

Projektierungshinweise für Blockheizkraftwerke (BHKW)

EG-40 bis EG-530

BG-70 bis BG-530

Auszug und Ergänzung der Betriebsanleitung

Inhaltsverzeichnis

1	BHKW-Anmeldungen - Betriebsvoraussetzungen	3
2	Motor	3
2.1	Leistungsminderung in Abhängigkeit von Ansaugtemperatur und Aufstellhöhe	3
2.2	Teillastbetrieb Netzparallel / Regelenergie	4
2.3	Stillstandzeit / Konservierung des Motors	4
3	Medienanschlüsse	4
3.1	Brennstoff	4
3.2	Verbrennungsluft.....	6
3.3	Abgassystem (AGS)	7
3.3.1	AGS (außer EG-50 BW / EGC (50)).....	7
3.3.2	AGS für EG-50 BW / EGC (50)	8
3.3.3	Abgasnachbehandlung	8
3.4	Wärmeauskopplung (WAK)	10
3.5	Membran-Druckausdehnungsgefäße	10
3.6	Füll- und Ergänzungswasser, Frostschutzmittel	10
3.7	Lüftungsanlage	11
4	Stromnetzanschluss - Anschlusschema (einpölig).....	12
5	Netzersatzbetrieb (Option)	14
5.1	Funktion des Netzersatzbetriebes.....	15
5.2	Funktion des automatischen Netzersatzbetriebes.....	16
5.3	Betriebsbereich im Netzersatzbetrieb	16
6	Aufstellung bei erhöhten Schallanforderungen	17

1 BHKW-Anmeldungen - Betriebsvoraussetzungen

Die Installation eines BHKW muss zuvor bei den regional zuständigen Stellen angemeldet und von diesen genehmigt werden. Hierzu zählen z.B.:

- Stromversorgungsunternehmen
- Gasversorger
- Bauamt
- Bezirksschornsteinfeger
- Abwasseramt (Kondensateinleitung) usw.

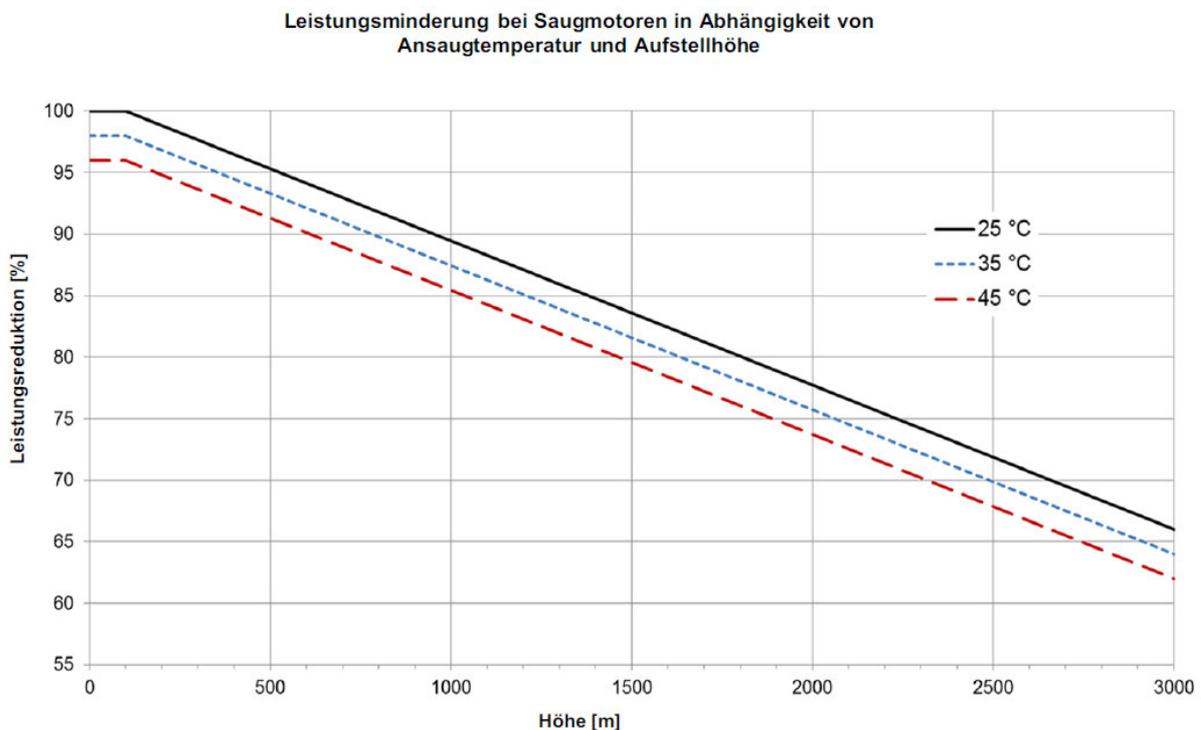
Deren Aufstellungs- bzw. Anschlussgenehmigungen enthalten wichtige Information zur notwendigen BHKW-Ausstattung bzw. Parametrierung und sind vor der BHKW-Beauftragung dem Projektbearbeiter mitzuteilen.

Durch die für die Installation beauftragten und zugelassenen Fachbetriebe sind vor der Inbetriebnahme des BHKW die Nachweise der fachgerechten Installation entsprechend der örtlichen Vorschriften des jeweiligen Gewerks einzuholen. Hierzu gehören z.B. die Druck- & Spülprotokolle aller Medienanschlüsse (Gasleitung, Abgas- und Kondensatleitungen, Heizkreise, Ölleitungen) und die Messprotokolle der Elektroverkabelung (Leistungs-, Signal- und BUS-Kabel). Ohne diese Prüfprotokolle darf das BHKW nicht in Betrieb genommen werden.

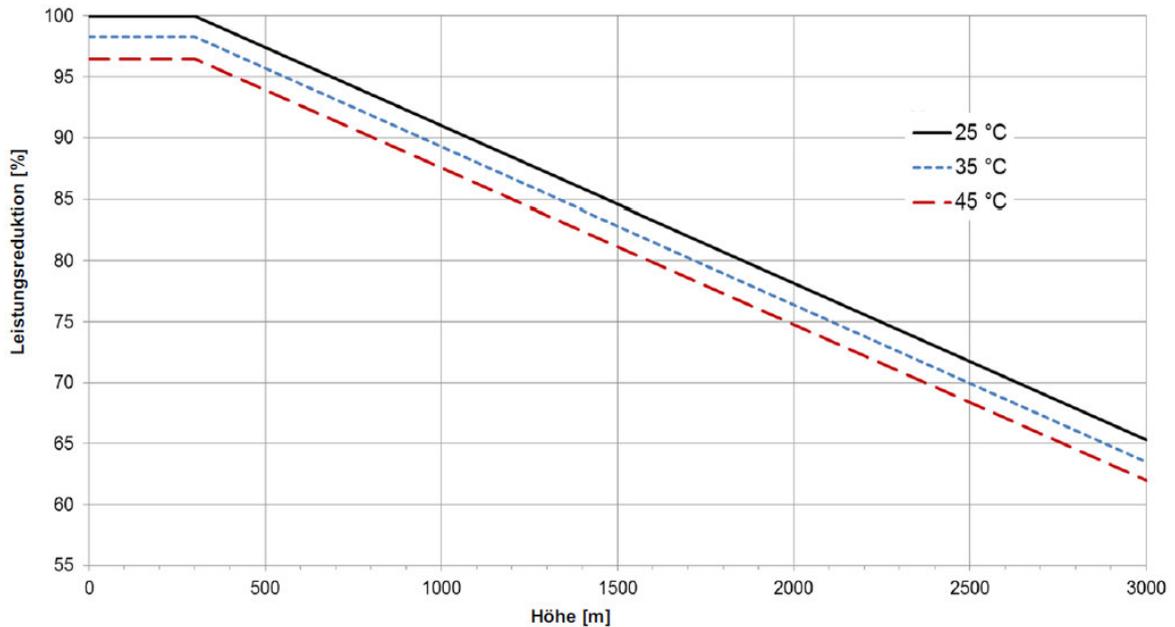
2 Motor

2.1 Leistungsminderung in Abhängigkeit von Ansaugtemperatur und Aufstellhöhe

Entsprechend der Vorgaben des Motoren-Herstellers werden durch die Modulsteuerung Leistungsreduzierungen in Abhängigkeit der Aufstellungshöhe und Ansaugtemperatur umgesetzt. Die motorspezifischen Leistungsminderungen sind in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt.



Leistungsminderung bei Turbomotoren in Abhängigkeit von Ansaugtemperatur und Aufstellhöhe



2.2 Teillastbetrieb Netzparallel / Regelernergie

Das BHKW ist für eine Modulation (Stufenweise, siehe Kapitel Abgasnachbehandlung) von 50-100% ausgelegt. Bei einer Leistungsanforderung unter 50% erfolgt eine automatische Abschaltung.

Für den Regelergiebetrieb sind folgende Hinweise zu beachten:

- bis zu 4 Starts pro Tag
- Mindestlaufzeit pro Start 1h
- Verschleißtechnisch entspricht 1 Start ca. 0,5 Betriebsstunden

Weitere Informationen sind dem Dokument „MAN VM 16 05 I/G“ bzw. der aktuellen Fassung zu entnehmen.

2.3 Stillstandzeit / Konservierung des Motors

Nach der Werksinbetriebnahme und Leistungsfahrt erfolgt eine Konservierung des Motors. Mit dieser Konservierung ist eine Stillstandzeit des BHKW bis maximal 6 Monate in trockener Umgebung möglich. Im Kapitel Wartung und Instandhaltung der Betriebsanleitung, sind darüber hinaus gehende erforderliche Maßnahmen bei Stillstandzeiten beschrieben.

3 Medienanschlüsse

3.1 Brennstoff

Am Gasanschluss des BHKW muss das Erdgas mit einem Fließdruck von 20 bis 50 mbar (18 mbar Mindestfließdruck in Großbritannien) und das Sondergas (Biogas, Klärgas, Deponiegas) mit einem Fließdruck von 50 - 70 mbar (optional 30 mbar Mindestfließdruck) im Vollastbetrieb anstehen. Der Ruhedruck des Gases darf bei Standard-BHKW maximal 100 mbar betragen. Ist der Gasdruck höher ist ein Vordruckregler einzubauen.

Das Gas muss feststoff- und flüssigkeitsfrei sein, ohne korrosive Bestandteile und muss einen konstanten Druck aufweisen. Des Weiteren muss das Gas den technischen Regeln der DVGW

Arbeitsblätter G 260 und G 262 sowie den nachfolgenden Mindestanforderungen an die Gasqualität für Otto-Gasmotoren entsprechen.

Die Gasversorgung erfolgt über eine Sicherheits-Gasregelstrecke mit DVGW zertifizierten Komponenten:

- Thermische Absperrinrichtung (TAE) mit Kugelhahn (Erdgas)
- Deflagrationsrohrsicherung (Sondergas)
- Gasfilter
- Doppelmagnetventil ohne Dichtheitsüberwachung bei Erdgas-BHKW Brennstoffleistung bis 350 kW
- Doppelmagnetventil mit Dichtheitsüberwachung bei Erdgas-BHKW Brennstoffleistung über 350 kW
- Doppelmagnetventil mit Dichtheitsüberwachung bei Sondergas-BHKW (Biogas, Klärgas, Deponiegas)
- Gasmischer mit Stellglied und komplettem Lambda-Regelkreis
- elastische Metallschlauchverbindung

Parameter	Symbol	Grenzwerte ohne Abgas-	Grenzwerte mit Abgas-	Einheit	Bemerkungen
		Nachbehandlung	Nachbehandlung		
Methanzahl	MZ	> 80	> 80		Niedrigere Methanzahl nach Rücksprache mit MAN
Heizwert	H _{u,N}	> 5	> 5	kWh / Nm ³	
Chlorgehalt*	Cl	< 180	< 90	mg / Nm ³	Chlor liegt als flüchtige Verbindung vor
Fluorgehalt*	F	< 50	< 25	mg / Nm ³	Fluor liegt als flüchtige Verbindung vor
Gesamt-Chlor-Fluor*	Σ(Cl,F)	< 180	< 90	mg / Nm ³	
Staubgehalt 5µm*		< 10	< 10	mg / Nm ³	
Öldampf*		< 900	< 300	mg / Nm ³	In der Gemischstrecke darf keine Kondensation auftreten
Flüchtige organische Verbindungen*	VOC	< 70	< 35	mg / Nm ³	Ohne gesättigte Kohlenwasserstoffverbindungen
Siliziumgehalt ¹⁾ *	Si	< 2	< 1	mg / Nm ³	Bei höheren Siliziumkonzentrationen Rücksprache mit MAN
Gesamtschwefelgehalt*	S	< 350	< 60	mg / Nm ³	Im Gesamtschwefel ist Schwefelwasserstoff mit enthalten
Schwefelwasserstoff*	H ₂ S	< 150 / < 228	< 20 / < 30	ppm/mg / Nm ³	Bei höherer Schwefelwasserstoffkonzentration Rücksprache mit MAN
Ammoniakgehalt*	NH ₃	< 40 / < 30	< 40 / < 30	ppm/mg / Nm ³	
Relative Feuchte	φ	< 60	< 60	%	In der Gemischstrecke darf keine Kondensation auftreten
Temperatur Gasgemisch nach Gasmischer	TG	10 < T _g < 30	10 < T _g < 30	°C	
Wasserstoff ²⁾	H ₂	< 2	< 2	Vol.-%	

* Falls diese Bestandteile ebenfalls in der Ansaugluft vorhanden sind, müssen diese als Bestandteil dem Brenngas zugeordnet werden. Die vorgenannten Grenzwerte bilden einen Grenzwert für die Summe an Bestandteilen aus der Ansaugluft und dem Brenngas.

1) Silizium kann im Motorenöl durch die Zugabe von Zusatzstoffen (Entschäumer) enthalten sein. Silizium kann aber auch in Form von Staub aufgrund einer ungenügenden Luft- bzw. Gasfilterung ins Motorenöl eingetragen werden. Daher muss die Siliziumkonzentration im Gas immer zusammen mit den Ölanalysen bewertet werden. Hohe Siliziumkonzentrationen im Motorenöl können, in Abhängigkeit des Auftretens in organischer und anorganischer Form, zu erhöhtem Bauteilverschleiß führen. Bei erhöhtem Siliziumgehalt im Motorenöl müssen auch die Gehalte der Verschleißelemente Eisen, Chrom und Aluminium mitbewertet werden.

2) Bei Wasserstoffgehalten größer als 2% ist Rücksprache mit BHKW-Hersteller zu nehmen.

Generell wird empfohlen, eine halbjährige Gasanalyse durchzuführen. Bei sich zeitlich ändernden Gaszusammensetzungen sind regelmäßig Gas- und Motorölanalysen zum sicheren Betrieb erforderlich. Bei Überschreitung der Grenzwerte ist der Motor abzustellen und Rücksprache mit dem BHKW-Hersteller zu nehmen. Wird der Motor weiterhin mit unzulässigen Grenzwerten betrieben, erlischt die Gewährleistung für den Motor. Der BHKW-Hersteller übernimmt keine Gewährleistung für Mängel und/oder Schäden (Korrosion, Verunreinigungen, Verschleiß etc.), welche durch Gase und Stoffe, die bei Vertragsabschluss nicht bekannt und vereinbart waren, entstanden sind.

Methanzahl des Brenngasgemisches

Als Brenngas bezeichnet man die für den Gasmotorenbetrieb geeigneten Gasgemische, die sich in Zusammensetzung, Heizwert und Klopfestigkeit unterscheiden. Die Klopfestigkeit wird durch die Methanzahl (MZ) angegeben, wobei MZ = 100 (klopfest) für Methan (CH₄) und MZ = 0 (klopfreudig) für Wasserstoff (H₂) definiert ist.

Bei Gasen mit schwankender bzw. niedriger Methanzahl besteht Klopfgefahr und damit die Gefahr extremer mechanischer und thermischer Beanspruchung mit möglichen Folgeschäden.

Die Methanzahl des Brenngasgemisches wird von mehreren Komponenten geprägt, dabei sind die Hauptkomponenten:

- Methan - CH₄ - als wesentliche Komponente der üblichen Gasmotoren Brenngase, besonders bei den diversen Erdgasen.
- Wasserstoff - H₂ - der die Methanzahl des Gasgemisches stark senkt. Kommt vor allem bei Brenngasen wie Kokerei-, Hochofen- sowie Schwelgasen vor.
- Höhere Kohlenwasserstoffe - C_nH_m mit n>1 und m>4 - also Kohlenwasserstoffe über Methan, welche oft sehr instabil sind und daher verstärkt zum Klopfen neigen.
- Inerte - N₂ und CO₂ - welche nicht aktiv an der Verbrennung teilnehmen, aber in einem Gasgemisch die Methanzahl steigern, dabei CO₂ mit der 3-fachen Wirkung von N₂.

Für die Beurteilung eines Gases bezüglich der Eignung als Brenngas sind auch die Gasbegleitstoffe von großer Wichtigkeit. Sie haben auf den eigentlichen Verbrennungsprozess zwar (meist) keinen Einfluss, aber hinsichtlich des zuverlässigen Betriebs des Motors und der Anlage sind diese Gasbegleitstoffe auf jeden Fall zu berücksichtigen.

Diese Gasbegleitstoffe werden freigesetzt bei der Gasentstehung in Klärwerken, Deponien oder Biogasanlagen.

Es sind Mineralien, Halogene, Metalle, Schwermetalle usw., welche eine Verbindung mit den Kohlenwasserstoffen eingehen. Abhängig von Menge und Schadenswirkung sind diese Gasbegleitstoffe vor dem Motor aus dem Brenngas zu filtern. Die Grenzwerte sind in dem Beiblatt

"Mindestanforderungen an die Gasqualität" von MAN aufgeführt.

Beispiele für die Methanzahl MZ einiger ausgewählter Gase:

Biogas MZ = 110 - 140

Methan MZ = 100

Erdgas MZ = 65 - 95

Propan MZ = 33

Butan MZ = 10

Wasserstoff MZ = 0

3.2 Verbrennungsluft

In der folgenden Tabelle sind die oberen Grenzwerte für schädliche Begleitgase in der Verbrennungsluft aufgelistet:

Zulässige Belastung der Verbrennungsluft	
Komponente	Anteil [mg/Nm ³ Luft]
Schwefel (gesamt) S oder Schwefelwasserstoff H ₂ S	< 130
Chlor (gesamt) Cl Fluor (gesamt) F oder Summe Chlor und Fluor	< 5,9
Ammoniak NH ₃	< 1,8
Öldämpfe > C ₅ < C ₁₀ Öldämpfe > C ₁₀	< 176 < 14,7
Silizium (organisch) Si	< 0,59

Falls diese Bestandteile ebenfalls in der Verbrennungsluft vorhanden sind, müssen diese Bestandteile dem Brenngas zugeordnet werden. Die vorgenannten Grenzwerte bilden einen Grenzwert für die Summe an Bestandteilen aus der Verbrennungsluft und dem Brenngas.

3.3 Abgassystem (AGS)

Über das Abgassystem werden die bei der Verbrennung im Motor entstehenden Abgase in die Atmosphäre geleitet. Es ist nicht zulässig, das Abgas von mehreren BHKW in ein Abgassystem zusammenzuführen. Somit ist für jeden Motor eine getrennte Abgasführung erforderlich.

Bei BHKW mit einer elektrischen Leistung bis 50kW und mit Brennwertnutzung ist ein gemeinsames Abgassystem mit einer raumluftabhängigen Gasfeuerstätte im gleichen Aufstellraum (Kaskade) möglich. Hierfür sind projektspezifische Prüfungen und Berechnungen erforderlich.

Der wichtigste Auslegungsparameter für die Dimensionierung des Abgassystems neben dem Abgasmassenstrom und der Abgastemperatur ist der zulässige Abgasgegendruck. Überschreitungen des zulässigen Abgasgegendruckes haben einen erheblichen Einfluss auf die Leistung, den Brennstoffverbrauch und die thermische Belastung des Motors. Der Abgasgegendruck wird unmittelbar nach Motorausritt bei Volllast gemessen und darf nicht überschritten werden.

Der Gegendruck wird durch die Strömungswiderstände in Rohrleitungen, Krümmern, Kompensatoren, Abgaswärmeübertrager, Katalysatoren und Schalldämpfern hervorgerufen. Alle Widerstände müssen bei der Ermittlung des Gegendruckes berücksichtigt werden. Für die im Abgassystem eingebauten Komponenten sind die Widerstände den Datenblättern für diese Komponenten zu entnehmen.

Im Motor eines BHKW wird der Brennstoff (im Gegensatz zu Heizkesseln) nicht in einer offenen Flamme verbrannt, sondern in einer Brennkammer (Zylinder) gezielt zur Zündung bzw. Explosion gebracht. Bei jedem Arbeitstakt drückt der Motor anschließend die Abgase mit Überdruck pulsierend in die Abgasleitung.

Daher muss die komplette Abgasleitung einschließlich aller Einbauten druckdicht bis mindestens 5.000 Pa (mindestens Dichtheitsklasse H1 und H2) und pulsationsfest ausgeführt werden. Hierfür sind geschweißte Abgassysteme aus Edelstahl (1.4571) und entsprechende Edelstahl-Abgassysteme für Überdruckbetrieb geeignet. Wobei die Gasdichtheitsklasse (Druckklasse) H1 für die Verwendung im Gebäude sowie im Freien und die Gasdichtheitsklasse H2 nur für die Verwendung im Freien zulässig sind. Alle Abgassysteme müssen für die Betriebsdauertemperatur des BHKW-Abgases geeignet und zugelassen sein. Die Oberflächentemperatur der abgasführenden Bauteile darf 60°C nicht überschreiten. Hierfür ist gegebenenfalls eine entsprechende Dämmung oder ein Berührungsschutz vorzusehen.

Zur Auswahl des geeigneten Abgassystems sind jeweils die Herstellervorschriften des Abgassystems zu beachten. Die Ausführung der Abgasleitung ist mit dem zuständigen Bezirksschornsteinfeger abzustimmen.

3.3.1 AGS (außer EG-50 BW / EGC (50))

Bei Erdgas-BHKW mit einer Abgastemperatur von ca. 120°C muss ein Abgassystem gewählt werden, welches bei einer Betriebsdauertemperatur von mindestens 200°C (Temperaturklasse T200) eingesetzt werden darf.

Die Abgastemperatur von Sondergas-BHKW (Biogas, Klärgas, Deponiegas) beträgt ca. 200°C. Hier muss ein Abgassystem gewählt werden, welches für mindestens 300°C (Temperaturklasse T300) Betriebsdauertemperatur geeignet ist. Bei BHKW ohne Abgaskühlung (z.B. Umfahrung Abgaswärmeübertrager) ist mit Abgastemperaturen bis 720°C zu rechnen, worauf das Abgassystem ausgelegt werden muss.

Bei der Auslegung der Abgasleitung sollte der maximal zulässige Gegendruck nicht voll ausgenutzt werden. Der Querschnitt ist so zu wählen, dass der Gesamt-Gegendruck nach dem BHKW ab Abgasaustrittsflansch von 1,5 kPa (15 mbar) nicht überschritten wird. Der Abgasgegendruck ist während des BHKW-Betriebes regelmäßig zu messen.

Um Korrosionsschäden durch saures Kondenswasser zu vermeiden, ist das Abgassystem kondensatbeständig auszuführen. Hierzu bieten sich verschiedene Materialien an, z.B. Edelstahl 1.4401 (Wandstärke mindestens 1 mm).

3.3.2 AGS für EG-50 BW / EGC (50)

Beim diesem BHKW kann ein Kunststoff-Abgassystem zum Einsatz kommen. Die Abgasleitung muss in vollem Umfang kondensat- und überdruckfähig und für Abgastemperaturen bis 120°C zugelassen sein. Diese Anforderungen werden z.B. mit einer Polypropylen-Abgasleitung (Rohre und Formstücke) nach DIN EN 14471 erfüllt. Außerdem müssen alle Bauteile der Abgasleitung der Temperaturklasse T120 und der Druckklasse H1 entsprechen. Jeder Abgasabzweig muss getrennt mit einer Kondensatableitung ausgestattet sein.

Für die Auslegung der gesamten Abgasanlage ist eine Berechnung nach EN 13384 erforderlich. Zum Schutz eines bauseitig eingesetzten Kunststoff-Abgassystems, erfolgt ein Sicherheitsstopp des BHKW bei 110°C Abgastemperatur.

3.3.3 Abgasnachbehandlung

Der geregelte 3-Wege-Katalysator (Motoren mit $\lambda = 1$), der Oxidationskatalysator und der SCR-Katalysator (Motoren mit $\lambda > 1$) dienen zur Schadstoffreduzierung der Motorabgase.

Einsatz von Katalysatoren

Aus Sicherheitsgründen dürfen Katalysatoren erst dann in das Abgassystem eingebaut werden, wenn alle Einstellarbeiten am Motor durchgeführt worden sind und der Motor ohne Störungen läuft.

Dies gilt sowohl für die Erstinbetriebnahme als auch für spätere Wartungsarbeiten.

Treten Störungen beim Betrieb von Motoren auf, kann der Katalysator beschädigt oder zerstört werden.

Betriebsbedingungen für eine sachgemäße Abgasnachbehandlung mittels Katalysatoren

Alle Katalysatorfunktionen unterliegen einem Regel- und Reaktionsverhalten. Damit die jeweils geplante Schadstoffreduzierung umgesetzt werden kann, ist ein gleichbleibender Motorbetrieb notwendig.

Bei schwankender Leistungsanforderung muss das Regelsystem (Lambda, NOx, o.ä.) dauerhaft nachsteuern, womit der Betriebspunkt des Katalysators nicht erreicht und gehalten werden kann. Dies führt u.a. zu folgenden unsachgemäßen Betriebsresultaten:

- Abgaswerte liegen außerhalb der Zielemissionen (Betrieb muss ggf. unterbrochen werden)
- Beschädigung des Katalysators (unkontrollierte Reaktionen im Katalysator)
- Unkontrollierte Betriebsweise des BHKW (gegenseitig beeinflussende Regelkreise)

Für einen sachgemäßen BHKW Betrieb ist daher eine konstante Leistungsanforderung für mindestens 30 Minuten wichtig. Eine Leistungsmodulation muss somit in entsprechenden Stufen erfolgen. Folgendes Betriebsprofil gilt hierfür als Beispiel für den Stromnetzparallelbetrieb.



Hinweis!

Wenn der Katalysator die Abgasemissionen nicht unter die zulässige Grenze reduzieren kann, ist der Betreiber ggf. auf Basis der für seine Anlage geltenden Richtlinien verpflichtet, das BHKW abzuschalten und darf es nicht vor Behebung der Ursache wieder in Betrieb nehmen.

Bei unsachgemäßer Leistungsanforderung ist der Betreiber zudem für die auftretenden Folgeschäden verantwortlich und muss die daraus resultierenden Kosten (auch im Rahmen der Wartungsverträge) tragen.

Katalysatorvergiftung

Die Katalysatoren sind auf maximale Beständigkeit gegen Katalysatorgifte entwickelt worden. Wird anstelle von Erdgas jedoch Sondergas (Biogas, Klärgas, Deponiegas) genutzt, ist mit verschiedenen Schadstoffen zu rechnen. Diese Schadstoffe können mit der aktiven katalytischen Beschichtung reagieren und katalytisch inaktive Verbindungen bzw. Legierungen bilden. Normalerweise lässt sich die ursprüngliche Leistungsfähigkeit eines vergifteten Katalysators auch durch Reinigen nicht mehr herstellen. Das heißt, der Katalysator muss ersetzt werden. Zuvor sollte jedoch untersucht werden, ob die Quelle des Katalysatorgiftes beseitigt oder zumindest reduziert werden kann. Durch Adsorption an Aktivkohle lässt sich ein Großteil der nachfolgend aufgeführten Katalysatorgifte aus dem ankommenden Gas entfernen. Der Vorteil einer Aktivkohle-Reinigung ist, dass auch der Motor wesentlich weniger belastet wird. Durch die Reduzierung der Schadstoffe wird der Verschleiß an einigen Bauteilen wie Turbolader, Zylinderkopf, Ventilen, Zündkerzen usw. zum Teil erheblich reduziert. Durch den Einsatz einer Gasreinigungsanlage können Wartungskosten und Kosten für Ersatzteilen wesentlich reduziert werden. Meistens ist nicht bekannt, wie hoch der Anteil der ankommenden Schadstoffe im Verbrennungsgas ist. Außerdem ist nicht bekannt, ob Schadstoffe im Motor reduziert oder umgewandelt werden, bzw. welche Anteile keine Reaktion mit dem Katalysator eingehen. Aus diesem Grund darf die Giftkonzentration im Abgas 0,25 ppm nicht überschreiten. Siliziumverbindungen sind in jedem Fall vom Katalysator fernzuhalten. Selbst geringste Konzentrationen führen schon nach kurzer Zeit zur Unbrauchbarkeit des Katalysators. Bei einem Schwefelgehalt von über 20 ppm kann es zu einer leichten Beeinträchtigung der Katalysatoraktivität, speziell bei älteren Katalysatoren, kommen. Bei Abgastemperaturen über 430°C ist diese Beeinträchtigung sehr gering. Liegt eine Beeinträchtigung vor, kann der Katalysator bei Temperaturen über 600°C wieder weitestgehend regeneriert werden. Hierbei sollte die Maximaltemperatur von 700°C nicht überschritten werden. Nicht alle Schadstoffe werden in einer Gasreinigungsanlage reduziert. Ein Teil dieser Schadstoffe (wie z.B. auch die Ölasche, die vom Motor kommt) lagern sich bevorzugt im Eintrittsbereich des Katalysators ab. Bei den Motorölen ist darauf zu achten, dass Schadstoffkonzentrationen im Öl nicht überschritten werden.

SCR-Katalysator-Anlage

Die SCR-Katalysatoranlage dient der Reduzierung von Schadstoffen im mageren Abgas ($\lambda > 1$) von Verbrennungsmotoren. Hierunter zählen Stickstoffoxide (NO_x), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (C_xH_y).

Da im mageren Betrieb kein 3-Wege-Katalysator eingesetzt werden kann, ist für die Reduktion von NO_x ein SCR-Katalysator erforderlich. Dieser reduziert durch Zugabe eines geeigneten Reaktionsmittels, üblicherweise Harnstofflösung oder Ammoniaklösung, die Stickoxide zu Stickstoff und Wasser.

Als Reaktionsmittel wird standardmäßig wässrige Harnstofflösung in einer auf das BHKW abgestimmte Konzentration eingesetzt. Üblich sind 32,5 oder 40 Massenprozent (Ma.-%).

Harnstoff zersetzt sich bei hohen Temperaturen im Abgas zu Ammoniak, das dann an der Reaktion mit den Stickoxiden teilnimmt.

In einem nachgeschalteten Oxidationskatalysator (optional) werden Kohlenstoffmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (C_xH_y) und Ammoniak schlupf oxidiert.

Die separate Betriebs- und Wartungsanleitung der Katalysatoren ist zu beachten! Diese ist Bestandteil der Dokumentation.

3.4 Wärmeauskopplung (WAK)

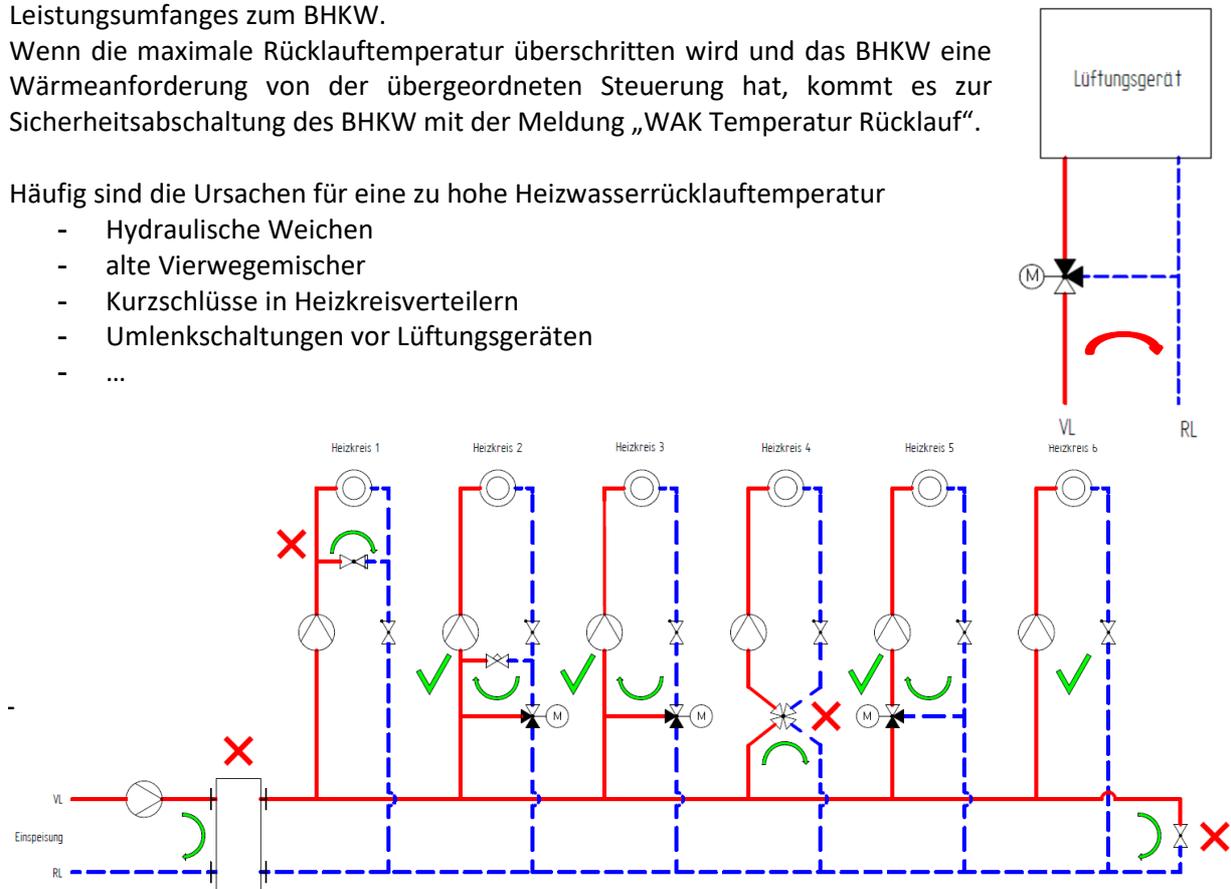
Maximale Rücklauftemperatur

Die Rücklauftemperatur der BHKW-Wärmeauskopplung darf den Auslegungswert nicht überschreiten. Der Auslegungswert der maximalen Rücklauftemperatur steht in der technischen Beschreibung des Leistungsumfanges zum BHKW.

Wenn die maximale Rücklauftemperatur überschritten wird und das BHKW eine Wärmeanforderung von der übergeordneten Steuerung hat, kommt es zur Sicherheitsabschaltung des BHKW mit der Meldung „WAK Temperatur Rücklauf“.

Häufig sind die Ursachen für eine zu hohe Heizwasserrücklauftemperatur

- Hydraulische Weichen
- alte Vierwegemischer
- Kurzschlüsse in Heizkreisverteiltern
- Umlenkschaltungen vor Lüftungsgeräten
- ...



Überprüfen Sie die vorhandene Heizungsgebäudeanlage vor Montage des BHKW, um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten.

Nach der Montage des BHKW-Moduls muss ein hydraulischer Abgleich der Heizungsgebäudeanlage erfolgen. <https://www.hydraulischer-abgleich.de/start/>

3.5 Membran-Druckausdehnungsgefäße

Dimensionierung der verwendeten Ausdehnungsgefäße

Die eingesetzten Membran-Druckausdehnungsgefäße dienen der Einzelabsicherung des BHKW. Sie wurden somit auf das BHKW interne Volumen des jeweiligen Wärmekreises ausgelegt.

Die bauseitige Heizungsanlage ist daher zwingend mit einem eigenen Druckreguliersystem auszustatten, entsprechend der bauseitigen Hydraulik und Betriebsweise.

3.6 Füll- und Ergänzungswasser, Frostschutzmittel

Bei Füll- und Ergänzungswasser von Kühl- und Heizkreisen dürfen die Grenzwerte der aktuell gültigen VDI 2035 nicht überschritten werden. Diese Wasserqualität ist notwendig, um Schäden (z.B. Kalkablagerungen, Korrosionen sowie Materialschäden) zu vermeiden.

Kühlflüssigkeiten in Motor- und Gemischkühlkreisen müssen zudem 40% zugelassenes Korrosions- und Frostschutzmittel enthalten (Zulassungsübersicht „MAN 324 Typ NF“ aktuelle Fassung).

Bauteile (z.B. Wärmetauscher) in BHKW- Wärmeauskopplungskreisen werden standardmäßig für Wasser ohne Frostschutzmittel ausgelegt und geplant. Die Verwendung von Wasser-Frostschutz-Gemischen führt gegenüber reinem Wasser zu veränderten Wärmeträgereigenschaften. Je höher die Frostschutzkonzentration, desto geringer die spezifische Wärmekapazität und umso größer die Viskosität. Falls in den Heizwasserkreisen Einfriergefahr besteht, müssen auch diese Kreise Frostschutzmittel enthalten.

Ein Einsatz von Frostschutzmittel muss vor der Auftragserteilung dem Projektbearbeiter mitgeteilt werden, sodass die betroffenen Bauteile daraufhin berechnet und ausgelegt werden können. Hierzu ist das prozentuale Verhältnis von Wasser und Frostschutzmittel so zu wählen, das Einfrieren verhindert wird und damit verbundene Schäden ausgeschlossen werden.

3.7 Lüftungsanlage

Die Lüftungsanlage muss bauseitig so ausgelegt werden, dass sie entsprechend den baulichen Gegebenheiten folgende Funktionen erfüllt:

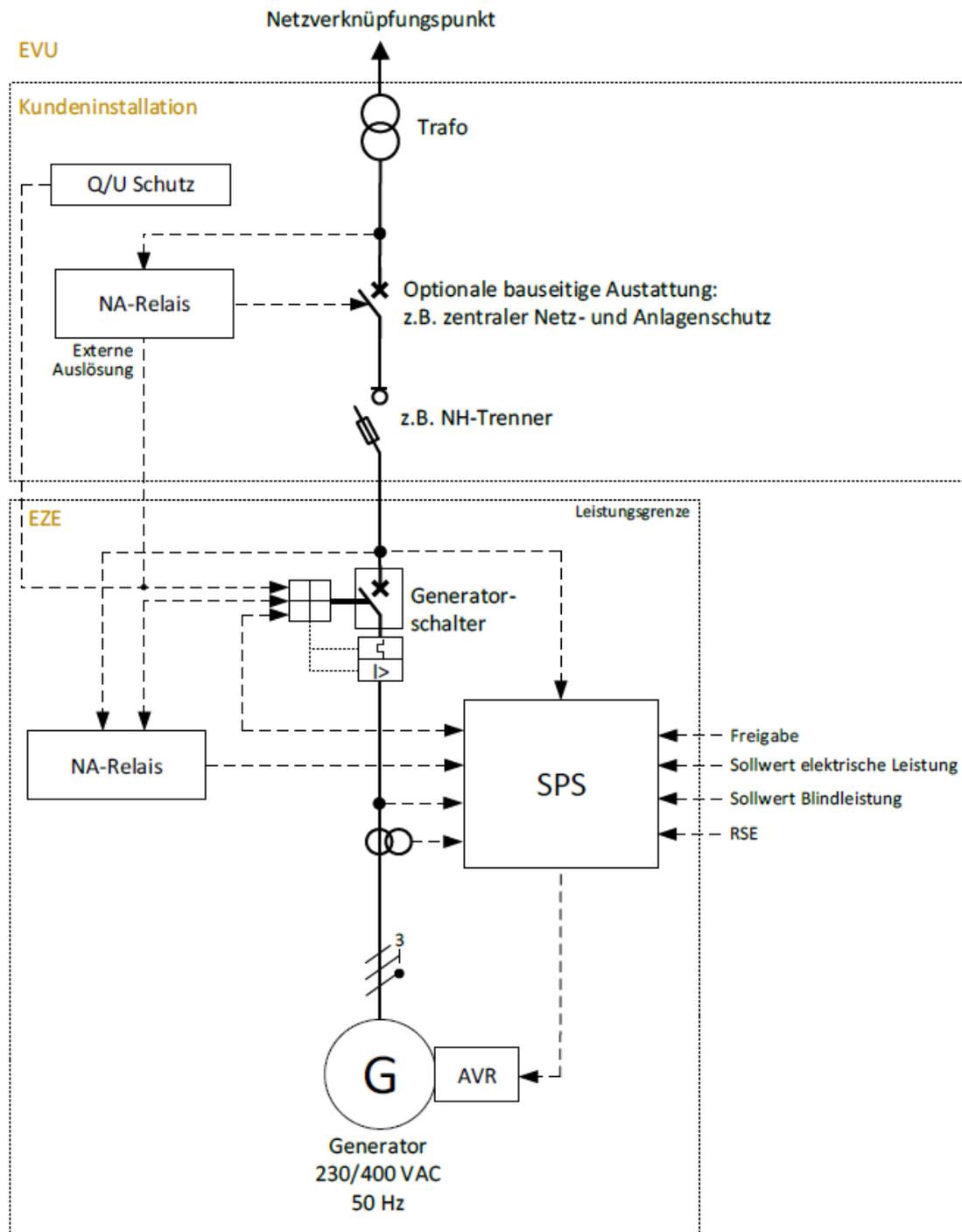
- **Versorgung des Motors mit Verbrennungsluft**
Die Verbrennungsluft und Kühlungsluft des BHKW muss zwischen 10 und 30°C betragen sowie staub- und fettfrei sein und darf keine Halogene oder Lösungsmittel enthalten. Die einzusetzende Filtertechnik ist entsprechend den Umgebungsbedingungen auszuwählen.
Der notwendige Luftvolumenstrom ist dem jeweiligen BHKW Datenblatt zu entnehmen.
- **Kühlung des BHKW bzw. Abfuhr der Strahlungswärme**
Der BHKW-Aufstellraum sowie das BHKW innerhalb der Schalldämmverkleidung werden durch Wärmeabstrahlung der installierten Komponenten im Betrieb erwärmt. Zur Vermeidung von zu hohen Umgebungstemperaturen für das BHKW und anderer Komponenten im Aufstellungsraum, ist diese Wärme über die Lüftungsanlage abzuführen.
- **Temperaturanhebung zu kalter Zuluft und Frostfreihaltung**
Vor allem im Winter muss mittels der Lüftungsanlage vermieden werden, dass die Luftzufuhr unter die angegebenen 10°C fällt. Hierzu kann z.B. die warme Abluft des BHKW genutzt werden, um über einen Bypass mit Umluftklappe die Außenluft vorzuwärmen. Wenn die Luftansaugung des BHKW aus dem Aufstellungsraum heraus erfolgt, kann mittels einer Raumluftklappe die Raumtemperatur angehoben werden. Es ist zudem darauf zu achten, dass das gesamte System frostfrei gehalten werden muss (z.B. Lüftungsklappen schließen bei abgeschaltetem BHKW).
- **Schallreduktion und Schwingungsentkopplung**
Hinsichtlich der beim BHKW Betrieb auftretenden Vibrationen, muss die bauseitige Lüftungstechnik zum BHKW hin mit flexiblen Verbindungen entkoppelt angeschlossen werden.
Zudem sind auf Basis der Schallemissionen des BHKW geeignete Lüftungsschalldämpfer einzusetzen, die eine Schallreduktion entsprechend des örtlich genehmigten Restschalldruckpegels erzielen.

Für die Auslegung der bauseitigen Lüftungstechnik ist zwingend die Kennlinie des BHKW internen Ventilators zu beachten und dessen Leistungsfähigkeit zur Überwindung von Druckverlusten. Bei Einsatz eines zusätzlichen Ventilators (um z.B. höhere Druckverluste über spezielle Filter oder Schalldämpfer zu überwinden), ist unbedingt darauf zu achten, dass sich die Ventilatoren nicht gegenseitig in ihren Regelfunktionen beeinflussen. Ein geschlossener Lüftungskanal mit beiden Ventilatoren in Reihe ist daher zu vermeiden.

In der Betriebsanleitung sind Beispiele für die Konstruktion der bauseitigen Lüftung abgebildet, welche entsprechend den örtlichen Gegebenheiten projektspezifisch angepasst werden müssen.

4 Stromnetzanschluss - Anschlussschema (eipolig)

Das Anschlussschema beinhaltet beispielhaft die Standardausstattung der Erzeugungseinheit (EZE) von Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen für den Einsatz im Netzparallelbetrieb ohne Inselbetrieb.



Anschlussschema Beispiel (eipolige Darstellung)

Das Netz- und Anlagenschutzrelais (NA-Relais) ist bei der Auslieferung des BHKW auf das Länder- und richtlinienspezifische Programm mit Werkseinstellungen voreingestellt. Die Werte können den Vorgaben des Energieversorgungsunternehmens (EVU) angepasst werden.

Das integrierte NA-Relais realisiert die in der entsprechend gewählten Norm empfohlenen Werte für Spannungs- und Frequenzschutz. In Kombination mit dem Generatorschalter, stellt es den integrierten Entkupplungsschutz dar.

Das NA-Relais UFR1001E (Fabrikat Ziehl) ist zweikanalig einfehlersicher ausgeführt und die Funktion des angeschlossenen Generatorschalters wird überwacht. Bei aktivierter Überwachung schaltet das Gerät bei einem erkannten Abschaltfehler nicht wieder ein. Bei Einschaltfehlern werden Wiedereinschaltversuche unternommen und sorgen so für eine erhöhte Verfügbarkeit der Anlage. Standardmäßig sind alle relevanten Parameter vor unbefugtem Zugriff mit einem Passwortschutz versehen. Mit der mechanischen Plombierung können zusätzlich alle Werte vor Veränderung geschützt werden.

Ist für ein Land kein spezifisches Programm im NA-Relais vorgesehen oder fordert das zuständige EVU einen speziellen Aufbau des Entkupplungsschutzes, ist dies durch einen vorgelagerten und bauseits zu realisierenden Entkupplungsschutz zu realisieren.

Die Modulsteuerung realisiert die Generatorüberwachung und die Synchronisation. Sie schaltet den Generatorschalter über einen Fernantrieb und koppelt den Generator synchron mit dem Stromnetz. Mit dem Schließen des Generatorschalters wird von Spannungsanpassung auf Blindleistungsregelung umgeschaltet.

Die Not-Halt-Kette und das NA-Relais wirken im Fehlerfall direkt auf die Unterspannungsspule des Generatorschalters und schalten diesen in die Ausgelöst-Stellung, um eine sehr schnelle Trennung des Generators vom Netz zu erreichen.

Die Modulsteuerung überwacht die Synchronisationszeit. Ist in einer einstellbaren Zeit keine Synchronisation mit dem Stromnetz möglich, wird das BHKW abgestellt und eine Fehlermeldung ausgegeben. Erfolgt nach einem Ausschaltbefehl für den Generatorschalter keine Rückmeldung, wird der Schalter von der Modulsteuerung über die Unterspannungsspule abgeschaltet. Die Fehler führen zu einem Abstellen des BHKW mit Nachlaufzeit zur Abkühlung des Motors (Sicherheitsstopp).

Funktionen der Modulsteuerung	
• Netzsynchronisation und Zuschalten Generatorschalter	
Spannungsdifferenz:	< 2V
Frequenzdifferenz:	< 0,2Hz
Phasenwinkeldifferenz:	< 0,5ms und $\Delta\phi \leq 9^\circ$
• Überwachungsfunktionen:	
Überstromschutz:	$I_r 0,6 - 0,95^*$
Rückleistungsschutz:	< 0A für 1s
Stromasymmetrie im Gegensystem:	8%
• Blindleistungsregelung	

In der Modulsteuerung können u.a. folgende externe Signale verarbeitet werden:

- Freigabe (binär)
- Sollwert Wirkleistung
- Sollwert Blindleistung

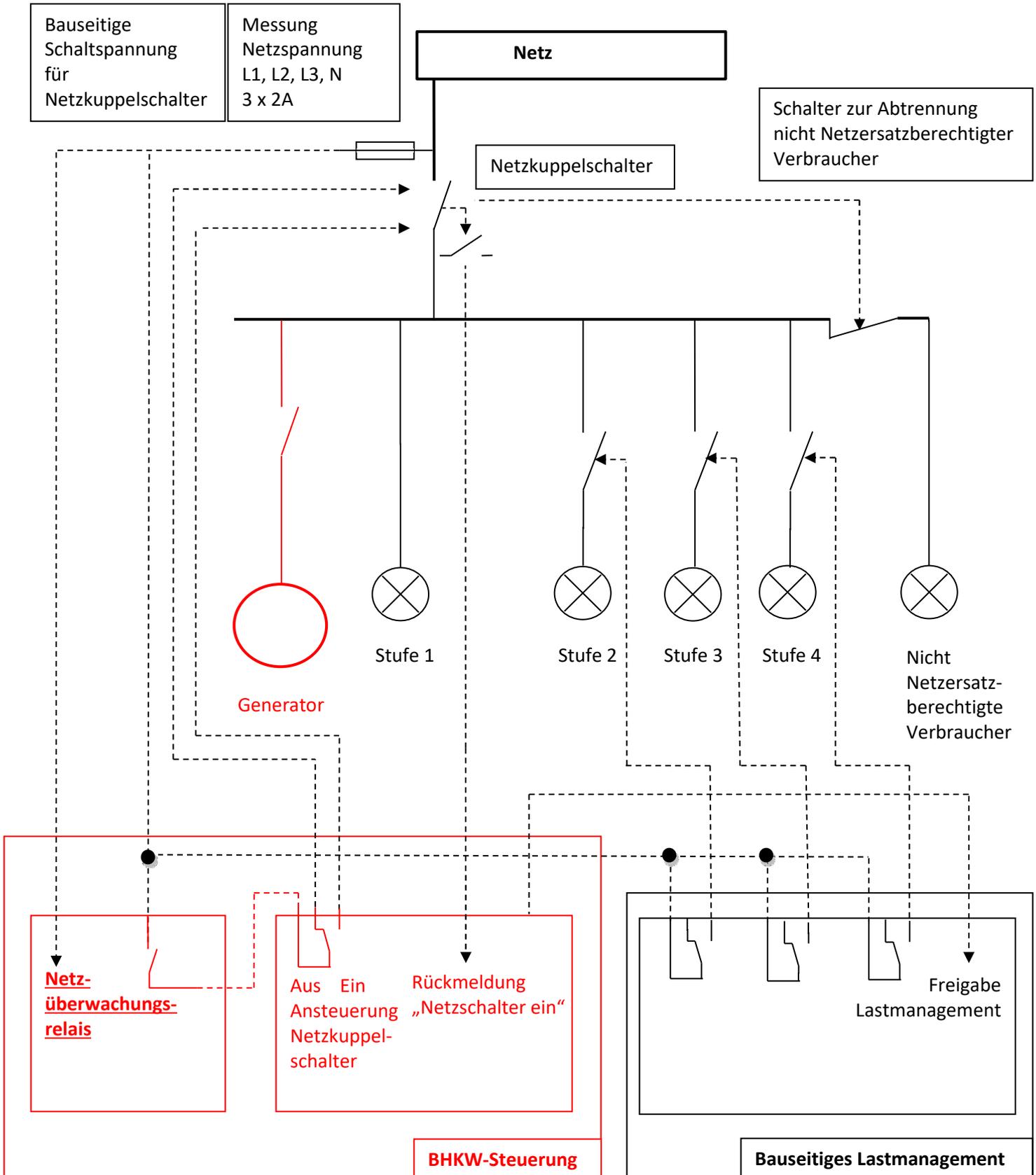


Hinweis!

Anforderung erfolgt bei Sollwert > Minimalleistung des BHKW
Die Vorgaben können durch Hardwaresignale (4..20 mA / 0..10 V) oder über Feldbuskommunikation (Modbus RTU/TCP, Profibus DP, Profinet) erfolgen.

Zusätzlich ist ein Hardwarekontakt für einen vorgelagerten NA-Schutz oder Q/U-Schutz vorbereitet, der im Fehlerfall direkt auf die Unterspannungsspule vom Generatorschalter wirkt und somit die EZE sofort vom Netz trennt.

5 Netzersatzbetrieb (Option)



— Lieferumfang Hersteller

— Lieferumfang Betreiber / Auftraggeber

5.1 Funktion des Netzersatzbetriebes

Genereller Aufbau

Bauseitig ist für die BHKW-Steuerung bereitzustellen:

- synchronisierfähiger Netzkuppelschalter mit 24V DC Fernantrieb
- Sicherungsabgang netzseitig vom Netzkuppelschalter, bestehend aus 3 Sicherungen (L1, L2, L3) sowie N, die als Messspannung für die BHKW-Steuerung zur Identifizierung eines Netzausfalls benötigt werden.
- Schalterrückmeldung des Netzkuppelschalters: potentialfreier Kontakt (Kontakt geschlossen bei geschlossenem Netzkuppelschalter)
- Lastmanagement nach 1.3

Die netzersatzberechtigten Verbraucher sind in der bauseitigen Schalttafel so in Gruppen zusammenzustellen, dass bei einer Lastübernahme durch das BHKW die beim Lastmanagement aufgeführten Belastungen eingehalten werden. Die Gesamtbelastung des BHKW darf dabei nicht mehr als 80% der Nennleistung (P_n) des BHKW betragen.

Lastmanagement

Durch das bauseitige Lastmanagement sind folgende Zu- und Abschaltungen der Verbraucher (Lasten) zu gewährleisten:

1. Stufe: max. 20% P_n , Betriebsdauer: max. 5 Minuten
2. Stufe: max. 40% P_n , Betriebsdauer: max. 2,5h nach Vorgabe „Begrenzter Betrieb“ (3.)
3. Stufe: max. 60% P_n , Betriebsdauer: max. 2,5h nach Vorgabe „Begrenzter Betrieb“ (3.)
4. Stufe: max. 80% P_n , Betriebsdauer: unbegrenzt

Die erste Stufe wird dabei spätestens nach ca. 60 Sekunden direkt mit dem Generatorschalter zugeschaltet. Hier muss auch die Einspeisung für den Eigenbedarf des BHKW-Schaltschrankes angeschlossen sein. Alle weiteren Stufen dürfen jeweils frühestens nach 15 Sekunden aufsteigend zur vorhergehenden Stufe zugeschaltet werden. Alle Stufen dürfen jeweils frühestens nach 15 Sekunden absteigend zur vorhergehenden Stufe abgeschaltet werden.

Damit ergibt sich für die Zuschaltung folgende Staffelung, beginnend mit dem Start des BHKW im Netzersatzbetrieb:

1. Stufe: 60 Sekunden (Startzeit + Einregulierzeit)
2. Stufe: 75 Sekunden (Einregulierzeit)
3. Stufe: 90 Sekunden (Einregulierzeit)
4. Stufe: 105 Sekunden (Einregulierzeit)

Für die Abschaltung gilt die entsprechend umgekehrte Reihenfolge.

Während des Netzersatzbetriebes des BHKW muss bauseitig gewährleistet sein, dass die in den einzelnen Laststufen angegebenen Obergrenzen und auch die Gesamtbelastung des BHKW nicht überschritten werden. Eine (auch nur kurzzeitige) Überlastung des BHKW oder ein zu schneller Lastabwurf im Netzersatzbetrieb führt zum sofortigen Abschalten des BHKW.

Bauseitig ist dafür zu sorgen, dass alle nicht netzersatzberechtigten Verbraucher über einen Schalter gleichzeitig mit dem Öffnen des Netzkuppelschalters von der Netzersatz- Insel abgetrennt werden.

Zur Schaltung des Netzkuppelschalters und der Verbraucherstufen ist bauseitig eine Schaltspannung entsprechend dem Typ der eingesetzten Schalter bereitzustellen (24V DC). Es ist sicherzustellen, dass die Schalter unter allen Bedingungen (auch bei fehlender Netzspannung) schaltbar sind.

Als Netzkuppelschalter muss ein synchronisierfähiger Schalter eingesetzt werden, um bei Netzwiederkehr eine unterbrechungsfreie Rückschaltung der Verbraucher auf das Netz durch die BHKW-Steuerung durchführen zu können (Rücksynchronisation).

5.2 Funktion des automatischen Netzersatzbetriebes

Netzausfall während des Netzparallelbetriebes

Bei Netzausfall während des Netzparallelbetriebes bleibt der Generatorschalter geschlossen und der Netzschalter wird von dem Netzüberwachungsrelais geöffnet. Gleichzeitig müssen bauseitig mit dem Öffnen des Netzschalters alle nicht netzersatzberechtigten Verbraucher abgetrennt werden.

Bei automatischer Umschaltung vom Netzparallel- in den Netzersatzbetrieb, kann es durch einen zu großen Lasteinbruch zu einer kurzzeitigen Unterbrechung der versorgungsberechtigten Verbraucher kommen. Nur in diesem Fall erfolgt ein selbständiges Rücksetzen der Fehlermeldungen und das BHKW läuft anschließend automatisch wieder an.

Netzausfall bei gestoppten BHKW

Bei Netzausfall und Stellung des Betriebsartenwahlschalters auf „Automatik“ startet das BHKW automatisch. Sobald es bereit zur Lastübernahme ist, wird von der BHKW-Steuerung der Netzkuppelschalter geöffnet und danach der Generatorschalter eingeschaltet. Damit wird die 1. Verbrauchergruppe (u.a. die BHKW-Steuerung und die Hilfsaggregate) sofort versorgt. Danach sollen die weiteren Verbrauchergruppen gestaffelt nach Zeitprogramm des Lastmanagement eingeschaltet werden.

Netzwiederkehr

Nach Netzwiederkehr bleibt das BHKW noch einige Zeit im Netzersatzbetrieb (vorgeschriebene Netzberuhigungszeit wird von der BHKW-Steuerung abgewartet). Danach wird von der BHKW-Steuerung die Netzersatz-Insel auf das Netz zurücksynchronisiert und durch Einschalten des Netzkuppelschalters wieder mit dem Netz verbunden. Wichtig hierfür: Der bauseitige Netzkuppelschalter muss synchronisierfähig sein!

Achtung:

Oftmals befindet sich der Netzkuppelschalter während des Netzausfalls in der Stellung „ausgelöst“. Entsprechend dem Typ des eingesetzten Netzkuppelschalters ist bauseitig dafür zu sorgen, dass nach Netzwiederkehr der Schalter wieder aufgezoogen und somit für das Einschalten vorbereitet wird. In der Regel wird der Aufziehmechanismus des Schalters durch Ansteuerung des „Aus“-Eingangs des Schalters betätigt. Aus diesem Grund wird von der BHKW-Steuerung sofort nach Netzwiederkehr der „Aus“-Kontakt für einige Sekunden angesteuert, bevor die Rücksynchronisation beginnt. Sofern eine Anforderung vorliegt, fährt das BHKW danach weiter im Netzparallelbetrieb oder geht in Stopp, wenn keine Anforderung anliegt.

5.3 Betriebsbereich im Netzersatzbetrieb

Dauerbetrieb 80%-50% kWel

Ein Dauerbetrieb von allen BHKW ist von max. 80% bis min. 50% der elektrischen Nennleistung möglich. z.B. EG-50 → Dauerbetriebsbereich: 40 kWel bis 25 kWel

Begrenzter Betrieb <50%-30% kWel (max. 500 h/a, davon max. 5 h am Stück)

Alle BHKW können für max. 5 Stunden am Stück und für max. 500 Stunden im Jahr unterhalb von 50% Leistung betrieben werden. Hierbei sind 30% als minimalste Leistung nicht zu unterschreiten.
z.B. EG-50 → Begrenzter Betriebsbereich: <30 kWel bis 15 kWel

Nach jedem begrenzten Betrieb muss das BHKW-Modul mindestens eine Stunde im Netzparallel-Nennlastbetrieb (100%) gefahren werden.

Kurzzeitbetrieb <30% kWel (max. 5 Minuten nur im Netzersatzbetrieb)

Ein Kurzzeitbetrieb von max. 5 Minuten ist beim Hochfahren des BHKW-Moduls (Stufe 1) möglich. Eine Betriebszeit darüber hinaus ist grundsätzlich nicht zulässig.

6 Aufstellung bei erhöhten Schallanforderungen

Der Aufstellungsort ist generell so zu wählen, dass so wenig wie möglich Schallbrücken (Fenster, Türen, dünne Trennwände...) zu den zu bewertenden Immissionsorten bestehen.

Der Aufstellungsraum ist entsprechend den Anforderungen auszuwählen und nach Bedarf mit Schalldämmvorrichtungen auszustatten. Den Restschalldruckpegel des BHKW können Sie dem jeweiligen Projekt bezogenen Datenblatt entnehmen.

Bei Aufstellungsorten mit erhöhten Schallanforderungen, muss das BHKW auf einem zum Gebäude entkoppelten Fundament aufgestellt werden. Der Fundamentblock dieses Fundamentes wird gegenüber dem Baugrund bzw. einer Fundamentwanne entkoppelt errichtet. Somit werden Übertragungen von Schall- und Schwingungen auf das Gebäude reduziert.

Die Schwingungs- und Körperschallentkopplung gilt ebenfalls für alle Medienanschlüsse des BHKW. Für Heizkreis-, Gas-, Abgas- und Lüftungsanschlüsse sind den örtlichen Anforderungen entsprechende Entkopplungsübergänge einzusetzen. Die optional erhältlichen Flex-Anschlussverbindungen dienen primär der Schwingungsentkopplung für das BHKW, spezielle Schalldämpfungen sind nach den örtlichen Bedingungen bauseitig zu realisieren.