sekundär

Die Möglichkeit des sekundären Lärmschutzes ist abhängig vom Aufstellungsort / Gebäude. Hier können nur prinzipielle Anmerkungen gemacht werden. Wichtig ist es, den Lärm möglichst am Entstehungsort zu mindern.

Schaubild: Schalldämmung sekundär



Empfehlungen:

- Einbau von Kompensatoren (Abgaskompensator, Heizungswasserkompensator im Lieferumfang)
Montagevorschriften unbedingt beachten
- Schwingungsdämpfer unter dem BHKW Grundrahmen installieren (Sylomerstreifen im Lieferumfang)
- Montage einer Schalldämmhaube um das Modul [optional erhältlich, Pegelminderung bis zu 30 dB(A)]
- Zu- und Abluftschalldämpfer installieren um Geräusche im Aufstellungsraum und im Freien zu vermeiden
- Abgasschalldämpfer installieren (siehe Hinweise unter Einbindung Abgastechnik zu Abgasschalldämpfern)

Bei diesen Maßnahmen sind die luft- und verbrennungsseitigen Widerstände unbedingt zu berücksichtigen, gegebenenfalls ist mit der technischen Abteilung von WA Rücksprache zu halten.

Körperschalldämmung

Körperschall kann nicht nur von der BHKW-Anlage ausgehen. Sämtliche Komponenten der Heizungsanlage und der Verbindungsleitungen können Körperschall auf benachbarte Räume übertragen. Nur durch eine Installation mit den entsprechenden Entkopplungselementen kann der Körperschall eingegrenzt werden (Ausführung von Befestigungen, Entkopplung durch Kompensatoren untereinander). Ein nachträgliches Aufspüren und Beseitigen der Quellen ist mühsam und aufwendig.

Für die Planung der BHKW- Anlage in Bezug auf den Lärmschutz können wir hier folgende Checkliste empfehlen:

- BHKW- Typ, Datenblatt, Leistungswerte
- Durchmesser des Abgasanschlusses, Auslegung der Abgasleitung, Verlauf der Abgasführung
- Abstand der Abgasmündung zu Fenstern, Balkonen, Wohn- und Arbeitsräumen
- Beschaffenheit / Ausführung des Untergrundes (Boden) im Aufstellungsraum
- Lage des Aufstellungsraums (wo sind schutzbedürftige Räume?)
- Anordnung der Zu- Abluftöffnungen (wo befinden sich Fenster oder Balkone?)
- Welcher maximal zulässige Schalldruckpegel muss im Freien, laut „TA-Lärm“, eingehalten werden?
(siehe Tabellen Seite 33)
- Wurde ein niedrigerer Schalldruckpegel vereinbart (oder empfohlen)?
- Wird die BHKW- Anlage in einer ruhigen Gegend mit sehr niedrigen Hintergrund- bzw. Fremdgeräuschen aufgestellt?

Aus den Ausführungen ist zu erkennen, dass die Maßnahmen zum Lärmschutz für jede Anlage speziell ausgelegt werden müssen. Man kann bei dem Thema Schall keine Verallgemeinerung treffen.

4.3 Regelungsstrategien

Regelung	Beschreibung
BHKW- Regelung	<p>Prinzipiell ist die BHKW-Regelung so aufgebaut, dass sie die Motorüberwachung/Regelung komplett übernimmt. Sicherheitsüberwachungen und die Netzsynchroisation wird in ihr integriert. Das Herzstück ist eine SPS Steuerung. Diese ist freiprogrammierbar und kann somit noch weitere Funktionen rund um das BHKW übernehmen.</p>
Kesselregelung	<p>Um Wärmebedarfsspitzen abdecken zu können kann die BHKW Steuerung die Kesselanlage nach erkennen einer Wärmesenke freischalten. Da sinnvoller Weise das BHKW nur für die thermische Grundlast ausgelegt wird kann man somit eine Unterversorgung vermeiden.</p>
Rücklauftemperaturenanhebung für das BHKW	<p>Um eine konstante Motoraustrittstemperatur zu gewährleisten wird eine sogenannte Rücklauftemperaturenanhebung eingesetzt. Hierzu gibt es 2 Möglichkeiten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rücklauftemperaturenanhebung mit einem 3- Wegeventil. Dieses sitzt in der Rücklaufleitung vor der externen Heizungspumpe dieses wird von der BHKW Schaltanlage angesteuert 2. Rücklauftemperaturenanhebung mit einer frequenzgeregelten Umwälzpumpe. Im BHKW Schaltschrank ist ein Frequenzumrichter installiert. Dieser bestimmt die Drehzahl der externen Heizungspumpe und hält somit die Temperatur <p>Regelgröße ist in beiden Fällen die Motoraustrittstemperatur.</p>
Optionen Prozessvisualisierung/ Fernüberwachung	<p>Die Prozessvisualisierungssoftware „Siemens-WinCC-flexible- Runtime wird auf einem kundeneigenen PC mit Internetanschluss und LAN Verbindung zur BHKW- Steuerung installiert. Alternativ kann der Zugriff auf die Steuerung über einen VPN- Tunnel erfolgen</p>
Option Pufferspeicherladung	<p>Besteht keine kontinuierliche Wärmeabnahme ist es immer sinnvoll einen Pufferspeicher einzusetzen. Die BHKW Steuerung ist in der Lage eine Laderegulierung mit zu übernehmen.</p>

Planungshinweise

4.4 Anforderungen an Aufstellraum

Es sind immer die örtlichen Bestimmungen und Gesetze (Fluchtwege etc.) zu beachten!

Bereich	Beschreibung
<p>Raumgröße für Aufstellung eines BHKWs</p>	<p>Die Raumgröße sollte nach Möglichkeit so dimensioniert sein, dass für Wartungen und Serviceeinsätze genügend Platz vorhanden ist. In der Regel sollte ein Umgang um das Aggregat von mindestens 80 cm sein, sofern nicht örtliche oder gesetzliche Vorgaben bezüglich Fluchtweg oder der gleichen etwas anderes fordert.</p> <p>An der Stirnseite des BHKWs befinden sich die Wasseranschlüsse. Hier sollte man ebenfalls auf die Zugänglichkeit der einzelnen Komponenten achten.</p> <p>Des Weiteren ist darauf zu achten, dass keine Ammoniak – Kälteaggregate im selben Raum wie das BHKW aufgestellt werden.</p>
<p>Lüftung</p>	<p>Bei der Planung sollte man darauf achten, dass die Querschnitte für die Zu- und Abluft immer so groß sind, dass die Luftgeschwindigkeit unter 2,4 m/s bleibt. Je nach Anforderung muss bei der Planung auf den nötigen Einbauplatz von Schallkulissen geachtet werden.</p>
<p>Fundament</p>	<p>Ein Fundamentsockel ist nur erforderlich, falls die Tragfähigkeit des Bodens nicht ausreichen sollte, oder besondere Schallanforderungen gefordert werden. Bei besonders hohen Schallanforderungen kann man eine Bodenplatte erstellen lassen, die vom vorhandenen Boden entkoppelt ist. Allerdings reichen die Vorkehrungen am Aggregat in den meisten Fällen aus</p>

4.5 Elektroeinbindung

4.5.1 Allgemeine Hinweise

Aufgabe der BHKW- Schaltanlage ist es, die sichere Steuerung, Regelung und Überwachung des Aggregates, den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage und die Stromlieferung, bzw. den „Netz-Null-Bezug“ vom öffentlichen Netz zu realisieren. In dieser Schaltanlage ist meist neben dem Steuerteil mit Bedienoberfläche auch ein Leistungsteil, je nach Kundenwunsch, enthalten.

Das Leistungsteil besteht meist aus einem Kuppelschalter, Leistungsschutz, Generatorleistungsschalter mit elektronischem Auslösesystem, thermischer Generator-Überlastschutz, kurzzeitverzögertem Generator- Kurzschlusschutz und unverzögertem Generatorkurzschlusschutz.

Die geeichte Wandlermessung incl. geeichten Energiezählers kann vom Kunden oder dem jeweiligen Energieversorger beigestellt oder von WA geliefert werden.

Ebenfalls ist in der Schaltanlage ein sicherheitsgerichtetes Stillsetzen (NOT-AUS) des Aggregates und die Netztrennung bei Gefahr enthalten. Die zugehörigen NOT-AUS-SCHALTER sollten sich in der Schaltschrankfront und an allen Türen aus der Schallhaube, Container oder Gebäude vorgesehen werden. Ein weiterer NOT- AUS- Schalter sollte nach Möglichkeit von außen zugänglich sein, dass das Aggregat im Notfall auch ohne Betreten der Anlage abgestellt werden kann.

ACHTUNG

Die Richtlinien, wie die VDE AR-N 4105, BDEW- Richtlinie, ..., und Werte entsprechend des örtlichen Energieversorgers und Gesetzgebers müssen eingehalten und vor Produktionsbeginn schriftlich an WA mitgeteilt werden.

4.5.2 Netzparallelbetrieb

Für den Betrieb eines BHKW parallel zum öffentlichen Netz, ist die Schaltanlage entsprechend dem örtlichen Stromversorger und dem Gesetzgeber mit einer Synchronisier-Einrichtung, entsprechenden geforderten Überwachungen und Leistungsschalter auszustatten.

Nach dem Startbefehl, entweder über Hand an der BHKW-Schaltanlage oder über die kundenseitige Steuerung wird das BHKW automatisch gestartet, auf die Drehzahl des der entsprechenden Netzfrequenz gebracht und anschließend, von der BHKW Steuerung auf das öffentliche Netz synchronisiert. Stimmt die Spannung und die Frequenz zwischen Generator und dem öffentlichen Netz überein wird der Leistungsschalter / Leistungsschutz zugeschaltet. Somit ist das BHKW mit dem öffentlichen Netz verbunden.

Im Regelfall speist das BHKW den nun produzierten Strom auf eine Verteilstation. Ab hier unterscheiden sich mehrere Einspeisemöglichkeiten.

Die KWK- Strommessung kann bei der Beauftragung von der Firma WA im Steuer / Leistungsschaltschrank realisiert werden.

Richtlinien

Im Netzparallelbetrieb sind die Technischen Anschlussbedingungen des Netzversorgers unbedingt einzuhalten. Darum wird schon in der Planungsphase und Projektierungsphase empfohlen mit dem zuständigen EVU Kontakt aufzunehmen.

Hierdurch kann man in der Planungsphase die Möglichkeiten der Vergütung in die Betrachtungen einfließen lassen.

Synchronisierung

Das Synchronisiergerät vergleicht Netz- und Generatorspannung auf Spannungsunterschiede, Frequenzunterschiede und Phasenlage.

Erst nach Erfüllung aller Synchronisierbedingungen erfolgt die Zuschaltung. Das Gerät ist auch für rauhen Betrieb in stark gestörten Netzen ausgelegt.

- vollautomatische Synchronisierung mit dem Netz
- umfassende Prüffunktionen gegen Fehlsynchronisierung
- Rückleistungsschutz beim Synchronisieren
- Voreilzeit von 10 – 250 ms einstellbar
- Maximale Differenzfrequenz von 0,15 - 1 Hz einstellbar
- Maximale Differenzspannung von 2 - 10% einstellbar

Planungshinweise

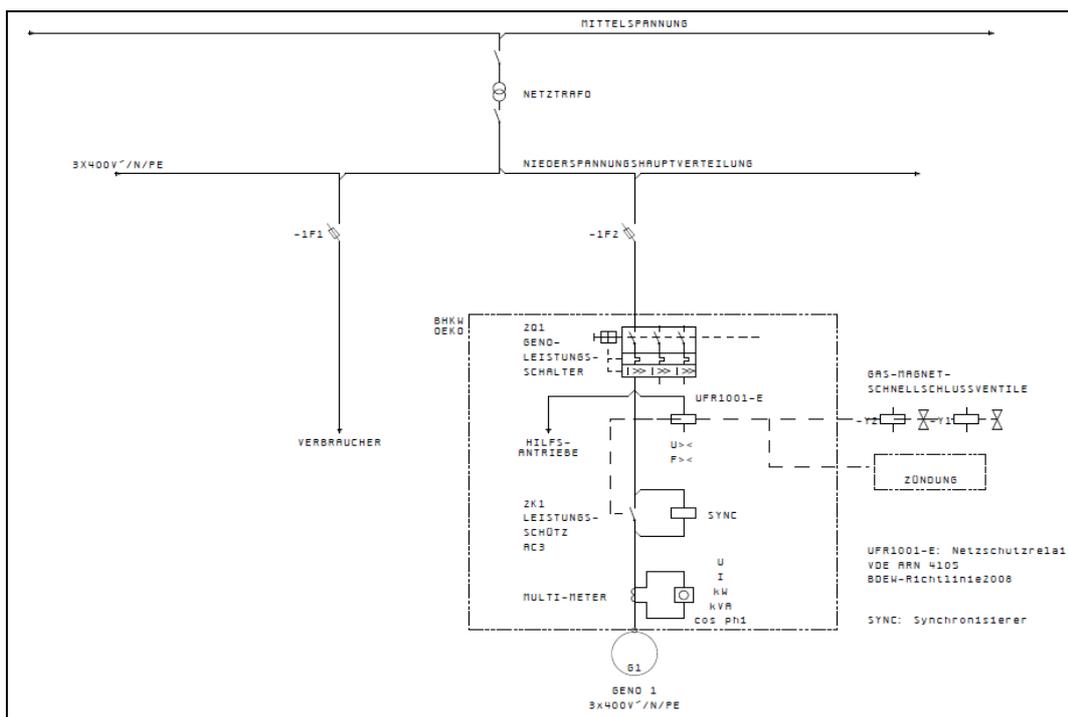
Elektroanschluss

Im Schaltschrank ist die Schnittstelle an den Netzklemmen des Leistungsschalters vorgegeben. Die elektrische Anbindung erfolgt üblicherweise niederspannungsseitig an das 0,4-kV-Netz. Diese Anschlussarbeiten dürfen nur von einem konzessionierten Elektroinstallateur ausgeführt werden.

Mit dem EVU ist im Vorfeld zu klären welche Mess- und Zählrichtungen (Bezugszähler, Vier-Quadranten- Zähler, ...) eingesetzt werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Dimensionierung der Leitungsquerschnitte. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass der zugelassene Verlust möglichst gering gehalten wird. Durch die Dauerlast ist es zu empfehlen, die Leitungsquerschnitte etwas größer als notwendig auszuwählen. Ein weiterer wesentlicher Punkt ist das Verhältnis Wirkarbeitsbezug und Blindbezug. Durch den Einsatz einer BHKW- Anlage sinkt der Wirkleistungsbezug. Der Blindleistungsbezug bleibt jedoch gleich. Hier ist der Strombezugsvertrag des Endkunden zu prüfen und anzupassen. Gegebenenfalls muss eine Blindleistungskompensationsanlage nach oder aufgerüstet werden.

Schaubild: Single Line Diagramm Netzparallel



4.5.3 Netzersatzbetrieb

Da es vermutlich nie vorkommen wird, dass ein BHKW nur für Netzersatzbetrieb eingesetzt wird, (nicht wirtschaftlich nach den momentanen Bedingungen in Deutschland) gehen wir hier auf diesen Fall nicht näher ein. Sicher gibt es in anderen Ländern Bedingungen, die diesen Einsatz rechtfertigen. Prinzipiell ist dies mit BHKW- Modulen möglich.

Hier gehen wir nur auf ein BHKW ein, welches auch die Funktion Netzersatzbetrieb übernehmen kann.

Ein BHKW kann bei Netzausfall auch als Netzersatzaggregat eingesetzt werden. Allerdings muss das Aggregat mit einem Synchrongenerator ausgerüstet sein. Es gibt zwei Möglichkeiten:

ACHTUNG

Was grundsätzlich zu beachten ist:

- Ist bei einem Stromausfall weiter die Gasversorgung gesichert?
- Ist die Wärmeabnahme (Kühlung des Aggregates) weiter gesichert?

Die BHKW- Module der Firma WA können auch als Netzersatzaggregat eingesetzt werden. Die Steuerung erkennt selbstständig den Netzausfall und trennt die BHKW-Anlage vom öffentlichen Stromnetz (durch öffnen des kundenseitigen Kuppelschalters).

Nach einem Lastabwurf (da im Regelfall die angeschlossenen Verbraucher zu groß sind) kann das BHKW die Netzersatzfunktion übernehmen.

Nach Netzwiederkehr schreibt das EVU eine Netzberuhigungsphase vor. Danach wird das Modul abgeschaltet und der kundenseitige Netzkuppelschalter geschlossen. Nun kann das BHKW erneut starten und nach der Synchronisierungsphase den Netzparallelbetrieb wieder aufnehmen.

Wichtig ist, während der Netzersatzfunktion die sichere Abfuhr der entstehenden Wärme.

Voraussetzung für eine Netzersatzfunktion ist die Netzmessung vor dem kundenseitigen Netzkuppelschalter.

Dieser Kuppelschalter muss mit einem Motorantrieb 24 V DC ausgestattet sein und eine Rückmeldung zum BHKW liefern.

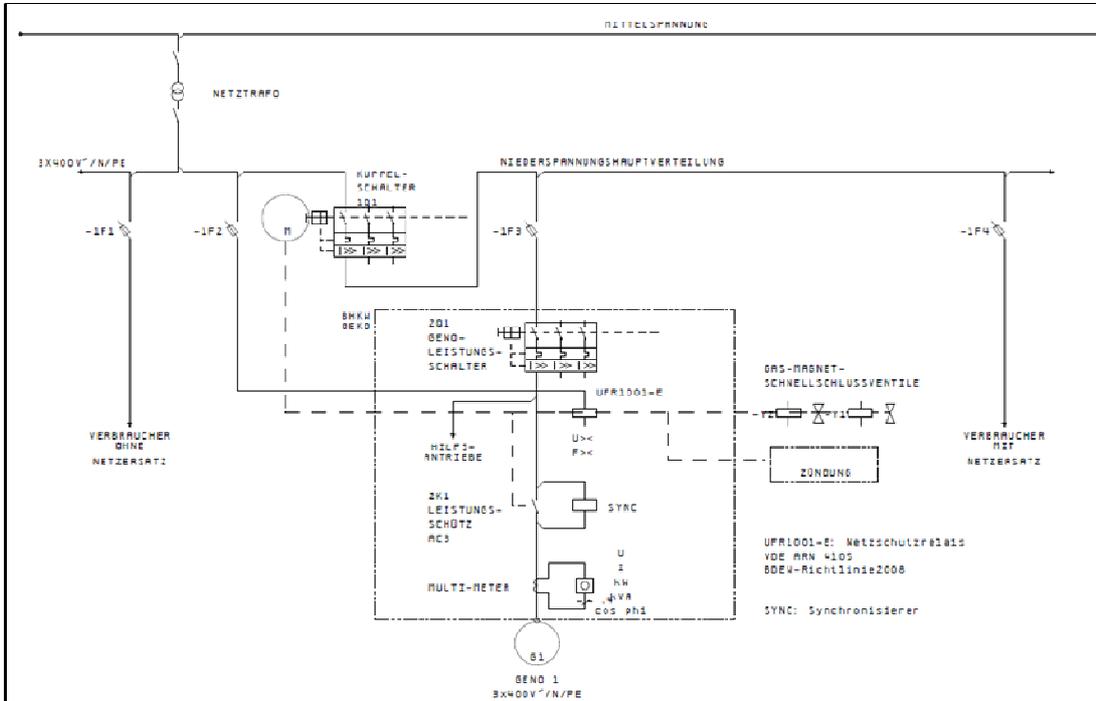
Die einschlägigen Richtlinien zur Lastaufschaltung im Netzersatzbetrieb (EM-50/81, EM-70/115, EM-140/207, EM-238/363) sind einzuhalten.

ACHTUNG

Es kann zu einer sofortigen Störabschaltung des BHKW kommen, wenn die Lastaufschaltung zu groß ist (wegen Generator-Überstrom bzw. Generator-Unterspannung).

Planungshinweise

Schaubild: Single Line Diagram Netzersatz



Absicherung des BHKW

Im Schaltschrank der BHKW-Anlage ist der Steuer- und Leistungsteil integriert. Der Leistungsteil ist mit dem Leistungsschutz und Generatorleistungsschalter abgesichert. Der Steuerteil ist durch separate Sicherung abgesichert. Die bauseitig hergestellte Leistungskabelverbindung ist bauseitig abzusichern. Dies liegt in der Verantwortung des örtlichen Elektroinstallateurs.

4.5.4 Inselbetrieb

Beim Inselnetz liegt kein Anschluss zum öffentlichen Netz vor. Hier wird nur das Objekt einzig und allein von einem Stromerzeuger versorgt.

Wichtig ist hier eine genaue Planung und Untersuchung der einzelnen Verbraucher, deren Last und Zuschaltverhalten. Auch bei einer kurzzeitigen Überlastung schaltet das BHKW wegen Störung ab.

Die Errichtung einer solchen Inselanlage unterliegt nicht der Genehmigungspflicht des örtlichen EVU, jedoch die einschlägigen Normen und Sicherheitsvorschriften sind auch hier einzuhalten. Da bei Wartungs- und Reparaturarbeiten und im Störfall kein Strom zur Verfügung steht, sollte man diese Lösung nur in Notfällen anstreben.

4.6 Heizungseinbindung

4.6.1 Allgemeine Hinweise

Zur Vermeidung von mechanischer und thermischer Belastungen und der Übertragung von Körperschall sind die Anschlussleitungen an das BHKW-Modul mit elastischen Kompensatoren auszuführen. Diese Kompensatoren sind im Lieferumfang enthalten.

Weiterhin sind die hydraulischen Verhältnisse zu untersuchen. Der Volumenstrom des Heizungswassers darf nicht gemindert werden. Es ist zu empfehlen die Verbindungsleitungen großzügig auszulegen. Der Einsatz von Schwerkraftbremsen/ Rückschlagklappen ist nicht zu empfehlen. Besonders nicht beim Einsatz von frequenzgeregelten Heizungspumpen, da diese bei niedrigen Drehzahlen oftmals nicht öffnen.

Da ein BHKW mindestens die Grundlast eines Heizungssystem übernimmt muss es zwangsläufig vorrangig, vor einem Heizungskessel, eingebunden werden.

Empfehlenswert ist der Einsatz von Pufferspeichern. Diese verhindern das Takten der BHKW-Anlage, da kurzzeitige Überproduktion von Wärme kompensiert werden kann.

Wenn der Einsatz von Brennwerttauschern geplant ist, sollten die Rücklauftemperaturen zum BHKW unter 55°C liegen, denn dann macht der Einsatz erst Sinn.

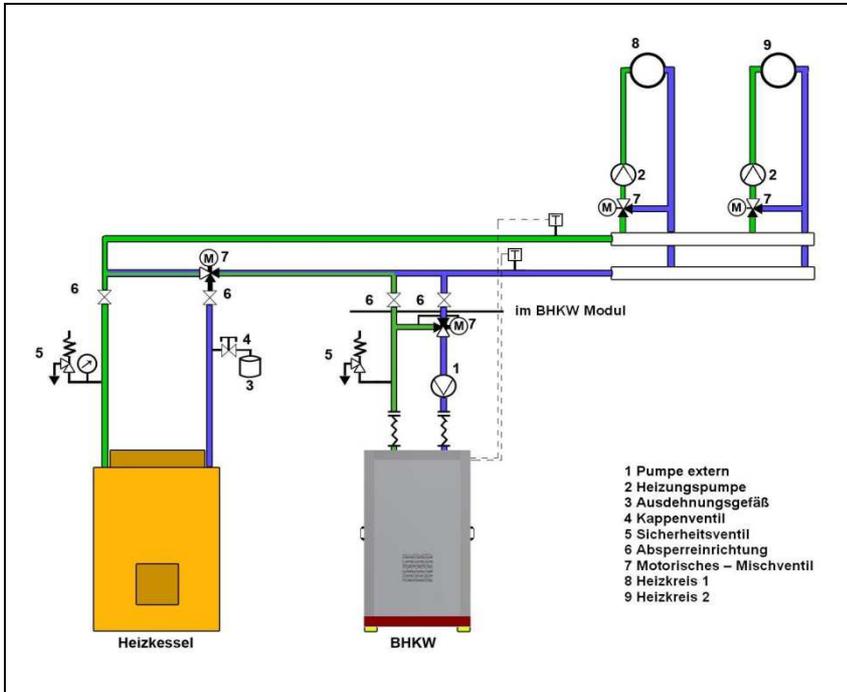
Unterliegen die Rücklauftemperaturen starken Schwankungen so ist der Einsatz einer klassischen Rücklaufanhebung vorzugsweise einzusetzen. Eine frequenzgeregelte Umwälzpumpe kann sich hier leicht „aufschaukeln“.

Die Heizwasserqualität muss mindestens den Anforderungen der VDI 2035 Gruppe 2 entsprechen, sowie auch das Füllwasser für den Motorkreis.

Planungshinweise

4.6.2 Anlagenbeispiel mit einem BHKW und Spitzenlastkessel

Schaubild: BHKW und Spitzenlastkessel



Dieses Anlagenbeispiel zeigt eine BHKW- Anlage mit einem Heizungskessel (Spitzenlastkessel). Es ist kein Pufferspeicher installiert. Für einen konstanten BHKW-Betrieb wird eine stetige Wärmeabnahme benötigt.

Eine Kurzschluss-Leitung vom Heizungsrücklauf über den BHKW Rück- Vorlauf zum Heizungskessel sorgt für eine hydraulische Entkopplung. Somit können beide Anlagen miteinander und auch einzeln arbeiten.

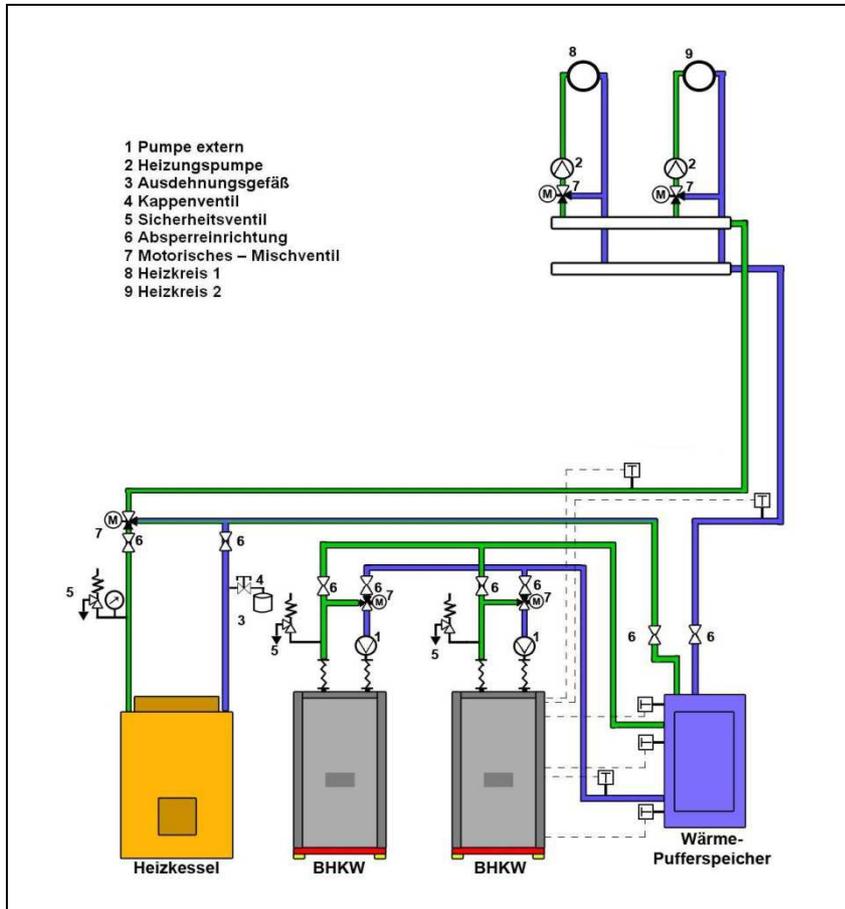
In der BHKW- Steuerung kann die Einschalttemperatur des BHKW über die Rücklauftemperatur eingegeben werden. Liegt diese unter dem eingegebenen Sollwert, so startet das BHKW. Für das Zu- und Abschalten der BHKW- Anlage ist eine Hysterese von 5 K fest eingestellt.

Der Temperaturfühler im HeizungsVorlauf am Heizkreisverteiler zeigt die momentane Vorlauftemperatur. Weicht diese von der gewünschten Vorlauftemperatur ab (Eingabe in der BHKW- Steuerung oder der übergeordnete GLT), so wird der Heizungskessel gestartet oder abgestellt. Im Vorrang steht immer das BHKW, außer es liegt am BHKW eine Störmeldung an.

Planungshinweise

4.6.3 Anlagenbeispiel mit BHKW- Kaskade, Spitzenlastkessel und Pufferspeicher

Schaubild: BHKW- Kaskade, Spitzenlastkessel und Pufferspeicher



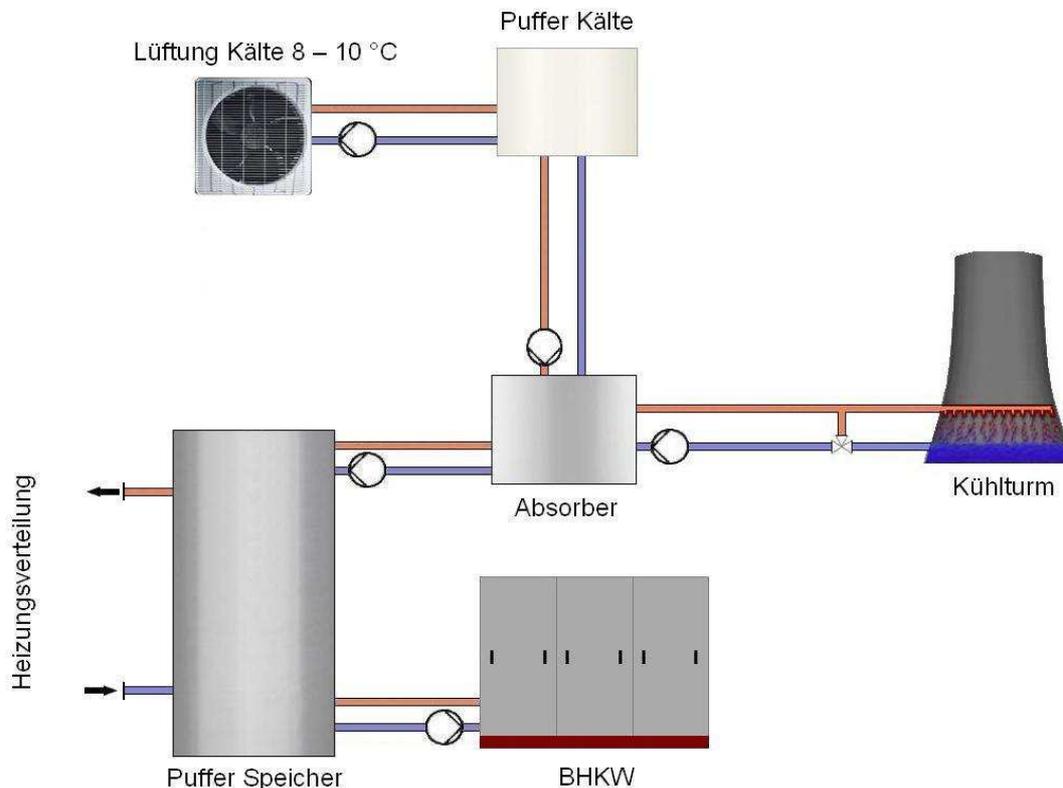
In diesem Anlagenbeispiel sind 2 BHKW- Anlagen über einen Pufferspeicher mit einem Heizungskessel verbunden. Der Pufferspeicher ist hierbei nicht nur für die Speicherung der Wärmespitzen zuständig, sondern er übernimmt hier auch noch die Funktion der hydraulischen Entkopplung. Dies ermöglicht auch einen BHKW- Betrieb bei unstetiger Wärmeabnahme. Ist der Pufferspeicher ausreichend dimensioniert, ermöglicht diese hydraulische Verschaltung auch das Abfahren von Stromspitzen.

Eine den beiden BHKW- Steuerungen übernimmt wahlweise die Masterfunktion. Dadurch wird auch gewährleistet, dass beide BHKW- Anlagen die gleichen Laufzeiten (Wartungszyklen) haben. Auch hier erfolgt die Zuschaltung der BHKW- Anlagen über die Rücklauftemperatur und die Kesselzuschaltung über die gewünschte Heizungsvorlauftemperatur, oder GLT- Anforderung. Ebenso das Abstellen des Heizungskessels.

Weiterhin ist die BHKW- Steuerung in der Lage den Speicherfüllstand (mindestens 3 Temperaturfühler sind im Pufferspeicher erforderlich) zu erkennen und durch Modulation der BHKW- Aggregate ein bestimmtes Niveau zu halten.

4.6.4 Anlagenbeispiel mit einem BHKW und Absorptionskälteanlage

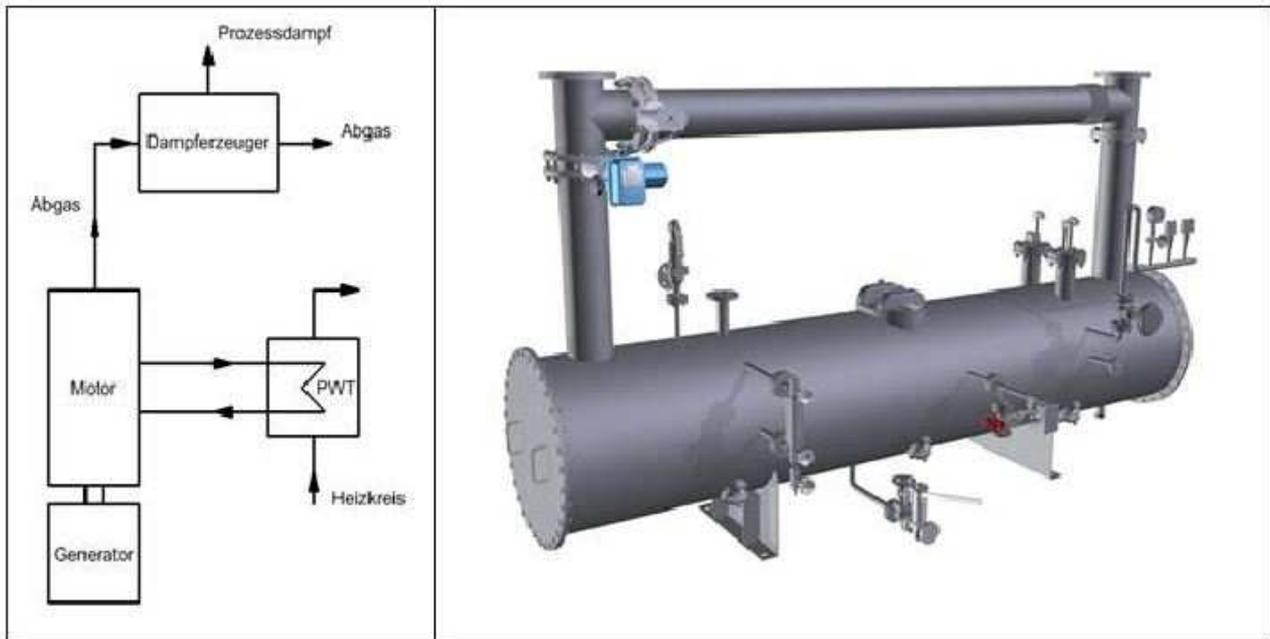
Schaubild: BHKW und Absorptionskälteanlage



Ein großes Problem bei BHKW- Anlagen ist die Wärme, welche oftmals im Sommer nicht benötigt wird. Durch die Verwendung der Wärme in Absorptionskälteanlagen kann die Jahresnutzungsdauer erheblich gesteigert und dadurch die Wirtschaftlichkeit eines BHKW verbessert werden. Das Prinzip der Absorptionskältemaschine beruht darauf, dass Wasser bei einem Luftdruck nahe dem Vakuum bei niedrigen Temperaturen (ca. 5°C) verdampft. Um diesen Prozess des Verdampfens aufrecht zu erhalten, wird der Wasserdampf mit Hilfe einer Lithiumbromidlösung ständig abgesaugt. Die durch diesen Vorgang verdünnte Salzlösung muss durch Verdampfen des Wassers eingedickt werden. Dies wird mit der BHKW Wärme im Austreibe bewerkstelligt. Der Wasserdampf, der dadurch entsteht, wird in einem Kühlturm kondensiert und das Kondensat wieder dem Verdampfer zugeführt. Damit schließt sich der Kreis. Für einen Anteil Kälte benötigt man etwa 1,4 Anteile Wärme. Absorptionskälteaggregate besitzen, außer die Pumpen, keine bewegten Teile und sind somit fast wartungsfrei. Absorptionskälteanlagen haben eine Lebensdauer von bis zu 20 Jahre und benötigen im Gegensatz zur Kompressionskältemaschine fast keine elektrische Energie und keine klimaschädlichen Kohlenwasserstoffe als Kältemittel. Allerdings ist der Platzbedarf von Absorptionskälteanlage deutlich größer als der für Kompressionskälteaggregat. Die Abwärme aus dem thermischen Verdichter kann zwischen 70°C und 100°C warm sein und kann unter Umständen noch Verwendung finden.

4.6.5 Anlagenbeispiel mit einem BHKW und Dampferzeuger

Schaubild: BHKW und Dampferzeuger



Ähnlich dem Prinzip des Abgaswärmetauschers, wird den heißen Motorenabgasen Energie entzogen um Dampf zu erzeugen. Dieser Dampf kann bei verschiedensten Abnehmern, wie z.B. Industrie, Krankenhäusern, Wäschereien, Lebensmittelindustrie usw. eingesetzt werden. Die meisten abgasbeheizten Dampferzeuger, welche bei BHKWs zum Einsatz kommen, sind als Großwasserraumkessel ausgeführt. Bezüglich der Sicherheit von Dampfkesseln müssen die örtlichen und gesetzlichen Bedingungen eingehalten werden. Bei der Klärung und Möglichkeiten ist ihnen WA gerne behilflich.

4.7 Einbindung Gas

Im BHKW- Modul sind folgende Elemente enthalten (Gasregelstrecke):

- Gaskugelhahn / Absperrklappe
- Gasfilter
- Gasdruckwächter min.
- 2 Stück Magnetventile
- Gleichdruckregler
- Elastische Anbindung an den Motor (Gasschlauch oder Kompensator)

Die Gasversorgung vom Gashauptanschluss bis zum Absperrhahn des BHKW ist kundenseitig zu installieren. Die Gasregelstrecke der BHKW- Module ist für einen Fließdruck zwischen 20 und 100 mbar ausgelegt. Bei Abweichungen muss der Hersteller, WA zur Lösungsfindung kontaktiert werden.

Die Dimensionierung der Gasleitung ist nach den einschlägigen Richtlinien vorzunehmen, sowie der Einbau von der vorgeschriebenen Sicherheitstechnik.

Eine Überdimensionierung der Querschnitte ist hier empfehlenswert, da hierdurch Druckschwankungen in der Gasleitung kompensiert werden können.

Für die Auslegung der Gasregelstrecke durch die Firma WA sind folgende Daten erforderlich:

- Gasart
- Methanzahl
- Unterer Heizwert
- Gasdruck
- Gaszusammensetzung
- Herkunft (z.B. bei Erdgas (Russland / Nordsee / ...))
- Mögliche Beimischungen wie Propan, Butan, usw. durch den Lieferanten

4.8 Einbindung Abgastechnik

Die Abgasleitung einer BHKW- Anlage steht unter Überdruck. Aus diesem Grund sollten BHKW- Abgasleitungen nicht gemeinsam mit Kesselabgasleitungen zusammengeführt und über Dach abgeleitet werden. Weiterhin darf auf die BHKW- Abgasleitung keine Regenhaube (Abgasgegendruck) aufgesetzt werden.

Bereits bei der Planung und Auslegung des Abgassystems, muss immer der maximale zulässige Abgasgegendruck des BHKW- Moduls beachtet werden. Diese Angaben können aus den Datenblättern von WA entnommen werden (in der Regel stehen ca. 15mbar ab dem BHKW- Flansch zur Verfügung).

Weiterhin erhält man aus den Datenblättern die Information zu dem Abgasmassenstrom und der Abgastemperatur.

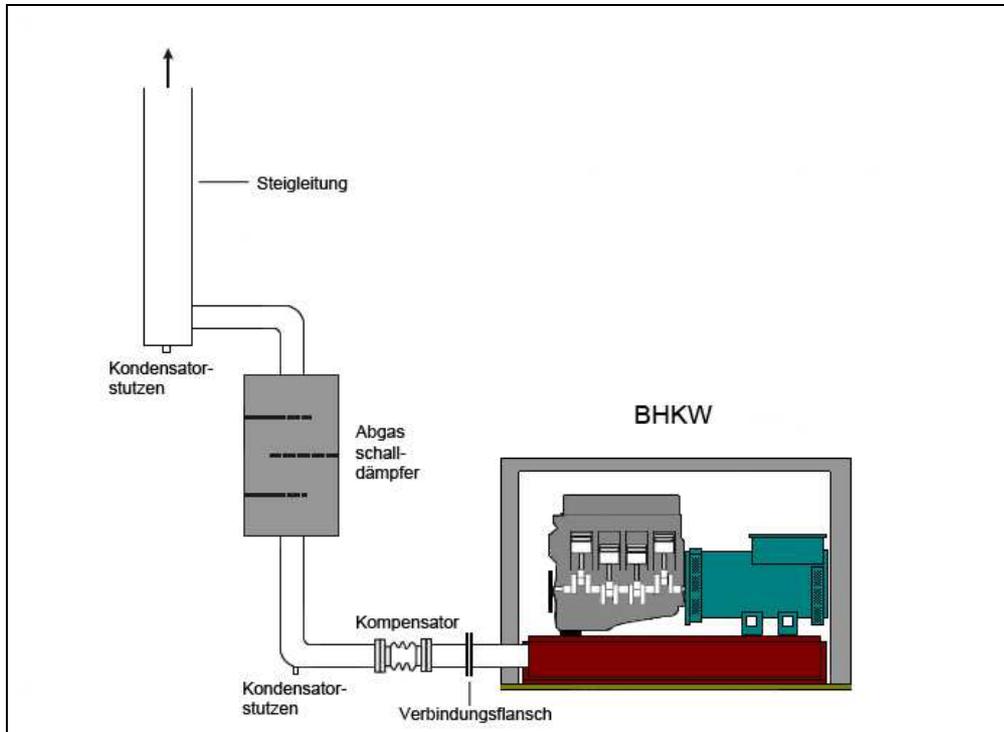
Neben dem Druckverlust ist auch die Strömungsgeschwindigkeit bei der Auslegung zu beachten. Diese sollte nicht über 10 m/s liegen, damit man auf keinen Fall ein „Strömungsrauschen“ erhält. Mit diesen Angaben kann das Abgassystem von einem Systemanbieter berechnet und ausgelegt werden.

Da während des BHKW- Betriebes mit einer Verschmutzung der Abgasleitung / Abgaswärmetauschers zu rechnen ist, sollte die Auslegung immer Reserven enthalten (ca. 5 mbar).

Der Abgasgegendruck, als wichtige Größe, soll während des BHKW -Betriebes regelmäßig kontrolliert werden (im Zuge von Servicearbeiten).

Bei Mehrmotorenanlagen ist darauf zu achten, dass jeder Motor sein eigenes Abgassystem erhält. Bei der Abgasrohrverlegung ist die Längenausdehnung des Rohres zu berücksichtigen und entsprechend Kompensatoren, Los – und Festlager einzuplanen. Bei der Auswahl der Halterungen ist auf die Vermeidung von Körperschallübertragung zu achten.

Schaubild: BHKW und Abgasschalldämpfer



Das erste Festlager sollte so dicht wie möglich nach dem ersten Kompensator am BHKW gewählt werden, damit keinerlei Spannungen auf den Abgaswärmetauscher erfolgen können.

In der Abgasführung ist bei der Montage darauf zu achten, dass Messstellen für eine etwaige Abgasmessung vorgesehen werden. Diese sollten entsprechend den örtlichen oder gesetzlichen Vorgaben erstellt werden. Bei der Position der Messstelle ist darauf zu achten, dass diese gut und einfach zugänglich sind. Die gesetzlichen oder / und vertraglichen Schallemissionen sind zu beachten.

Die Abgasführung nach dem Aggregat muss Druckfest bis 6 bar ausgeführt werden. Das Abgassystem steht unter Überdruck, damit die Abgasführung auch Verpuffungen standhält. Bei der Verlegung ist ebenfalls darauf zu achten, dass Kondensat sicher abgeführt wird. Ebenfalls dürfen die örtlichen vorgeschriebenen Oberflächentemperaturen nicht überschritten werden. Somit ist in den meisten Fällen zu isolieren. Bei der Isolierung ist darauf zu achten, dass diese an Flanschverbindungen mit Kappen versehen wird. Nach dem ersten Heißfahren des Abgassystems müssen alle Flanschverbindungen nachgezogen werden, da es zu Setzungen der Schrauben und Dichtungen kommen kann. Durch lockere, unsachgemäße Verbindungen kann Abgas austreten.

Planungshinweise

Die Abgasleitung besteht wesentlich aus folgenden Bestandteilen:

- BHKW Austrittsflansch
- Abgaskompensator (im Lieferumfang)
- Verbindungsleitung mit Kondensatstutzen
- Schalldämpfer (bei einer horizontalen Ausführung mit Kondensatstutzen)
- Steigleitung mit Kondensatstutzen

Die verwendeten Abgasschalldämpfer haben die Aufgabe den Schallpegel durch verschiedene Techniken zu reduzieren. Die Ausführung kann in Stahl oder Edelstahl sein, wobei die Edelstahlausführung wegen einer möglichen Kondensatbildung bevorzugt zum Einsatz kommen. Eine horizontale und vertikale Ausführung/Aufstellung ist möglich. Auch kundenspezifische Lösungen werden angeboten.

Es gibt im Wesentlichen 3 Arten von Abgasschalldämpfern:

Absorptionsschalldämpfer

- in der Regel zylindrische Bauform, ausgekleidet mit einem porösen Dämpfungsmaterial
- Umwandlung von Schall- in Wärmeenergie auf Grund von Reibungsverlusten
- Besonders geeignet zur Reduzierung der mittleren und hohen Frequenzen
- Durchschnittliche Einfügungsdämpfung 30 dB(A)

Reflexionsschalldämpfer

- Nutzung der Schallreflexion- und Expansionsprinzipien
- Reflexion und Expansion durch Prallwände und Querschnittsveränderungen
- Hauptsächliche Dämpfung der niedrigen Frequenzen
- Durchschnittliche Einfügungsdämpfung 25 dB(A)

Kombinationsschalldämpfer

- Kombination aus Absorptions- und Reflexionsschalldämpfer
- Mittlere Einfügungsdämpfung > 40 dB(A)

Planungshinweise

Durchschnittlich auftretender Gegendruck (Druckverlust) in mbar pro 1m Abgasrohr in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom und lichtem Durchmesser in mm:

Durchmesser	ECO 50G	ECO 70G / 100G	ECO 140G / 160G	ECO 190G	ECO 250G	ECO 350G / 400G
80 mm	0,7 mbar	1,6 mbar	4,4 mbar	14,2 mbar	21,2 mbar	
100 mm	0,2 mbar	0,5 mbar	1,3 mbar	4,3 mbar	6,5 mbar	
120 mm	0,1 mbar	0,2 mbar	0,5 mbar	1,6 mbar	2,5 mbar	10,7 mbar
140 mm		0,1 mbar	0,2 mbar	0,7 mbar	1,1 mbar	4,7 mbar
160 mm			0,1 mbar	0,4 mbar	0,5 mbar	2,3 mbar
180 mm			0,1 mbar	0,2 mbar	0,3 mbar	1,7 mbar
200 mm				0,1 mbar	0,2 mbar	0,7 mbar

Durchschnittlich auftretender Gegendruck (Druckverlust) in mbar pro 90° Krümmer (R/d=1,5) in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom und lichtem Durchmesser in mm:

Durchmesser	ECO 50G	ECO 70G / 100G	ECO 140G / 160G	ECO 190G	ECO 250G	ECO 350G / 400G
80 mm	0,7 mbar	1,5 mbar	4,3 mbar	13,9 mbar	20,8 mbar	
100 mm	0,3 mbar	0,6 mbar	1,8 mbar	5,7 mbar	8,5 mbar	
120 mm	0,1 mbar	0,3 mbar	0,8 mbar	2,8 mbar	4,1 mbar	18,0 mbar
140 mm	0,1 mbar	0,2 mbar	0,5 mbar	1,5 mbar	2,2 mbar	9,7 mbar
160 mm		0,1 mbar	0,3 mbar	0,9 mbar	1,3 mbar	5,7 mbar
180 mm			0,2 mbar	0,5 mbar	0,8 mbar	3,6 mbar
200 mm			0,1 mbar	0,4 mbar	0,5 mbar	2,3 mbar

4.9 Einbindung Kondensatableitung

Bei der Abkühlung von Abgas z.B. in einem Abgaswärmetauscher oder beim Abstellen und Auskühlen der Anlage entsteht Kondensat. Im Normalbetrieb fällt Kondensat jedoch kaum an, da die Abgastemperaturen über 100°C liegen.

Tritt eine Taupunktunterschreitung auf, so muss das anfallende Kondensat, entsprechend den örtlichen und gesetzlichen Vorschriften, sicher abgeführt werden.

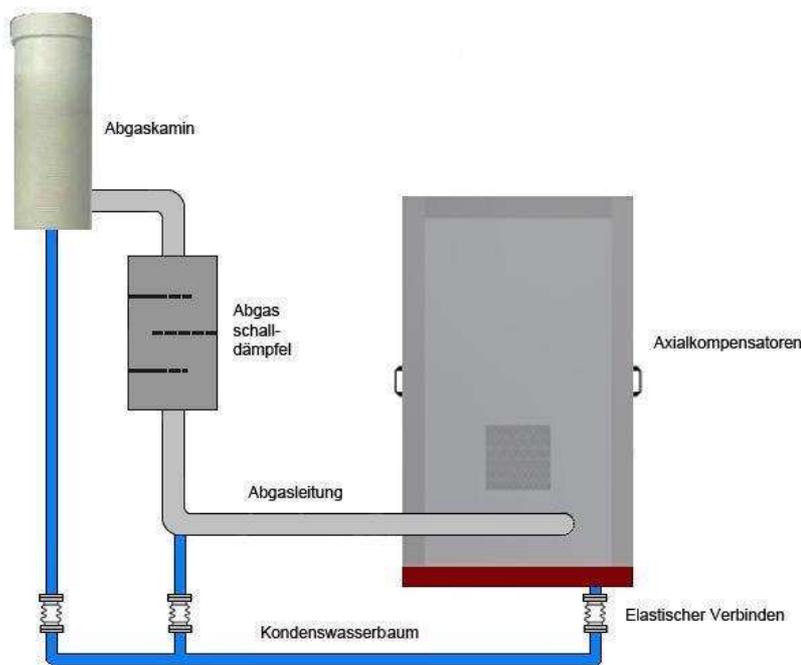
Folgendes ist grundlegend zu beachten:

- Kondensatleitungen wärme- und säurebeständig
- Ausführung so, dass niemals Abgas austreten kann
- Siphon (U Rohr) Höhe 1,5 fache des Abgasgedruckes
- Füllöffnung für den Siphon
- Einfriergefahr in den Wintermonaten
- Neutralisationsanlage aus Umweltschutzgründen (ab 200 kW Feuerungswärmeleistung gesetzlich erforderlich)

Bei der Dimensionierung der Kondensatleitung kann man folgende Faustformel benutzen:

je m³ verbranntes Erdgas kann max.1 Liter Kondensat entstehen

Schaubild: Kondensatableitung



4.10 Einbindung Lüftungstechnik für Zu- und Abluft

Während des BHKW Betriebes geben das Aggregat und die zugehörige Peripherie aufgrund der Oberflächentemperatur Strahlungswärme ab, die durch Be- und Entlüftung abgeführt werden muss.

Ein wichtiges Kriterium ist die Ansaugtemperatur welche gemäß den Ansaugerfordernissen des Motors meist zwischen +10°C und maximal 40°C liegen darf. Rasche Temperatur- und Druckschwankungen im Maschinenraum sind nicht zulässig und können zu Leistungsreduzierung oder zu ungewollten Abststellungen des Aggregates führen.

Im Idealfall ist eine gleichmäßige Durchströmung des Maschineraumes vom Generator zum Motor anzustreben. Beim Luftfilter des Motors sollte eine ständig konstante Temperatur gewährleistet sein. Ein direktes Anblasen des Luftfilters ist zu vermeiden.

Druckschwankungen und extremer Druckunterschied zur Atmosphäre sollten im Aufstellungsraum vermieden werden. Die zulässige Druckschwankung liegen bei etwa +/- 5 mbar. Grundsätzlich kann die Belüftung drückend oder saugend ausgelegt werden. Beide Konzepte haben ihre Einsatzgebiete.

Die abzuführende Strahlungswärme beträgt je nach Aggregat und Peripherie ca. 5 - 10% der mit dem Brennstoff zugeführten Leistung. Um die abzuführende Strahlungswärme so gering wie möglich zu halten, sollten heiße Bauteile eine feuerfeste Isolierung erhalten.

Der Luftbedarf, um die Strahlungswärme abführen zu können, berechnet sich wie folgt:

$$V = \frac{Q \cdot 3600}{cp \cdot \Delta t \cdot \rho}$$

Die Formelzeichen stehen für

- V Luftvolumenstrom m³/h
- Q abzuführende gesamte Strahlungswärme kW
- cp Spezifische Wärmekapazität von Luft (1,005 kJ/kg x K) kJ / kg x K
- Δt zulässige Temperaturdifferenz zwischen Schallhaube und Umgebung K
- ρ Dichte der Luft kg / m³

Der Gesamtluftbedarf und somit die nötige Ventilator Leistung errechnet sich aus der Summe des Luftbedarfs für den Transport der Strahlungswärme und dem Verbrennungsluftbedarf des Motors.

$$V_{\text{gesamt}} = V_{\text{Strahlung}} + V_{\text{Verbrennungsluft}}$$

Den Verbrennungsluftbedarfswert des Motors erhält man aus den technischen Datenblatt von WA.

Für eine erste überschlägige Berechnung kann man allerdings mit folgenden Werten rechnen:

Dieselmotoren je 1 kW 0,09m³/min

Gas Ottomotoren je 1 kW 0,07m³/min

Damit die Temperatur im Aufstellungsraum, und somit am Luftfilter, in den Wintermonaten nicht zu niedrig wird, kann man eine Umluft Regelung realisieren.

Auch eine Drehzahlsteuerung des Raumluftventilators in Abhängigkeit der Temperatur ist möglich.

Bei der Erstellung der Zu- und Abluftkanälen im Freien ist die Hauptwindrichtung zu beachten. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Abluft nicht in Richtung der Hauptwindrichtung zeigt, da die Belüftung bei starkem Wind beeinflusst werden kann. Die Zuluftöffnung sollte nach Möglichkeit nicht auf der Südseite sein, da hier in den Sommermonaten höhere Lufttemperaturen erwartet werden können. Die Schalldämpfer in den Kanälen sind entsprechend der Volumenströme und Dämpfungswerte auszulegen. Der Abluftkanalventilator ist bei WA für eine Kanallänge von 10m ausgelegt.

Luftführung im Aggregatraum

Bei der Belüftung des Aggregatraumes ist darauf zu achten, dass hohe Luftgeschwindigkeiten zu vermeiden sind. Sollten andere örtlichen oder gesetzlichen Vorschriften nicht existent sein, so sollte man Luftgeschwindigkeiten von größer 0,25 m/s vermeiden.

Bei der Luftführung sollte man beachten, dass die frische Ansaugluft erst über den Generator und anschließend über den Motor geführt wird. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass der Luftfilter immer Frischluft erhält, welche nicht unter 0°C sein soll. Bei der Belüftung von BHKW Räumen findet man saugende und drückende Systeme.

4.11 Einbindung zusätzlicher und optionaler Peripherie

4.11.1 Notkühlung

Sollte die Kühlwasserwärme, bei jedem Betriebszustand (Netzparallelbetrieb / Netzersatzbetrieb) nicht immer zu 100% an Verbraucher abgegeben werden können, muss das Aggregat entweder in der Leistung so weit reduziert werden, bis die Wärme gesichert an Verbraucher abgeführt werden kann oder es ist ein Notkühlsystem vorzusehen. Dies ist nur erforderlich, wenn man auf den durch das BHKW erzeugten Strom nicht verzichten kann.

Abgasbypass

Mit Hilfe einer Abgasbypassklappe kann bei manchen Systemen die erforderliche Kühlleistung eines Notkühlsystems reduziert bzw. die erzeugte Wärme so weit reduziert werden, dass man auf eine zusätzliche Notkühlung verzichten kann. Bei Einsatz einer Bypassklappe muss das nachfolgende Abgassystem für die höheren Abgastemperaturen und somit auch für das höhere Abgasvolumen ausgelegt sein. Bei dem Einsatz von Klappen ist immer zu prüfen, ob der Einsatz wirtschaftlich und technisch sinnvoll ist.

Tischkühler

Mit einer reinen Notkühlung über einen Tischkühler kann man sehr leicht und einfach auch kurzfristig angestiegene Rücklaufftemperaturen auf das gewünschte Temperaturniveau reduzieren, ohne dass der Motor die Leistung reduziert oder abgestellt wird. Bei einem Einsatz eines Tischkühlers ist auf die klimatischen Bedingungen zu achten. In den meisten Einsatzgebieten ist mit Frost zu rechnen. Aus diesem Grund müssen die meisten Kühler mit einem Gemisch aus Wasser und Frostschutz befüllt werden.

Da Heizkreise in den meisten Fällen nicht mit glykolhaltigem Wasser befüllt sind, ist hier eine Systemtrennung erforderlich. Diese wird über einen Plattenwärmetauscher und dadurch separaten Kühlkreis realisiert. Es besteht auch die Möglichkeit den Notkühler in die Kühlwasserrücklaufleitung zum Motor einzubinden. Es ist in diesem Fall unbedingt zu prüfen ob die Abfuhr der Abgaswärme gewährleistet ist.

Schaubild: Tischkühler



ACHTUNG

Die einzuhaltenden Schallgrenzwerte beachten. Die Auslegung sollte entsprechend der höchsten zu erwartenden Umgebungslufttemperatur erfolgen (für Deutschland 35°C). Allerdings haben auch andere Einbindungen ihre Berechtigung.

Kühlturm

Sollte in der Anlage, in der das BHKW eingebunden wird, bereits ein Kühlturm vorhanden sein, oder aufgestellt werden, so kann dieser möglicherweise auch für die Notkühlung Verwendung finden. Der Einsatz eines Kühlturms nur für das BHKW ist in den meisten Fällen sicherlich unwirtschaftlich. Hier ist zu berücksichtigen, dass diese Lösung folgende Nachteile mit sich bringt:

- Wasserverbrauch durch Verdunstung
- Nebelbildung bei entsprechenden Temperaturen
- Bei Frost nur eingeschränkt oder nicht nutzbar
- zusätzliche Arbeit durch Ausschlämmung usw.

Wärmespeicher

Die Einbindung eines Wärmespeichers in das Notkühlkonzept ist energetisch sinnvoll, da diese Wärme noch genutzt werden kann. Allerdings kann man in den wenigsten Fällen eine genaue Laufzeit für ein Notkühlkonzept voraussehen und somit auch nicht die Größe des Wärmespeichers festlegen. Des Weiteren müsste der Wärmespeicher auch immer kalt sein, damit dieser im Notfall auch als Wärmeabnehmer bereit steht. In Deutschland könnte sich ein Wärmespeicher als Wärmeabnehmer, nach der Novellierung des Kraft- Wärme-Kälte-Gesetzes (KWKG), möglicherweise wirtschaftlich rechnen, da Wärmespeicher augenblicklich gefördert werden und man die Bedingungen des KWKG- Gesetzes erfüllt.

Wasser / Wasser Notkühler

Eine weitere Möglichkeit einer Notkühlung ist über einen Plattenwärmetauscher (PWT) der z.B. in den Kühlwasserrücklauf zum Motor eingebunden wird. Der Sekundärkreislauf kann beispielsweise mit Trinkwasser, Grundwasser, Oberflächenwasser oder anderen zur Verfügung stehenden Kühlmedien, durchströmt werden. Bei der Verwendung der verschiedenen Medien ist auf die Qualität (mögliche Verkalkung, usw.) und somit auch auf die Reinheit zu achten, damit der eingesetzte Plattenwärmetauscher (PWT) nicht verunreinigt oder beschädigt wird. Bezüglich der Gefahr einer Verunreinigung sollte vor den PWT, der Pumpe und weiteren Bauteilen ein Schmutzfänger vorgesehen werden.

4.11.2 Schmierölnachfülleinrichtung

Jedes Aggregat wird mit einer Schmierölüberwachung ausgerüstet um Motorschäden zu vermeiden. Da jeder Verbrennungsmotor einen gewissen Schmierölverbrauch hat, muss das Ölniveau überwacht und je nach Füllstand nachgefüllt werden. Die Nachfüllung des Schmieröles kann auf verschiedene Weisen erfolgen.

Per Hand

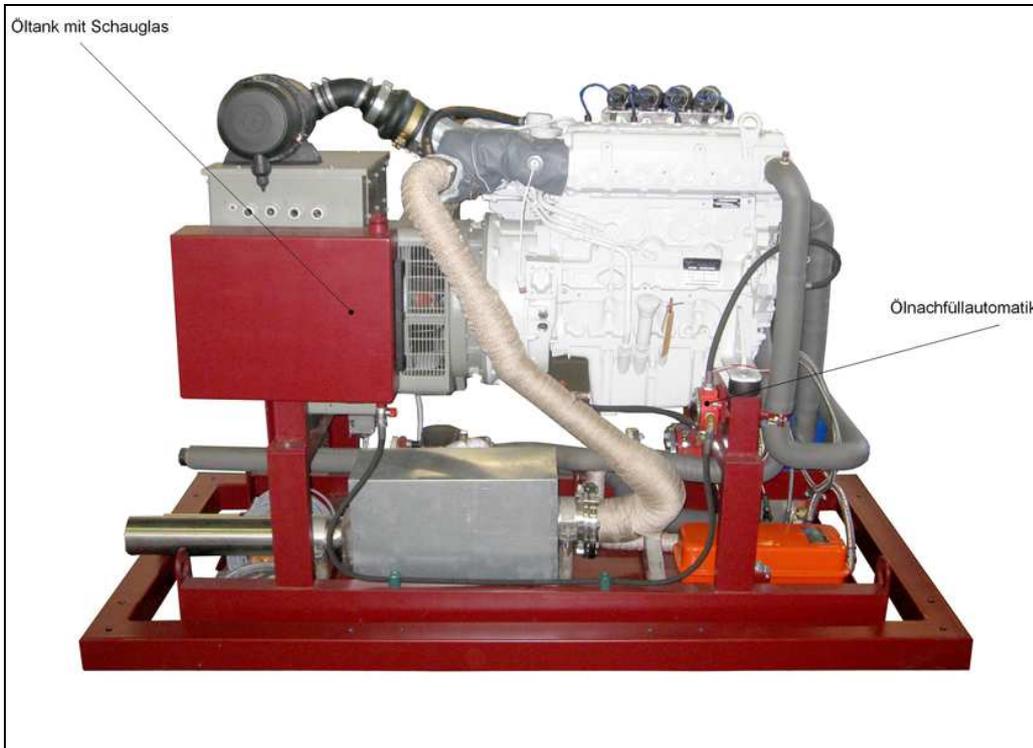
Das Schmierölniveau wird von Zeit zu Zeit per Hand nachgefüllt. Wird die Nachfüllung vergessen, so stellt das Aggregat mit der Meldung „ Ölminimum“ ab. Diese Variante ist aber nur bei Aggregaten bis 30 kW zu empfehlen.

Schmieröltank mit natürlichem Zulauf

Unmittelbar am Aggregat über dem Niveau der Schmierölwanne des Motors wird ein Schmieröltank installiert, der mit einer Schmierölleitung mit der Ölwanne verbunden wird. In diese Leitung wird ein Magnetventil oder ein Schwimmerventil eingebunden, welches die Nachfüllung übernimmt.

Der Schmieröltank ist mit einer Niveauanzeige, Entlüftungs- und Befüllstutzen ausgerüstet. Die Tankgröße ist so gewählt, dass der Ölinhalt mindestens den Ölverbrauch zwischen den Ölwechseln enthält, sofern keine örtlichen oder gesetzlichen Vorschriften dagegensprechen.

Schaubild: Bauteile Schmieröl BHKW



Diese Variante ist bei Aggregaten mit einer Leistung von 50- 500 kW zu empfehlen.

Schmieröltank mit Pumpe

In diesem Fall muss der Schmieröltank nicht in unmittelbarer Nähe zum Aggregat stehen und die Größe des Tanks fasst mindestens zweimal das Ölwannevolumen plus den Schmierölverbrauch des Motors zwischen den Ölwechseln. Der Öltank wird mit einer Schmierölleitung mit der Ölwanne des Motors verbunden. In diese Leitung werden die Pumpe und ein oder zwei Magnetventile eingebunden. Über die Niveauüberwachung an der Motorenölwanne wird das/die Magnetventile geöffnet und die Pumpe fördert das fehlende Öl in die Motorenölwanne. Nach Erreichen des Füllstandes Öl max. wird die Pumpe abgestellt und das/die Magnetventile geschlossen. Dieser Schmieröltank ist entsprechend den örtlichen und gesetzlichen Vorgaben auszurüsten. In den meisten Fällen wird dieser doppelwandig mit Lecküberwachung ausgeführt. Des Weiteren erhält dieser Tank je einen Entlüftungs- und Befüllstutzen, eine Überfüllsicherung und eine Inhaltsanzeige. Zusätzlich kann der Tank mit einem Schwimmerschalter ausgerüstet werden, der eine Meldung an die Steuerung gibt, dass Öl bestellt und angeliefert werden muss.

Diese Schmierölversorgung ist bei Anlagen größer 500 kW zu empfehlen.

5 Montage und Betrieb

5.1 Vorschriften zur Vermeidung von Unfällen mit Personenschäden

Allgemeines

Bei einem BHKW- Aggregat handelt es sich nicht um eine eigenständige Maschine im Sinne der EC- Maschinendirektive. WA erstellt zu jeder BHKW- Anlage eine Konformitätserklärung.

Die wichtigsten Vorschriften zur Vermeidung von Unfällen mit Personen-, Sach- und Umweltschäden beim Einbau und der Inbetriebnahme finden Sie in der Betriebsanleitung der BHKW-Anlage.

WICHTIG

Ereignet sich trotz aller Vorsichtsmaßnahmen dennoch ein Unfall, insbesondere auch durch Kontakt mit ätzender Säure, Verbrühen durch heißes Öl bzw. Kühlmittel, Gefrierschutzmittelspritzer in die Augen usw. sofort einen Arzt aufsuchen.

Betriebsstoffe sind bei unsachgemäßer Verwendung eine Belastung für die Umwelt. Nicht in den Erdboden oder in die Kanalisation eindringen lassen.

Motorenöl, Filterpatronen, Einsätze, usw.

- Altöl immer nur der Altölverwertung zuführen
- Zwingend vermeiden, dass Öl in die Kanalisation, Erdreich, usw. eindringt

VORSICHT

Gefahr von Trinkwasserverseuchung!

- Gebrauchte Filtereinsätze, Patronen, usw. wie Sondermüll behandeln und entsorgen

Kühlflüssigkeit

- Kühlflüssigkeiten sowie Korrosions- und / oder Gefrierschutzmittel bei der Entsorgung wie Sondermüll behandeln.
- Bei der Entsorgung von verbrauchten Kühlflüssigkeiten sind die Vorschriften des Gesetzgebers und der zuständigen örtlichen Behörden zu beachten.

5.2 Einbringung und Montage

Die Aufstellung des Aggregates muss entsprechend den Richtlinien des Herstellers erfolgen. Der Zufahrtsweg zum Aufstellungsraum muss befestigt und befahrbar sein. Die Einbringöffnung muss mindestens die Abmessungen des BHKW- Grundmoduls haben (siehe Datenblätter). Eine Einbringung in Einzelteilen ist als Option auf Anfrage möglich.

Da das BHKW- Modul ein relativ hohes Gewicht hat (siehe Datenblätter), sollten auf dem Zufahrtsweg keine Treppen, Stufen, Absätze etc. sein.

Eine Kraneinbringung ist auch möglich, jedes Aggregat hat Transportösen. Das Anheben an den Motor- und Generatorösen ist nicht gestattet, die Gummipuffer können dabei abreißen.

Schaubild: Kranhub BHKW



Der Aufstellungsraum sollte etwas großzügiger dimensioniert sein. Eine gute Zugänglichkeit hat viele Vorteile z.B.:

- Hohe Zuverlässigkeit des Motors durch uneingeschränkte Kontroll – und Wartungsarbeiten
- Niedrige Kosten durch geringen Zeitaufwand bei Servicearbeiten
- Schneller Austausch von defekten Bauteilen und somit geringe Standzeiten

Montage und Betrieb

Jedoch sollten um das Aggregat herum, mindestens 800mm Platz zu den benachbarten Wänden / Bauteilen sein. Der Platz für den Abgasschalldämpfer und den Heizungsanschluss hinter dem Aggregat muss berücksichtigt werden.

Die Schaltanlage kann an der Stirnwand der Schalldämmhaube oder von der Schalldämmhaube räumlich getrennt aufgestellt werden. Eine Kabellänge bis zu 10m ist im Lieferumfang enthalten.

Schaubild: Aufstellung und Abmessung

Hinweise zur Aufstellung:

Am Aufstellort muss ein Mindestabstand von 800mm um das BHKW eingehalten werden. Außerdem ist ein ebener Untergrund mit einer ausreichenden Tragfähigkeit vorausgesetzt. Schwimmender Estrich ist nicht geeignet.
Bei nicht eingehaltenen Mindestabständen kann es bei Wartungs- und Reparaturarbeiten zu erhöhten Kosten durch erschwerte Arbeitsbedingung führen!

Zu. Abw.		Maßstab 1:40	
ISO 2728 - m			
	Datum	Name	
	Gezeichnet 20.08.2012	M. Rubel	
	Kontrolliert		
	Norm		
		Aufstellung/Abmessung	
		50G 001	
		1	
		A4	
Status	Änderungen	Datum	Name

Der Aufstellungsboden sollte sauber, tragfähig und eben sein. Die Gewichtsangaben zum Modul sind in den Datenblättern enthalten. Jedoch muss man hier beachten, dass sich das Gewicht auf 2 Streifen von je 100mm Breite auf die Modullänge verteilt.

Zwischen BHKW und Aufstellungsboden kommen die Sylomerstreifen, welche im Lieferumfang enthalten sind.

Ein separater BHKW Sockel unter der gesamten BHKW-Grundfläche ist auch möglich.

Isolierschichten unter dem Aufstellungsboden (schwimmender Estrich) sind zu vermeiden, da hier die Gefahr der Körperschallübertragung besteht.

Im Aufstellungsraum müssen die Lüftungsöffnungen und die Öffnung für die Abgasdurchführung berücksichtigt werden.

5.3 Inbetriebnahme / Betriebsbedingungen

Die Inbetriebnahme und Einregulierung der Gesamtanlage erfolgt nach der Endmontage am Aufstellungsplatz. Diese Inbetriebnahme wird von dem Fachpersonal der Firma WA durchgeführt, oder von WA geschulten, autorisierten Personen.

Voraussetzungen für die Inbetriebnahme:

- Es muss genügend Brennstoff in der vereinbarten Qualität vorhanden sein.
- Es muss die Erlaubnis vorliegen, dass der Brennstoff im BHKW verwendet werden darf.
- Es muss das Kühlsystem mit der vorgeschriebenen Qualität (Korrosionsschutzmittel, Frostschutzmittel) befüllt und entlüftet sein (Vorgaben der Motorenhersteller sind einzuhalten).
- Es muss das Heizungssystem befüllt und entlüftet sein.
- Es muss gewährleistet sein, dass die mit dem BHKW erzeugte Wärme über den Zeitraum der Inbetriebnahme abgeführt werden kann (Wärmespeicher, Notkühler).
- Es muss der Motor mit Schmieröl befüllt sein (Lieferumfang WA)
- Es müssen alle elektrischen Verbindungen angeschlossen sein (Sicherungen noch geöffnet).
- Es muss die Erlaubnis vorliegen, dass man in das Stromnetz, öffentliche Netz einspeisen darf oder die Stromabnahme gesichert ist.

5.4 Hinweise Wartung und Instandhaltung

Ein Verbrennungsmotor und ein Generator sind das Kernstück einer BHKW-Anlage. Beim Betrieb unterliegen die bewegten und rotierenden Komponenten einem natürlichen Verschleiß, Alterung, Korrosion, und thermischen und mechanischen Belastungen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit von Service und Reparaturarbeiten.

Diese Arbeiten dürfen nur von fachkundigem, autorisiertem Personal erfolgen um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

Hierzu wird ein Aggregatwartungsangebot von WA erstellt und mit dem Endkunden nach seinen Wünschen abgestimmt. Dieses Angebot kann von den Regelwartungen bis zum Instandhaltungsvertrag mit allen Störungsbeseitigungen gehen. In diesem Angebot sind die Wartungsintervalle, der Wartungsumfang, ob alle Verschleißteile enthalten sind, ob Reisekosten und Auslösen, Betriebsmittel, Entsorgung, usw. enthalten sind, beschrieben.

Bei den Service- und Wartungsarbeiten dürfen nur Original-Ersatzteile und die freigegebenen Betriebsmittel (Schmieröle, Korrosionsschutzmittel) verwendet werden. Der Betreiber der BHKW-Anlage ist für die Sicherstellung und Einhaltung der Betriebsstoffvorschriften von WA verantwortlich.

Echte Instandhaltung zur vollen Zufriedenheit von Betreiber und Dienstleister ist im Vorfeld eine Abstimmung bzgl. der Instandhaltungsobjekte und des jeweiligen Instandhaltungsumfanges erforderlich.

Bei der Instandhaltung oder Wartung kann der Betreiber auch wahlweise Eigenleistungen einbringen. Dazu werden die Schnittstellen genau definiert.

ACHTUNG

Während der Gewährleistung muss die Wartung gemäß Wartungsplan durch autorisiertes Personal von WA durchgeführt werden.

Regelwartungsvertrag

Dieser Wartungsvertrag beinhaltet nur die Regelwartungsarbeiten, welche durch den BHKW-Hersteller vorgegeben werden. In diesem ist definiert, ob und welche Verschleißteile enthalten sind. Die Schmierölver- und entsorgung ist hier auch geregelt.

Vollwartungsvertrag

Der Vollwartungsvertrag beinhaltet im Wesentlichen folgende Leistungen:

- Beseitigung von Störungen
- Reparaturen
- Bereitstellung und Austausch von Ersatz- und Verschleißteilen
- Bereitstellung von Betriebsmitteln (z. B. Schmieröl, nicht die Primärenergie)
- Inspektion, Pflege und Wartung
- Softwarepflege der Steuerungsprogramme
- Entsorgung verbrauchter Betriebsmittel und ausgebaute Teile

Leistungsgegenstand ist der Standard-Lieferumfang der BHKW- Anlage gemäß der technischen Anlagenbeschreibung inkl. der gesamten Schaltanlage.

Der Auftraggeber teilt WA rechtzeitig den Stand der Betriebsstunden bzw. die Notwendigkeit der Durchführung von Wartungsarbeiten mit. Zudem zeigt er eine Störung der Anlage WA unverzüglich an. Diese Informationspflichten des Auftraggebers können auch durch eine dafür geeignete, funktionsfähige Fernüberwachung der Anlage erfüllt werden. Für weitergehende Schäden, die durch verspätete Anzeige oder durch mangelhafte Erfüllung der Pflichten des Auftraggebers eintreten, übernimmt WA keine Haftung.

Entsprechend der Abgeschlossenen Laufzeit sind Zwischen- oder Grundüberholungen enthalten. Dieser Vertrag entspricht weitestgehend einer bezahlten Garantieleistung.

Montage und Betrieb

Wartungstabelle

Intervalle nach Betriebsstunden(Bh) bei 1500 1/min ¹⁾	Umfang der Wartungsarbeiten								Service durchgeführt
	E1	E2	E3	R1	R2	R3	G1	G2	Stempel/Unterschrift
20-50 bzw. nach Inbetriebnahme und R2, R3	x								
400 ²⁾									
1500		x							
3000		x	x						
4500		x							
6000		x	x						
7500		x							
9000		x	x						
10500		x					x		
12000		x	x						
13500		x							
15000				x					
16500		x	x						
18000		x							
19500		x	x						
21000		x					x	x	
22500		x	x						
24000		x							
25500					x				
27000		x	x						
28500		x							
30000		x	x				x		
31500		x							
33000		x	x						
34500		x							
36000				x					
37500		x	x						
39000		x							
40500		x	x				x	x	
42000		x							
43500		x	x						
45000		x							
46500				x					
48000		x	x						

¹⁾ Die Wartungsintervalle können individuell von den Betriebsbedingungen und der Gasqualität abhängen. Umfang der Wartungsarbeiten siehe Folgeblatt.

²⁾ Bei 400 Betriebsstunden sind die Zylinderkopfschrauben nachzuziehen.

Montage und Betrieb

<p>E1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dichtheitskontrolle durchführen • Schraubverbindungen prüfen • Motoröl wechseln / Ölanalyse^{*)} • Ölfilter wechseln^{*)} • Betriebsdaten aufnehmen • Startablauf kontrollieren • Drosselklappe einstellen / prüfen • Gasfilter reinigen / prüfen • Luftfilter reinigen / prüfen • Impulsaufnehmer reinigen / prüfen • Kühlmittelkonzentration prüfen • Zündzeitpunkt • Kühlkreislauf / Systemdruck prüfen • Kurbelgehäusedruck messen • Abgasgegendruck einschließlich Katalysator messen • Gemischkühler prüfen / reinigen • Emissionen und Lambda prüfen • Abgasanlage auf äußerliche Verschmutzung prüfen, ggf. reinigen 	<p>E3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ventilspiel prüfen, ggf. einstellen • Zündkerzen wechseln • Verdichtungsdruck messen • Drosselklappe einstellen / prüfen • Gasfilter reinigen / prüfen • Luftfilter reinigen / prüfen • Impulsaufnehmer reinigen / prüfen • Kühlmittelkonzentration prüfen • Ölabscheider prüfen / wechseln • Zündzeitpunkt • Kühlkreislauf / Systemdruck prüfen • Kurbelgehäusedruck messen • Abgasgegendruck einschließlich Katalysator messen • Gemischkühler prüfen / reinigen • Emissionen und Lambda prüfen • Sensoren prüfen / kalibrieren • Schraubverbindungen Abgasanlage prüfen
<p>E2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dichtheitskontrolle durchführen • Schraubverbindungen prüfen • Motoröl wechseln / Ölanalyse^{*)} • Ölfilter wechseln^{*)} • Betriebsdaten aufnehmen • Zündkerzen prüfen • Startablauf kontrollieren • Ansaugunterdruck prüfen 	<p>R1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kühlmittel erneuern • Kurbelwellen-Axialspiel messen • Abgasturbolader erneuern • Abgasrohr erneuern <p>R2</p> <p>^{**)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laufbuchsen erneuern • Pleuelstangen prüfen / erneuern • Kolbenringe erneuern • Zylinderköpfe erneuern <p>R3</p> <p>^{**)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motor Grundüberholen <p>G1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontrollieren der Komponenten der Gasregelstrecke <p>G2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontrollieren der Komponenten der Gasregelstrecke • Kontrolle des Gasfilters, ggf. tauschen • Instandsetzung Nulldruckregler/ Reglermembrane

^{*)} Die Motorölstandzeiten sind anhand von regelmäßigen Ölanalysen in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen und des verwendeten Motorenöls nach MAN-Werknorm M 3271-2 zu bestimmen.

^{**)} Bei den Revisionen R1, R2, R3 sind die Intervalle prognostiziert und verbindlich, jeweils unter Berücksichtigung der Mindestanforderungen an die Gasqualität für MAN-Industrie-Gasmotoren und Betrieb der Motoren innerhalb TA-Luft-Abgasgrenzwerte.

5.5 Betriebsmittel

5.5.1 Betriebswasser zur Motorkühlung

Die Füllung des Motorkühlwasserkreislaufs erfolgt bauseitig nach der VDI Richtlinie 2035. Der Zusatz von Korrosions- und Frostschutzmittel ist dabei zu beachten.

Nach der Befüllung sollte der Motor ca. 15 Minuten laufen, an den vorgegebenen Entlüftungsstellen noch mal einmal entlüftet (Entlüftungsflasche) und gegebenenfalls Kühlwasser nachgefüllt werden.

ACHTUNG

Beim Nachfüllen keine kalte Kühlflüssigkeit in einen betriebswarmen Motor einfüllen, Mischungsverhältnis beachten!

5.5.2 Heizungswasser

Die Füllung der BHKW- Anlage sekundärseitig erfolgt bauseitig nach den VDI Richtlinie 2035. Weitere Anforderungen an das Heizungswassers gibt es nicht.

Um eine frühzeitige Verschlammung und Versottung der Anlage zu vermeiden empfehlen wir die Installation von Schmutz und Schlammfängern.

5.5.3 Schmieröl

Es dürfen nur vom Motoren-Hersteller freigegebene Motorenöle verwendet werden.

Die Verbrennungsmotoren unterliegen im BHKW- Einsatz extremen Belastungen. Um gravierende Schäden an den Motoren zu vermeiden, ist es unbedingt erforderlich den Angaben folge zu Leisten. Die Liste zu den momentan aktuell freigegebenen Motorenölen ist bei WA erhältlich.

Eine regelmäßige Ölanalyse gibt Aufschluss über die Standzeit und den möglichen Reserven des verwendeten Motorenöls.

Generell wird empfohlen, eine halbjährige Motorölanalyse durchzuführen.

Bei sich zeitlich ändernden Gaszusammensetzungen sind regelmäßige Gas- und Motorölanalysen zum sicheren Betrieb erforderlich.

Wird der Motor mit unzulässigen Grenzwerten betrieben, erlischt die Gewährleistung für den Motor.

Hier gibt die Firma WA Hilfestellung, wie die Ölanalysen zu bewerten sind:

Grenzwerte bei Gebrauchtölen für stationäre Gasmotoren

Eigenschaften	Anforderungen	Prüfung nach
Viskosität bei 40°C	max. +15 / -10% des Frischölwertes	DIN 51 562-1
Viskosität bei 100°C	keine Änderung der Viskositätsklasse	DIN 51 562-1
Ges. Basenzahl mg KOH/g	min. 3	DIN ISO 3771
Ges. Säurezahl mg KOH/g	Anstieg max. +2,5	ASTM D 664
pH-Wert	min. 4	siehe A)
Wasser %	max. 0,1	EN ISO 12 937
1,2-Ethandiol %	max. 0,1	DIN 51 375-1
Oxidation bei 5,8 \square m A/cm	max. 20	siehe B)
Nitration bei 6,1 \square m A/cm	max. 20	siehe B)
Abriebelemente		
Eisen mg/kg	max. 15 / 1000 Bh	ICP / RFA
Kupfer ¹⁾ mg/kg	max. 10 / 1000 Bh	ICP / RFA
Blei mg/kg	max. 10 / 1000 Bh	ICP / RFA
Zinn mg/kg	max. 5 / 1000 Bh	ICP / RFA
Aluminium mg/kg	max. 10 / 1000 Bh	ICP / RFA
Chrom mg/kg	max. 10 / 1000 Bh	ICP / RFA
Silicium mg/kg	max. 10 / 1000 Bh	ICP / RFA
Natrium mg/kg	Frischöl	ICP / RFA

1) Kupfer kann während der Einlaufphase höher sein. Dies ist auf Kupfer innenplattierte Ölkühler zurückzuführen.

A) pH-Wert

5 g Motorenöl werden in 125 ml Lösungsmittelgemisch gelöst und durchgemischt. Der pH-Wert wird

ohne Rühren gemessen. Liegt der pH-Wert unter 4 sind starke Säuren vorhanden.

Lösungsmittelgemisch: 500 ml Toluol z. A. + 5 ml demineralisiertes Wasser + 495 ml Isopropanol z. A.

B) Infrarot-Spektrum (Oxidation, Nitration)

Oxidation: 1710 cm^{-1} ; Nitration: 1630 cm^{-1}

Differenzspektrum von Frisch- und Gebrauchtöl nach DIN 51453.

5.5.4 Einzuhaltende Brennstoffwert Gas

Parameter	Symbol	Grenzwert	Einheit	Bemerkung
Methanzahl	MZ	> 80		Niedrigere Methanzahlen nach Rücksprache
Heizwert	H _{uN}	> 5	kWh / Nm ³	
Chlorgehalt	Cl	< 80	mg / Nm ³ _{CH4}	Chlor liegt als flüchtige Verbindung vor
Fluorgehalt	F	< 40	mg / Nm ³ _{CH4}	Fluor liegt als flüchtige Verbindung vor
Gesamt-Chlor-Fluor	Σ (Cl,F)	< 80	mg / Nm ³ _{CH4}	
Staubgehalt <5 		< 10	mg / Nm ³ _{CH4}	
Öldampf		< 400	mg / Nm ³ _{CH4}	In der Gemischstrecke darf keine Kondensation auftreten
Flüchtige organische Verbindungen	VOC	< 25	mg / Nm ³ _{CH4}	Bei höherer Konzentration Rücksprache
Siliziumgehalt	Si	< 2	mg / Nm ³ _{CH4}	Bei höheren Siliziumkonzentration Rücksprache
Gesamtschwefelgehalt	S	< 200	mg / Nm ³	Im Gesamtschwefel ist Schwefelwasserstoff mit enthalten
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	< 150 < 228	ppm mg / Nm ³	Bei höherer Schwefelwasserstoffkonzentration Rücksprache
Ammoniakgehalt	NH ₃	< 40 < 30	ppm mg / Nm ³	
Relative Feuchte		< 60	%	In der Gemischstrecke darf keine Kondensation auftreten
Temperatur des Gasgemisch nach Gasmischer	T _G	10 < T _G < 30	°C	

Das Verbrennungsgas wird dem Motor über einen Gas-Luft-Mischer (Venturidüse) zugeführt. Wichtig für das Startverhalten und einen sicheren Betrieb ist ein konstanter Gasdruck (Fließdruck) und Gastemperatur.

Kommt es zu Mängel und / oder Schäden, die durch Gase und oder Stoffe entstanden sind, die bei Vertragsabschluss nicht bekannt und vereinbart waren, übernimmt WA keine Gewährleistung. Der vereinbarte Wartungsvertrag erlischt.

Ist der Einsatz von Katalysatoren erforderlich (Saugmotoren 3-Wege-Katalysator, Magermotoren Oxidationskatalysator) so dürfen in dem Verbrennungsgas und in der Verbrennungsluft kein Phosphor oder Arsen sowie keine Schwermetalle oder Halogene enthalten sein. Weiterhin dürfen keine korrosiven Bestandteile (Waschanlagen, Lackierereien, ...) in den Verbrennungsgasen/ Luft enthalten sein.

6 Modulprogramm WA

Hier geben wir Ihnen einen Überblick über unser Standard Produktsortiment (Sondergas auf Anfrage). Sonderlösungen und Zwischenlösungen auf Anfrage.

6.1 Erdgas

Typname	ECO 8G	ECO 33G	ECO 43G	ECO 50G	ECO 54G	ECO 70G
Dauerleistung						
elektrische (kW)	8	33	43	50	54	68
thermisch (kW)	15,8	55	62	78	86	100
Primärenergie (kW)	29,5	105	125	142	159	192
Motor	Kubota DF 972	MAN E0834 E312	MAN E0834 E312	MAN E0834 LE302	MAN E0836 LE302	MAN E0836 LE302
Anzahl der Zylinder	3 R	4 R	4 R	4 R	6 R	6 R
Hubraum (cm ³)	962	4580	4580	4580	6870	6870
Wirkungsgrad						
Generator (%) cos	86,6	92	92,7	93,2	93,2	94,2
elektrisch (%)	27,1	31,4	34,4	35,2	34	35,4
thermisch (%)	53,6	52,4	49,6	54,9	54,1	52,1
Gesamt (%)	80,7	83,8	84	90,1	89,5	87,5
Temperaturen						
Heizungsvorlauf	85	85	85	85	85	85
Heizungsrücklauf	70	70	70	70	70	70
Abgas (°C)	110	110	110	110	110	110
Abmessungen						
LxBxH (m)	1,7x1,0x1,4	2,0x1,2x1,7	2,0x1,2x1,7	2,0x1,2x1,8	2,3x1,2x1,8	2,3x1,2x1,8

Modulprogramm

Typname	ECO 100G	ECO 140G	ECO 190G	ECO 250G	ECO 350G	ECO 380G
Dauerleistung						
elektrische (kW)	100	140	190	250	350	375
thermisch (kW)	138	207	293	321	498	513
Primärenergie (kW)	279	392	519	668	934	955
Motor	MAN E0836 LE202	MAN E2876 E312	MAN E2876 E302	MAN E2848 LE322	MAN E2842 LE312	MAN E2842 LE322
Anzahl der Zylinder	6 R	6 R	6 R	8 V	12 V	12 V
Hubraum (cm ³)	6870	12820	12820	14620	21930	21930
Wirkungsgrad						
Generator(%) cos	95	95	95,7	95,3	96,3	96,3
elektrisch (%)	35,8	35,7	36,6	37,4	37,5	39,3
thermisch (%)	49,5	52,8	50,7	48,1	53,3	53,7
Gesamt (%)	85,3	88,5	87,3	85,5	90,8	93
Temperaturen						
Heizungsvorlauf	85	85	88	88	88	88
Heizungsrücklauf	70	70	70	70	70	70
Abgas (°C)	110	110	110	110	110	110
Abmessungen						
LxBxH (m)	2,4x1,2x1,9	2,4x1,2x1,9	3,5x1,4x1,9	3,7x1,6x2,0	4,0x1,6x2,1	4,0x1,6x2,1

Modulprogramm

6.2 Diesel-Heizöl

Typname	ECO 8HS	ECO 20HS	ECO 35HS	ECO 50HS	ECO 60HS	ECO 80HS
Dauerleistung						
elektrische (kW)	8,2	20	35	50	56	80
thermisch (kW)	14	35	48	70	72	102
Primärenergie (kW)	29	60	98	138	143	105
Motor	Kubota D 1703-E	Kubota V 3300	Mitsubishi S6S	Mitsubishi S6S-T	Deutz BF4M 1013E	Deutz BF4M
Anzahl der Zylinder	3 R	4 R	6 R	6 R	4 R	4 R
Hubraum (cm ³)	1670	3320	4990	4990	4760	4760
Wirkungsgrad						
Generator (%) cos	86,6	86,7	92	93,2	93,9	94,1
elektrisch (%)	28,3	33,3	35,7	34,8	39,2	39,0
thermisch (%)	48,3	58,3	49	50,7	50,3	49,8
Gesamt (%)	76,6	91,6	84,7	85,5	89,5	88,8
Temperaturen						
Heizungsvorlauf	85	85	85	85	85	85
Heizungsrücklauf	70	70	70	70	70	70
Abgas (°C)	120	120	120	120	180	180
Abmessungen						
LxBxH (m)	1,5x0,8x1,3	1,7x0,7x1,45	1,9x0,8x1,5	1,9x0,8x1,5	2,0x0,8x1,65	2,0x0,8x1,65

Modulprogramm

Typname	ECO 100HS	ECO 240HS
Dauerleistung		
elektrische (kW)	105	240
thermisch (kW)	126	241
Primärenergie (kW)	271	585
Motor	Deutz BF6M	MAN D 2876
Anzahl der Zylinder	6 R	6 R
Hubraum (cm ³)	7140	12820
Wirkungsgrad		
Generator (%) cos	95	95,3
elektrisch (%)	38,8	41
thermisch (%)	46,5	41,2
Gesamt (%)	85,3	82,2
Temperaturen		
Heizungsvorlauf	85	85
Heizungsrücklauf	70	70
Abgas (°C)	180	180
Abmessungen		
LxBxH (m)	2,3x1,0x1,7	3,3x1,1x1,7

6.3 Biogas-Klär gas-Deponiegas

Typname	ECO 45 BG	ECO 60 BG	ECO 80 BG	ECO 100BG	ECO 115BG	ECO 170BG
Dauerleistung						
elektrische (kW)	45	58	80	100	115	170
thermisch (kW)	72	82	107	127	174	207
Primärenergie (kW)	135	168	217	270	335	450
Motor	MAN E0834 LE 302	MAN E0836 E312	MAN E0836 LE202	MAN E0836 LE202	MAN E2876 TE302	MAN E2876 LE302
Anzahl der Zylinder	4 R	6 R	6 R	6 R	6 R	6 R
Hubraum (cm ³)	4580	6870	6870	6870	12820	12820
Wirkungsgrad						
Generator (%) cos	92,7	93,2	95	95	95	95,7
elektrisch (%)	33,3	35,7	36,9	37	34,3	37,8
thermisch (%)	53,3	48,8	49,3	47	51,9	46
Gesamt (%)	86,6	84,5	86,2	84	86,2	83,8
Temperaturen						
Heizungsvorlauf	85	85	85	85	85	85
Heizungsrücklauf	70	70	70	70	70	70
Abgas (°C)	180	180	180	180	180	180
Abmessungen						
LxBxH (m)	1,8x1,0x1,7	1,8x1,0x1,7	2,2x1,0x1,7	2,2x1,0x1,7	3,2x1,1x1,7	3,2x1,1x1,7

Modulprogramm

Typname	ECO 190 BG	ECO 240 BG	ECO 255 BG	ECO 310 BG	ECO 350BG	ECO 370BG
Dauerleistung						
elektrische (kW)	190	240	255	310	350	370
thermisch (kW)	227	306	304	410	432	433
Primärenergie (kW)	490	620	657	853	922	946
Motor	MAN E2876 LE 302	MAN E2848 LE 322	MAN E2848 LE322	MAN E2842 LE312	MAN E2842 LE312	MAN E2842 LE322
Anzahl der Zylinder	6 R	8 V	8 V	12 V	12 V	12 V
Hubraum (cm ³)	12820	14620	14620	21930	21930	21930
Wirkungsgrad						
Generator (%) cos	95,7	95,3	95,3	96,3	96,3	96,3
elektrisch (%)	38,8	38,7	38,8	36,3	37,9	39,1
thermisch (%)	46,3	49,4	46,3	48,1	46,8	45,8
Gesamt (%)	85,1	88,1	85,1	84,4	84,7	84,9
Temperaturen						
Heizungsvorlauf	85	85	85	85	85	85
Heizungsrücklauf	70	70	70	70	70	70
Abgas (°C)	180	180	180	180	180	180
Abmessungen						
LxBxH (m)	3,2x1,1x1,7	3,5x1,4x1,7	3,5x1,4x1,7	3,8x1,4x2,0	3,8x1,4x2,0	3,8x1,4x2,0