

Betriebsanleitung

Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Otto-Gasmotoren

EG-40 bis EG-530

BG-70 bis BG-530

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	5
2	Allgemeine Sicherheitshinweise	5
3	Sicherheitshinweise im BHKW-Aufstellraum	6
3.1	Sicherheitshinweise bei Arbeiten am BHKW	7
3.2	Sicherheitsprüfungen von Gasgeräten und Gasanlagen	8
4	Normen, Vorschriften und Richtlinien	9
5	Angaben zum BHKW	11
5.1	Lieferumfang	11
5.2	Bestimmungsgemäße Verwendung	11
5.3	EG-Konformitätserklärung	11
5.4	BHKW-Typenschild	11
5.5	Technische Daten	12
5.6	Leistungsminderung in Abhängigkeit von Ansaugtemperatur und Aufstellhöhe ..	12
5.7	Werkprüfung und Werksinbetriebnahme	14
5.8	Konservierung des Motors	14
6	Aufbau des BHKW	15
6.1	Allgemeines	15
6.2	Funktionsbeschreibung des BHKW	15
6.3	R&I-Fließschema	17
6.4	Motor-Generator-Einheit (MGE)	19
6.4.1	Otto-Gasmotor	19
6.4.2	Synchron-Generator	19
6.5	Schmierölsystem (SOS)	20
6.6	Brennstoff-Gemisch-System (BGS)	21
6.6.1	Brennstoff	21
6.6.2	Verbrennungsluft	22
6.7	Abgassystem (AGS)	22
6.7.1	AGS (außer EG-50 BW / EGC (50))	23
6.7.2	AGS für EG-50 BW / EGC (50)	23
6.7.3	Abgaswärmeübertrager (AWU)	24
6.7.4	Abgasnachbehandlung	25
6.7.5	Anforderungen an die Abgasbeschaffenheit für Katalysatoren	28
6.7.6	Schalldämpfer	29
6.7.7	Kondensatablauf	30
6.8	Motorkühlkreis (MKK)	32
6.9	Wärmeauskopplung (WAK)	32
6.10	Gemischkühlkreise (GKK)	33
6.11	Kühler	33
6.12	Membran-Druckausdehnungsgefäße	34
6.13	Lüftungsanlage	35
6.13.1	Lüftungsanlage (außer EG-50 BW / EGC (50))	35
6.13.2	Lüftungsanlage für EG-50 BW / EGC (50)	37
6.14	Schalldämmverkleidung	38
7	Modulsteuerung (MST)	39
7.1	Grafik-Display mit Visualisierung	43
7.2	Benutzer-Login	45

7.3	Motordaten, Messwerte und elektrische Werte	47
7.4	R&I-Schema	48
7.5	Handbedienung	49
7.6	Alarmsystem	50
7.7	Filterlüfter und Austrittsfilter	51
7.8	Motor Frostschutz	51
8	Stromnetzanschluss	53
9	Sicherheitseinrichtungen	56
9.1	Hauptschalter (s.a. Kapitel - Modulsteuerung (MST)).....	56
9.2	Not-Halt-Piltaster (s.a. Kapitel - Modulsteuerung (MST))	57
9.3	Temperaturüberwachung.....	57
9.4	Drucküberwachung	57
9.5	Sicherheits-Gasdruckregelstrecke	57
9.6	Ölniveau-Überwachung für Motorölwanne	58
10	Einbringung und Aufstellung von BHKW mit Schalldämmverkleidung	59
10.1	Sicherheitshinweise	59
10.2	Abladung vom LKW.....	60
	10.2.1 Abladung und Transport (außer EG-50 BW / EGC (50))	60
	10.2.2 Abladung und Transport für EG-50 BW / EGC (50).....	61
10.3	Einbringung des BHKW	62
	10.3.1 Einbringung (außer EG-50 BW / EGC (50))	62
	10.3.2 Einbringung für EG-50 BW / EGC (50).....	64
10.4	Positionierung und Aufstellung (außer EG-50 BW / EGC (50)).....	64
10.5	Positionierung und Aufstellung für EG-50 BW / EGC (50).....	65
10.6	Aufstellung bei erhöhten Schallanforderungen	66
11	Installation, Inbetriebnahme und Betrieb des BHKW.....	67
11.1	Qualifizierung des Personals	67
11.2	Installation und Betrieb	67
11.3	Betriebsbereitschaft	68
	11.3.1 Brennstoffversorgung	68
	11.3.2 Schmierölstand im Motor	68
	11.3.3 Motortemperatur	68
	11.3.4 Kühlflüssigkeitsstand	68
	11.3.5 Füll- und Ergänzungswasser in Kühl- und Heizkreisen	68
	11.3.6 Starterbatterien	69
	11.3.7 Stillstandmaßnahmen.....	69
11.4	Weitere wichtige Hinweise.....	69
11.5	Werkzeuge, Materialien und Hilfsmittel	69
11.6	Betriebsstoffe	69
11.7	Entsorgung.....	69
11.8	Motor-Schmierölentsorgung	69
11.9	Änderungen sind nicht zulässig	70
11.10	Inbetriebnahme-Vorbereitung	70
	11.10.1 Otto-Gasmotor.....	70
	11.10.2 Schmierölversorgung	70
	11.10.3 Brennstoffversorgung	70
	11.10.4 Wärmeauskopplung und betreiberseitiges Heizwassersystem	70

11.10.5	Generator.....	71
11.10.6	Modulsteuerung	71
11.10.7	Fehlermeldungen Modulsteuerung.....	71
11.11	Bedienung.....	76
11.11.1	Betriebswahlschalter (s.a. Kapitel - Modulsteuerung (MST))	76
11.11.2	Not-Halt	76
11.11.3	Startverriegelung	76
11.11.4	Gefahr durch Fehlbedienung.....	76
12	Verhalten bei Störfällen	78
12.1	Gasgeruch / Gasundichtheit	78
12.2	Schmierölundichtheit	78
12.3	Undichtheit der Motorkühlflüssigkeit	78
12.4	Undichtheit der Wärmeauskopplung	78
12.5	Undichtheit des Abgassystems.....	79
12.6	Brandfall.....	79
13	Wartung und Instandhaltung	79
13.1	Ölwechsel.....	79
13.2	Grenzwerte bei Gebrauchtölen und Bewertung von Ölanalysen	80
13.3	Maßnahmen bei Stillstandzeiten von BHKW und Motoren	81
13.3.1	Stillstandzeiten.....	81
13.3.2	Konservierung.....	81
13.3.3	Umölen.....	81
13.4	Zündkerzen	82
13.5	Luftfilter	82
13.6	Ventilspiel	82
13.7	Akkumulatoren	82
13.8	Kühlflüssigkeitsdruck	82
13.9	Abgaswärmeübertrager (AWU).....	82
13.9.1	AWU (außer EG-50 BW / EGC (50))	82
13.9.2	AWU für EG-50 BW / EGC (50).....	83
13.10	Katalysatoren.....	83
13.11	Überprüfung von elektrischen Schraubverbindungen	84
13.12	Handlungen vor dem Verlassen des BHKW.....	86
14	Kundendienst	86
15	Abkürzungsverzeichnis.....	87
16	Abbildungsverzeichnis	88

1 Vorbemerkungen

Diese Betriebsanleitung wurde erstellt, um dem zukünftigen Anlagenbetreiber die Installation, die Bedienung, Wartung und Instandhaltung des Blockheizkraftwerkes (BHKW) zu ermöglichen. Nur mit Kenntnis der hier enthaltenen Informationen können Fehler bei der Bedienung vermieden und ein störungsfreier Betrieb gewährleistet werden. Die Betriebsanleitung muss vor der Inbetriebnahme des BHKW vom Anlagenbetreiber gelesen werden, da für Schäden und Betriebsstörungen, die sich aus Nichtbeachtung der hier enthaltenen Informationen ergeben, keine Haftung übernommen wird. Sollten Unklarheiten oder Unstimmigkeiten in dieser Dokumentation auftreten, sind diese unverzüglich mit dem BHKW-Hersteller zu klären.

Diese Betriebsanleitung soll keine bestehenden Vereinbarungen oder Rechtsverhältnisse abändern. Sämtliche Verpflichtungen ergeben sich aus dem Kaufvertrag, der auch die gültige Gewährleistungsregelung enthält. Das Urheberrecht an dieser Betriebsanleitung verbleibt beim BHKW-Hersteller. Die enthaltenen Vorschriften, Zeichnungen und Informationen dürfen weder teilweise noch vollständig vervielfältigt werden, verbreitet oder zu Zwecken des Wettbewerbs unbefugt verwertet oder Anderen mitgeteilt werden.

Ein Exemplar dieser Betriebsanleitung ist stets in der Nähe des BHKW aufzubewahren, um vor Ort schnell auf wichtige Informationen zugreifen zu können.

2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Das BHKW ist nach dem neuesten Stand der Technik gebaut und betriebssicher ausgeführt. Es können vom BHKW jedoch Gefahren ausgehen, wenn es nicht von Fachpersonal betrieben wird. Der Anlagenbetreiber hat dafür zu sorgen, dass nur eingewiesene und qualifizierte Personen den BHKW-Aufstellraum betreten und das BHKW bedienen. Das BHKW darf nur im einwandfreien Zustand betrieben werden.

Arbeitsweisen, die die Sicherheit des BHKW beeinflussen, sind zu unterlassen. Der Anlagenbetreiber hat die Pflicht, das BHKW in regelmäßigen Abständen, gemäß Wartungsplan, auf sichtbare erkennbare Schäden und Mängel zu prüfen. Festgestellte Mängel sind sofort eigenmächtige Umbauten und Veränderungen, die die Sicherheit und Funktion des BHKW beeinflussen, sind nicht gestattet. Es dürfen keine Arbeiten am BHKW ausgeführt werden, solange das BHKW in Funktionsbereitschaft steht und nicht gegen unbeabsichtigten Anlauf gesichert ist. Die Abgasanlage darf keine Undichtheiten aufweisen. Bei Abgasgeruch muss sofort der Betriebswahlschalter in Stellung 0 (Hand-Stop) gestellt und die Ursache gesucht und behoben werden. Es besteht Vergiftungs- und Verbrennungsgefahr. Altöle und Frostschutzmittel sind ordnungsgemäß zu entsorgen, sie dürfen nicht ins Erdreich oder in die Kanalisation gelangen.

Es dürfen am BHKW keine Veränderungen vorgenommen werden, die das bestimmte Emissionsverhalten verändern (z.B. Schallwerte, Abgasparameter). Werden dennoch Veränderungen vorgenommen, entfallen Gewährleistungsansprüche.



Lebensgefahr / Explosionsgefahr

Lebensgefahr / Explosionsgefahr durch eine mögliche explosive Atmosphäre in der Umgebung des BHKW durch Gasaustritt.

Falls in der Umgebung des BHKW ein stechender Geruch wahrgenommen wird, ist odoriertes Erdgas in die Umgebungsluft des BHKW gelangt. Bei Sondergas-BHKW (Biogas, Klärgas, Deponiegas) muss ein Gassensor installiert werden, da diese Gase nach Filterung fast geruchslos sind.

- Kein offenes Feuer! Kein Feuerzeug! Nicht Rauchen!
- Funkenbildung vermeiden! Keine elektrischen Schalter betätigen, nicht telefonieren, nicht klingeln!
- Bei hörbarem Ausströmen von Gas, sofortiges Verlassen der BHKW-Anlage!

- Schließen der Gashauptabsperreinrichtung!
- Öffnen von Fenster und Türen!
- Warnen von Personen im Gefahrenbereich!
- Verlassen der BHKW-Anlage und Verhinderung des Betretens durch Dritte!
- Rufen der Feuerwehr außerhalb der BHKW-Anlage im Freien!
- Das Gasversorgungsunternehmen informieren!

Hinweise:

- Wartungsarbeiten an den Gasleitungen dürfen nur durch qualifiziertes Personal durchgeführt werden.
- Bei Sondergas-BHKW muss eine Gaswarneinrichtung (GWE) vorhanden sein. Falls diese nicht vorhanden ist, muss eine GWE installiert werden.
- Bei Erdgas-BHKW wird eine Gaswarneinrichtung empfohlen.



Lebensgefahr / Brandgefahr

Lebensgefahr / Brandgefahr durch feuergefährliche Stoffe wie austretendes Gas, entzündliche Materialien oder Flüssigkeiten.

Kein offenes Feuer im BHKW-Aufstellraum! Verhalten im Brandfall:

- Ruhe bewahren.
- Wenn möglich, Gashauptabsperreinrichtung schließen.
- Personen im Gefahrenbereich warnen!
- Verlassen des Gebäudes und Verhinderung des Betretens durch Dritte.
- Rufen der Feuerwehr außerhalb des Gebäudes!
- Unterstützung bei Eintreffen der Feuerwehr durch Zeigen der Zugänge zum Gebäude.
- Löschversuche nur dann, wenn keine Eigengefahr besteht!



Lebensgefahr / Zutrittsverbot für Personen mit Herzschrittmacher!



Achtung beim Öffnen der Schalldämmverkleidung bzw. Betreten des Containers bei laufendem BHKW!

3 Sicherheitshinweise im BHKW-Aufstellraum



Lebensgefahr

Lebensgefahr durch Vergiftung, z.B.:

- Undichtheiten im Abgassystem, dadurch Austritt von Kohlenstoffmonoxid (CO)
Bei Abgasgeruch bzw. Undichtheiten im Abgassystem muss sofort der Betriebswahlschalter in Stellung 0 (Hand-Stopp) gestellt werden.
- Unzureichende Be- und Entlüftung, dadurch erhöhte Konzentration von Kohlenstoffdioxid (CO₂)
Zu- und Abluftöffnungen dürfen nicht verkleinert oder verschlossen werden.
Die Lüftungsanlage muss im BHKW-Betrieb immer vollumfänglich funktionieren.



Lebensgefahr / Brandgefahr

Lebensgefahr / Brandgefahr durch entzündliche Materialien oder Flüssigkeiten.

- Offenes Feuer sowie offenes Licht und Rauchen verboten



Brandgefahr

- Zur direkten Brandbekämpfung sollte im BHKW-Aufstellraum ein Feuerlöscher installiert werden.



Informationen zum Frostschutz

Vermeidung von Frostschäden

- Der BHKW-Aufstellraum muss immer frostfrei sein. Auch bei Stillstand des BHKW.
- Die Lüftungsklappen müssen bei abgeschaltetem BHKW geschlossen sein.

3.1 Sicherheitshinweise bei Arbeiten am BHKW



Lebensgefahr / Explosionsgefahr

Lebensgefahr / Explosionsgefahr durch Explosion entzündlicher Gase.

- Der Gasanschluss darf nur von einem zugelassenen Fachbetrieb ausgeführt werden.
- Die Montage und Inbetriebnahme des BHKW darf nur durch einen autorisierte Fachbetrieb erfolgen.



Lebensgefahr

Lebensgefahr durch elektrische Spannung.

ACHTUNG! Auch bei ausgeschaltetem Hauptschalter stehen gekennzeichnete Anlagenteile in der Modulsteuerung (z.B. Schranklicht und Steckdose) weiter unter Spannung!

An den elektrischen Leitungen und Kontakten des BHKW liegt hohe Spannung an. Bei Berührung besteht Lebensgefahr!

- Schutzabdeckungen an elektrischen Geräten und Bauteilen dürfen nicht unbefugt entfernt werden. Nicht unter Spannung arbeiten!
- Offene und blanke Stellen an Kabeln sowie elektrische Kontakte dürfen nicht berührt werden.
- Wartungsarbeiten an elektrischen Teilen des BHKW dürfen nur von autorisierten Fachkräften durchgeführt werden.
- Öffnen des Schrankes der Modulsteuerung nur zu Wartungszwecken.



Gesundheitsgefahr / schwere Quetsch- oder Abrissverletzungen

Gesundheitsgefahr / schwere Quetsch- oder Abrissverletzungen durch selbstständigen Anlauf des BHKW. Die Modulsteuerung kann, je nach gewählter Betriebsweise, das BHKW automatisch ein- und ausschalten. Schnell rotierende Teile können sich unerwartet in Bewegung setzen und z.B. Finger, Haare oder Kleidung einziehen.

- Während des Betriebes darf nicht in den Innenraum des BHKW gefasst werden.
- Vor Beginn der Arbeiten am BHKW ist die Verriegelung des BHKW sicherzustellen.

- Nur zu Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten darf der Abbau der äußeren Verkleidung und der inneren Schutzverkleidung erfolgen.



Gesundheitsgefahr / Handverletzungen

Gesundheitsgefahr / Handverletzungen durch scharfe Kanten.

- Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten am BHKW sind geeignete Handschuhe zu tragen.
- Bei Arbeiten an Starter- und Steuerbatterien sind Schutzhandschuhe sowie ein Gesichtsschutz zu tragen, es besteht Verätzungsgefahr.



Gesundheitsgefahr / Verbrennungsgefahr

Gesundheitsgefahr / Verbrennungsgefahr durch sehr warme Bauteile, Betriebsstoffe, Kühlflüssigkeit und Heizwasser. Das BHKW erreicht sehr hohe Betriebstemperaturen. Beim Öffnen der Verkleidung während oder kurz nach dem BHKW-Betrieb, sind die Bauteile im Innenraum des BHKW noch sehr heiß. Das Berühren von diesen heißen Bauteilen kann zu schweren Verbrennungen führen.

- Das Anfassen von Bauteilen im BHKW-Innenraum und des gesamten BHKW-Abgassystems ist während des Betriebes nicht gestattet. Auch nach der BHKW-Abstellung, wenn noch hohe Oberflächentemperaturen an den Bauteilen vorhanden sind, ist ein Anfassen untersagt.
- Bevor Arbeiten am BHKW durchgeführt werden, sind die Temperaturen an den jeweiligen Bauteilen zu prüfen. Besteht noch Verbrennungsgefahr, dürfen Arbeiten an diesen Bauteilen nicht durchgeführt werden.



Gesundheitsgefahr / Gehörschäden

- Während der Sicherheits- und Kontrollrundgänge und bei Wartungs- und Reparaturarbeiten am BHKW ist geeigneter Gehörschutz zu tragen.



Gesundheitsgefahr / Augenverletzung

- Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten am BHKW ist immer eine geeignete Schutzbrille zu tragen.

3.2 Sicherheitsprüfungen von Gasgeräten und Gasanlagen

Zur Erhaltung der Betriebssicherheit ist es erforderlich, vor der Inbetriebnahme von Gasgeräten (z.B. Blockheizkraftwerke) und Gasanlagen eine Sicht-, Dicht- und Funktionskontrolle der gasführenden Anlagenteile (z.B. Gasleitungen, Armaturen) durchzuführen. Geeignete Prüfmittel sind schaubildende Mittel nach DIN EN 1429 oder Gasspürgeräte nach DVGW G 465-4. Diese Arbeiten dürfen nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden.

Kontroll- bzw. Überprüfungszeiträume von Sicherheitsprüfungen

Um einen störungsfreien Betrieb und die Betriebssicherheit zu gewährleisten, sind folgende Kontroll- bzw. Überprüfungszeiträume für die Überprüfungen auf Dichtheit und Funktion der Gasgeräte und Gasanlagen mindestens erforderlich:

- bei Brennstoff Erdgas 1x jährlich
- bei Brennstoff Biogas, Klärgas, Deponiegas 1x halbjährlich

Die Ergebnisse der Prüfungen sind zu dokumentieren.

4 Normen, Vorschriften und Richtlinien



Information!

Für den Betrieb des BHKW sind die jeweiligen landesspezifischen Normen, Vorschriften und Richtlinien zu beachten!

Die nachfolgenden Normen, Vorschriften und Richtlinien sind für Deutschland gültig.

- 2006/42/EG - EG-Maschinenrichtlinie
- 2014/30/EU - Elektromagnetische Verträglichkeit
- 2014/35/EU - EG-Niederspannungsrichtlinie
- 2014/68/EU - Druckgeräterichtlinie (DGRL)
- 2016/426/EG Verordnung über Gasverbrauchseinrichtungen
- EN 437 - Prüfgase - Prüfdrücke - Gerätekategorien
- DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) - Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- VDE-AR-N 4105:2018-11 – VDE Anwendungsregel - Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für den Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz
- VDE-AR-N 4110:2018-11 – VDE Anwendungsregel - Technische Regeln für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung)
- VDI 2035 Blatt 1 - Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen - Steinbildung und wasserseitige Korrosion
- DIN EN ISO 12100 - Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze
- DIN EN 294 – Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsabstände von Gefahrenstellen
- DIN ISO 3046-1 - Hubkolbenverbrennungsmotoren; Anforderungen; Normbezugsbedingungen und Angaben über Leistung, Kraftstoff und Schmierölverbrauch
- DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau
- DIN EN 13384 - Abgasanlagen - Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren
- DIN EN 12828 - Heizungssysteme in Gebäuden/Planung von Warmwasserheizungsanlagen
- DIN 4753 - Trinkwassererwärmer, Trinkwassererwärmungsanlagen und Speicher-Trinkwassererwärmer
- DIN 6280 - Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren
Teil 14: Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Hubkolben- Verbrennungsmotoren; Grundlagen, Anforderungen, Komponenten, Ausführung, Wartung
Teil 15: Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Hubkolben- Verbrennungsmotoren; Prüfungen
- DIN ISO 8528-1 Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren
Teil 1: Anwendung, Bemessungen und Ausführungen
- DIN 18380 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen
- DIN 45635 Geräuschemessung an Maschinen; Luftschallmessung, Hüllflächenverfahren
Teil 11: Verbrennungsmotoren
- DIN 51857 Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase - Berechnung von Brennwert, Heizwert, Dichte, relativer Dichte, Wobbeindex von Gasen und Gasmischen
- DIN EN 50 110-1(VDE 0105-1) Betrieb von elektrischen Anlagen
Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 50 110-2 (VDE 0105-2) Betrieb von elektrischen Anlagen
Teil 2: Nationale Anhänge
- DIN EN 61000 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

- DIN V 18160-1 Planung und Ausführung von Abgasanlagen
- DIN VDE 0100-100 Errichten von Niederspannungsanlagen
Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmung allgemeiner Merkmale, Begriffe
- DIN VDE 0105-100 Betrieb von elektrischen Anlagen
Teil 100: Allgemeine Festlegungen
- DIN EN 50178 (VDE 0160) Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln
- DIN EN 50156 (VDE 0116) Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen und zugehörige Einrichtungen, Teil 1: Bestimmungen für die Anwendungsplanung und Errichtung
- DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1) Drehende elektrische Maschinen
Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten
- DVGW G 260 Technische Regel - Arbeitsblatt, Gasbeschaffenheit
- DVGW G 262 Technische Regel - Arbeitsblatt, Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung
- DVGW G 600 - Technische Regel für Gasinstallationen (TRGI), in der aktuellen Fassung
- Sicherheitsregeln für Biogasanlagen, Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft, aktuelle Fassung
- GEG - Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG)
- TA Lärm - Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
- TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
- 4. BImSchV - Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
- 44. BImSchV - Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen
- FeuAnlV - Feuerungsverordnungen der Bundesländer
- DGUV Vorschrift 3 - Unfallverhütungsvorschrift für elektrische Anlagen und Betriebsmittel
- DWA-A251 Arbeitsblatt DWA-A 251: Kondensate aus Brennwertkesseln
- ElekBauV BY BE - Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen
- ProdSGBer Geräte- und Produktsicherheitsgesetz

5 Angaben zum BHKW

5.1 Lieferumfang

- Die Verpackungen sind bei der Anlieferung auf Unversehrtheit zu prüfen.
- Der Lieferumfang muss auf Vollständigkeit geprüft werden.
- Eventuelle Beanstandungen sind ausreichend zu dokumentieren und schriftlich an den BHKW-Hersteller zu senden.
- Verpackungen sind umweltgerecht zu entsorgen!

5.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

Das BHKW dient der Umwandlung von Brennstoffenergie in elektrische und thermische Energie nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung.

Brennstoff

Zulässiger Brennstoff ist Erdgas und Sondergas (Biogas, Klärgas und Deponiegas).

Es sind die Mindestanforderungen an die Gasqualität des Motoren-Herstellers einzuhalten.

Kühl- und Verbrennungsluft

Die Kühl- und Verbrennungsluft wird aus dem Freien (Außenluft) oder aus dem BHKW-Aufstellraum angesaugt. Die Luft muss fettfrei sein und frei von aggressiven Stoffen wie z.B. Halogenkohlenwasserstoffe, Chlor- und Fluorverbindungen.

Betrieb, Wartung und Instandhaltung

Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehören auch die Einhaltung der Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungsbedingungen. Es dürfen nur Originalersatzteile verwendet werden.

5.3 EG-Konformitätserklärung

Dieses Produkt entspricht in Konstruktion und Betriebsverhalten den europäischen Richtlinien sowie den ergänzenden nationalen Anforderungen. Mit der CE-Kennzeichnung wird die Konformität nachgewiesen.

Die Konformitätserklärung des BHKW ist in der Dokumentation enthalten. Bei der Installation und dem Betrieb müssen die anerkannten Regeln der Technik sowie europäische und landesspezifische Vorschriften und Normen beachtet werden. Dazu gehören unter anderem:

- Die örtlichen Baubestimmungen über die Aufstellbedingungen
- Die örtlichen Baubestimmungen über die Zu- und Ablufteinrichtungen sowie des Schornsteinanschlusses
- Die Bestimmungen für den elektrischen Anschluss an die Stromversorgung
- Die technischen Regeln des Gasversorgungsunternehmens über den Anschluss des BHKW an das örtliche Gasnetz
- Die örtlichen Vorschriften zur Entsorgung von Kondensat

5.4 BHKW-Typenschild

Das BHKW-Typenschild ist bei BHKW mit Schalldämmverkleidung an der Rückseite der Schalldämmverkleidung angebracht. Bei BHKW ohne Schalldämmverkleidung (z.B. im Container) befindet sich das Typenschild an der Modulsteuerung.

Dieses enthält folgende Angaben:

- Typenbezeichnung
- Seriennummer

- Baujahr
- Anlagenadresse
- Brennstoff
- Leistung elektrisch
- Leistung thermisch
- Energieeinsatz
- HK-Vorlauftemperatur 100%
- HK-Rücklauftemperatur max.
- Nenndruck (PN)
- Stromkennzahl
- Schaltschrank Nennspannung
- Nennfrequenz

www.		email:	
Typenbezeichnung: STANDARDISIERTES BHKW		Typ EG-140	
Seriennummer: 760107800078		Baujahr: 2021-04	
Anlagenadresse: DE-		Made in Germany	
CE			
Brennstoff	Erdgas		
Leistung elektrisch	142 kW		
Leistung thermisch	207 kW		
Energieeinsatz	392 kW		
HK-Vorlauftemperatur 100%	90,0 CEL		
HK-Rücklauftemperatur max.	70,0 CEL		
Nenndruck (PN)	6 PN		
Stromkennzahl	0,69		
Schaltschrank Nennspannung	400 V	Nennfrequenz	50 Hz
geprüft nach Maschinenrichtlinie			

Abbildung 1 - BHKW-Typenschild (Muster)

5.5 Technische Daten

Technische Daten wie z.B. Leistungsdaten, Energieeinsatz, Temperaturen, Nenndrücke und Nennspannung stehen auf dem projektspezifischen Datenblatt.

5.6 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.

Eine Leistungsreduzierung in Abhängigkeit der geodätischen Höhe wird im projektspezifischen Datenblatt ausgewiesen.

Leistungsminde rung bei Saugmotoren in Abhängigkeit von Ansaugtemperatur und Aufstellhöhe

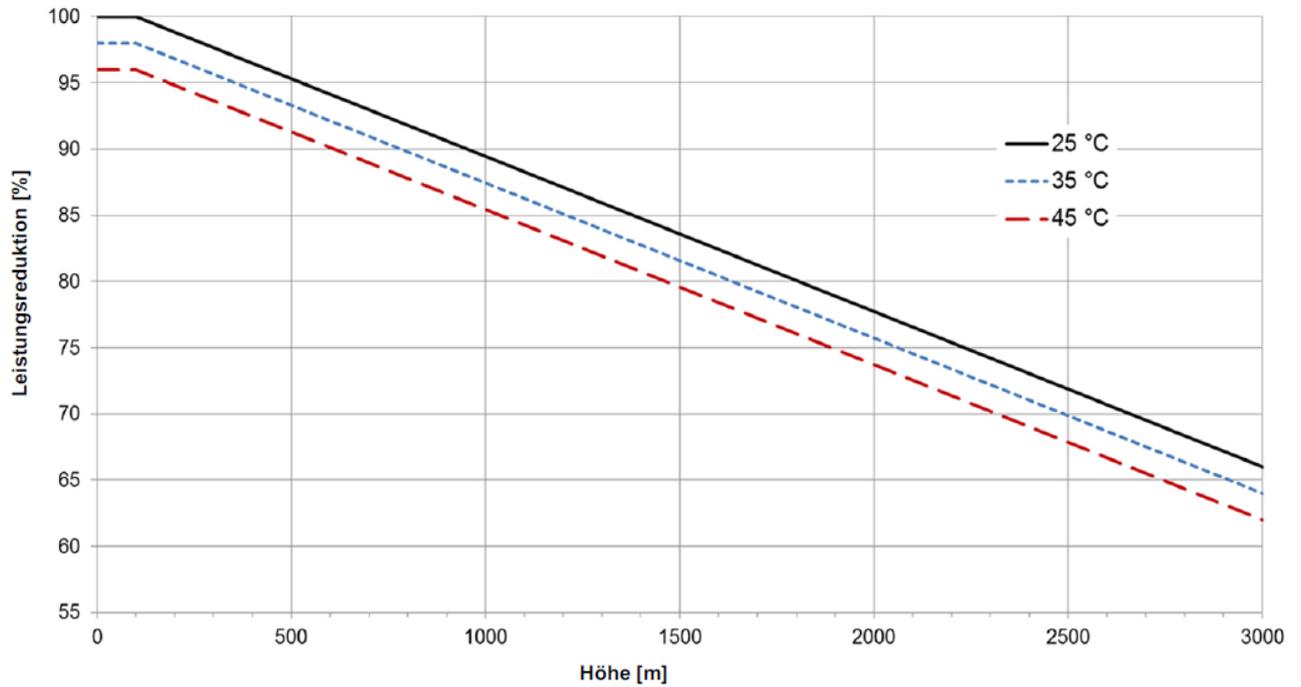


Abbildung 2 - Leistungsminde rung bei Saugmotoren ($\lambda = 1$)

Leistungsminde rung bei Turbomotoren in Abhängigkeit von Ansaugtemperatur und Aufstellhöhe

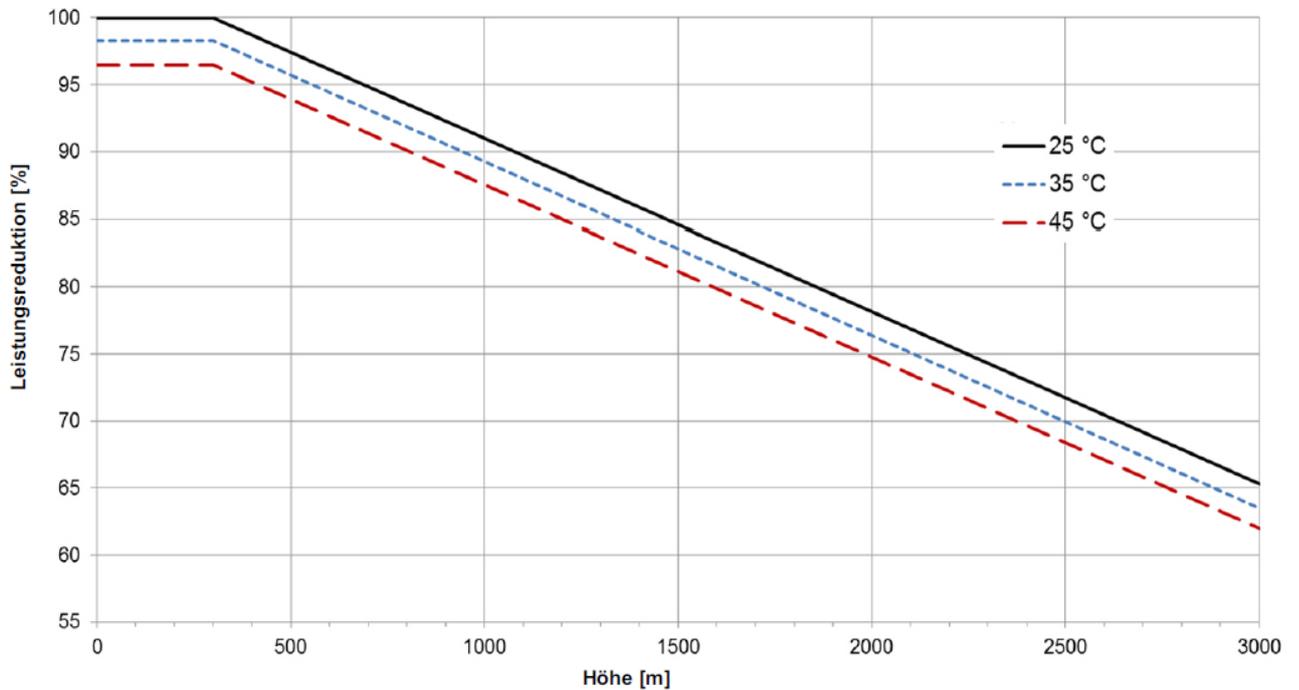


Abbildung 3 - Leistungsminde rung bei Turbomotoren ($\lambda > 1$)

5.7 Werksprüfung und Werksinbetriebnahme

Vor Auslieferung des BHKW erfolgt eine Werksprüfung und Werksinbetriebnahme. Nachfolgende Prüfungen und Einstellungen werden durchgeführt.

Werksprüfung

- Prüfung der Anschlüsse der Leistungskabel
- Konfiguration und Programmierung der Modulsteuerung
- Justierung des Ölniveausensors und Befüllung der Motorölwanne
- Funktionsprüfung der Starterbatterien oder USV und Netzstartgerät
- Prüfung der Not-Halt-Kette
- Einstellung der Sicherheitskette nach projektspezifischen Vorgaben
- Prüfung der Sicherheitskette
- Prüfung des Fernwartungszugangs
- Prüfung und Parametrierung der Feldgeräte (z.B. Pumpen, Ventilator, Dreiwegeventile, Ölventile, Gasventile)
- Prüfung der Sensoren
- Parametrierung der Drosselklappe, Gasmischer und Zündanlage
- Parametrierung des Generatorschalters
- Parametrierung des Netzschutzrelais

Werksinbetriebnahme

- Prüfung der Drehzahlsensoren
- Prüfung des Startverhaltens
- Prüfung der Generatorspannungen und des Spannungsreglers
- Einstellung des Gasvordruckreglers
- Funktionsprüfung der Sicherheitseinrichtungen
- Prüfung des Synchronisierungsverhaltens
- Parametrierung der Drehzahl- und Leistungskurven
- Prüfung der Außenleiterströme
- Prüfung des Blindleistungsverhaltens
- Prüfung der Abgaswerte (NO_x, CO)

5.8 Konservierung des Motors

Nach der Werksinbetriebnahme und Leistungsfahrt erfolgt eine Konservierung des Motors.

Mit dieser Konservierung ist eine Stillstandzeit des BHKW bis maximal 6 Monaten in trockener Umgebung möglich.

Im Kapitel Wartung und Instandhaltung sind erforderliche Maßnahmen bei Stillstandzeiten beschrieben. Diese sind zu beachten.

6 Aufbau des BHKW

6.1 Allgemeines

Das BHKW dient der Erzeugung einer Spannung von 400 V AC, 50 Hz und Heizwärme (z.B. 90/70°C) und ist als stationäres Aggregat auf einem verwindungssteifen, geschweißten Rahmen aufgebaut und vibrationsarm gelagert. Der Modulrahmen (für Schalldämmverkleidung) und der Grundrahmen (ohne Schalldämmverkleidung) sind ausgeführt als Stahlkonstruktion zur Aufnahme der Gasmotor-Generator-Einheit. Der Modulrahmen ist außerdem für die Aufnahme der Wärmeübertrager für Motorkühlflüssigkeit und Abgas konstruiert. Bei Grundrahmen (z.B. im Container) sind diese Wärmeübertrager separat aufgestellt. Die Anschlüsse der Wärmeauskopplung, des Abgases, der Brennstoffzufuhr, der Zu- und Abluft sowie der Kondensatableitung sind am BHKW schwingungsentkoppelt ausgeführt. Die Strahlungsverluste des Motors, des Abgassystems und der Kühlflüssigkeitsleitungen werden durch ein integriertes Ventilationssystem abgeführt. Das BHKW ist mit entsprechenden Einrichtungen für den schadstoffarmen abgasseitigen Betrieb gemäß den geltenden Vorschriften ausgerüstet. Die Rohrleitungen der Wärmeauskopplung sind wärme gedämmt ausgeführt.

6.2 Funktionsbeschreibung des BHKW

Der Gasmotor treibt direkt den Generator an. Der Generator erzeugt Strom, der z.B. in die bauseitige Niederspannungshauptverteilung eingespeist wird. Überschüssiger Strom kann in das Netz der öffentlichen Versorgung (NdöV) abgegeben werden. Der Gasmotor gibt Wärme ab, die im inneren Kühlkreislauf aus der Motorkühlflüssigkeit und dem Abgas aufgenommen und über Wärmeübertrager an die Wärmeauskopplung abgegeben werden. Dieses System der Energieumwandlung und Energienutzung heißt Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), weil gleichzeitig die vom Generator erzeugte elektrische Energie (Kraft) und die beim Antrieb des Generators durch den Gasmotor freiwerdende thermische Energie (Wärme) genutzt werden.

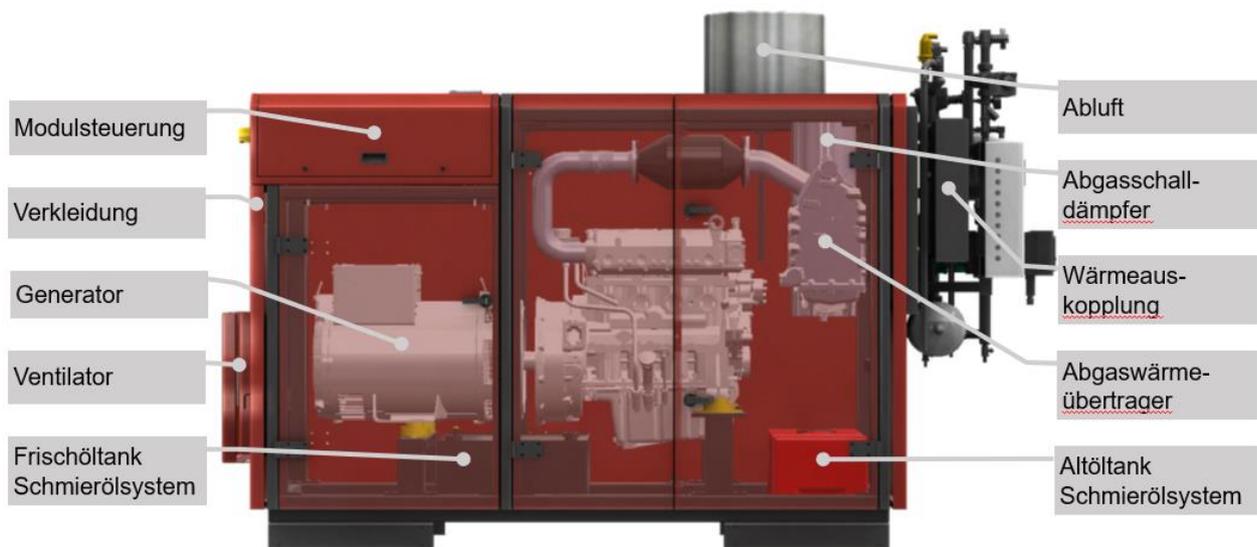


Abbildung 4 - wichtige Bauteile eines BHKW EG-50 BW / EGC (50)

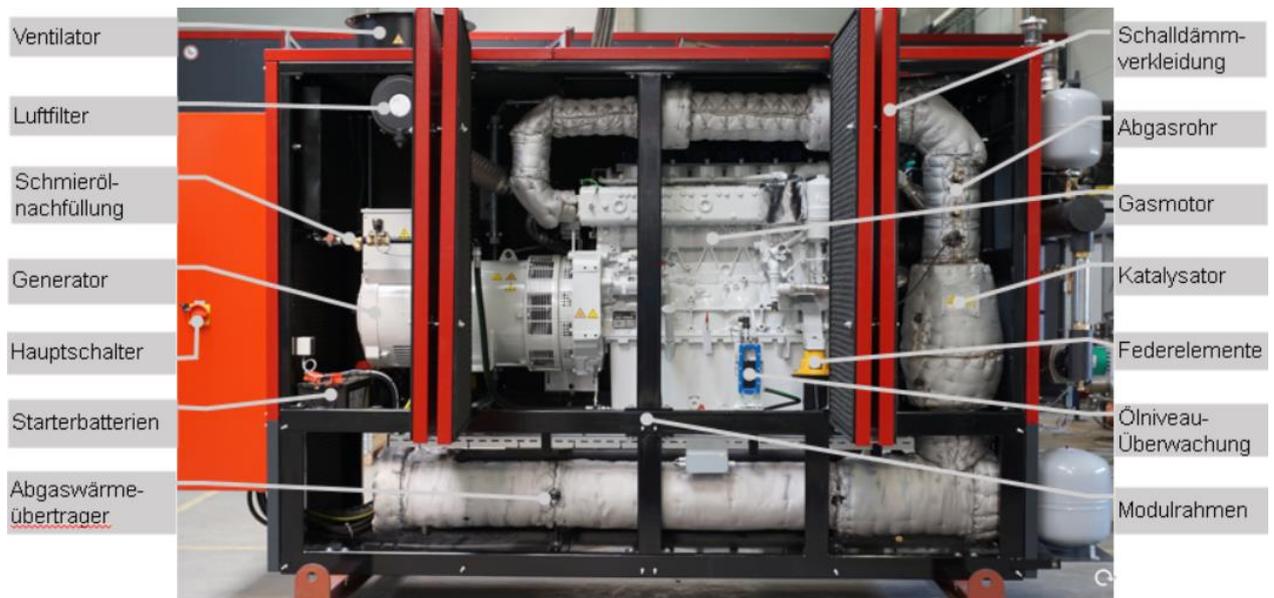


Abbildung 5 - wichtige Bauteile eines BHKW (rechte Seite), außer EG-50 BW / EGC (50)

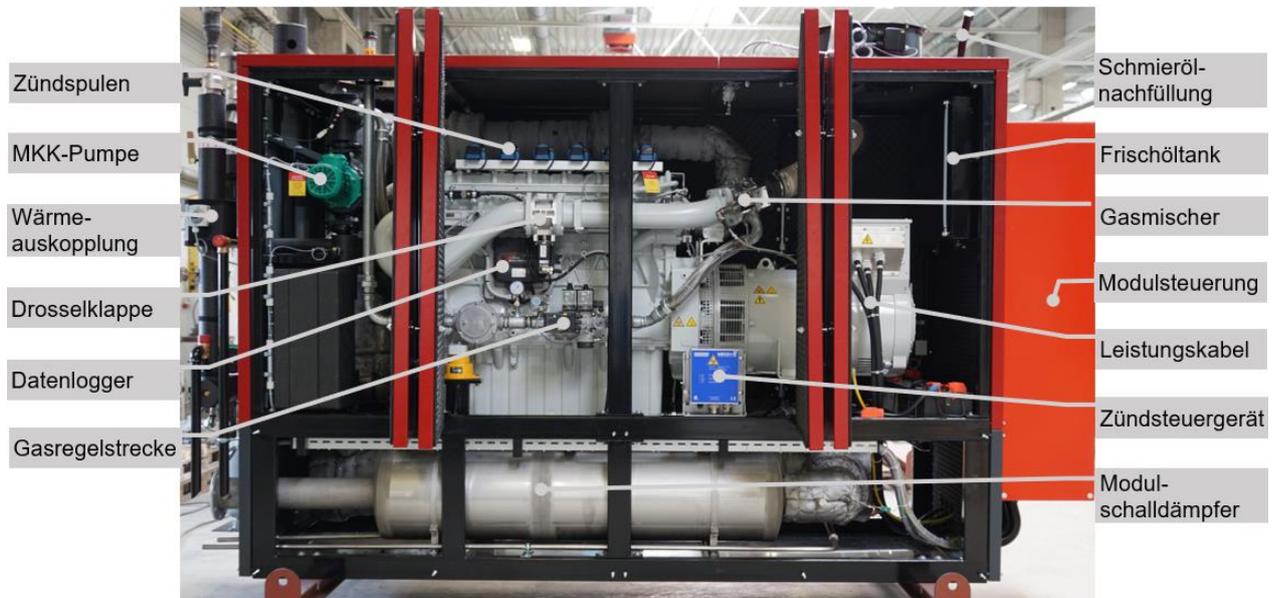


Abbildung 6 - wichtige Bauteile eines BHKW (linke Seite), außer EG-50 BW / EGC (50)



Abbildung 7 - zusätzliche Bauteile einer BHKW-Containeranlage

6.3 R&I-Fließschema

Von jedem BHKW gibt es ein R&I-Fließschema. In diesem sind alle für den Betrieb des BHKW erforderlichen Bauteile und zusätzliche projektspezifische Bauteile symbolisch dargestellt.

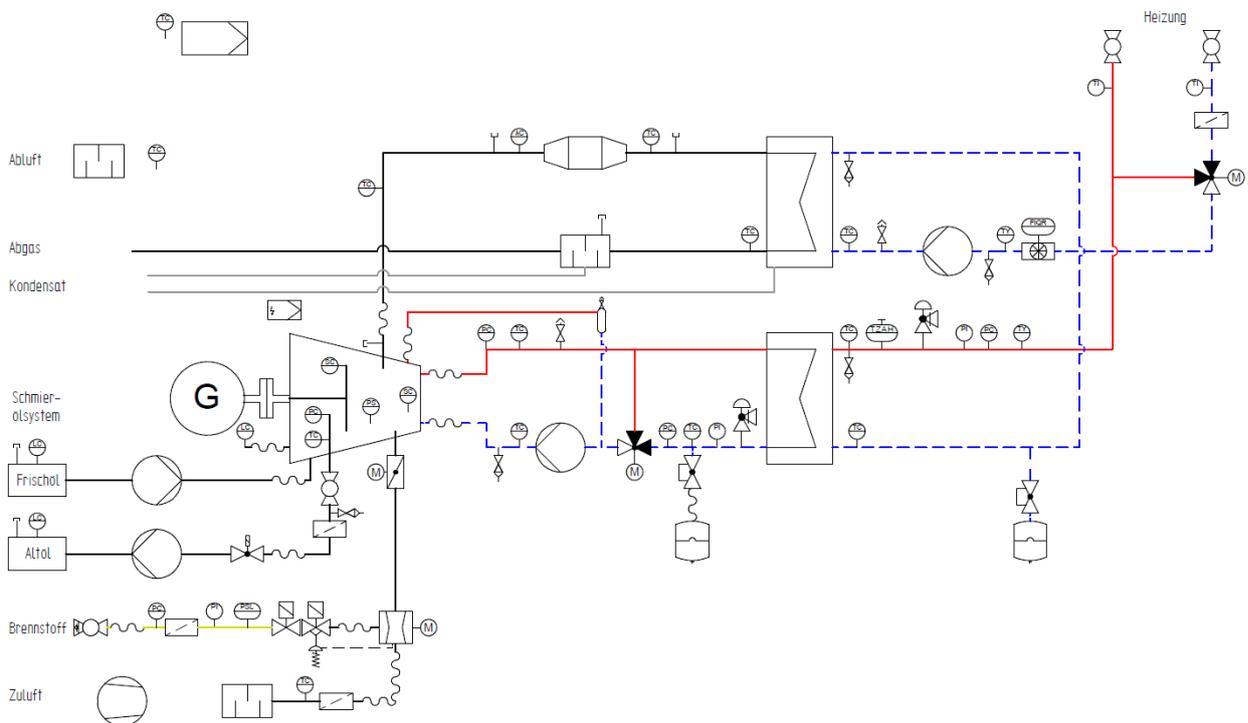


Abbildung 8 - Beispiel R&I-Schema Erdgas-BHKW EG-50 BW / EGC (50)

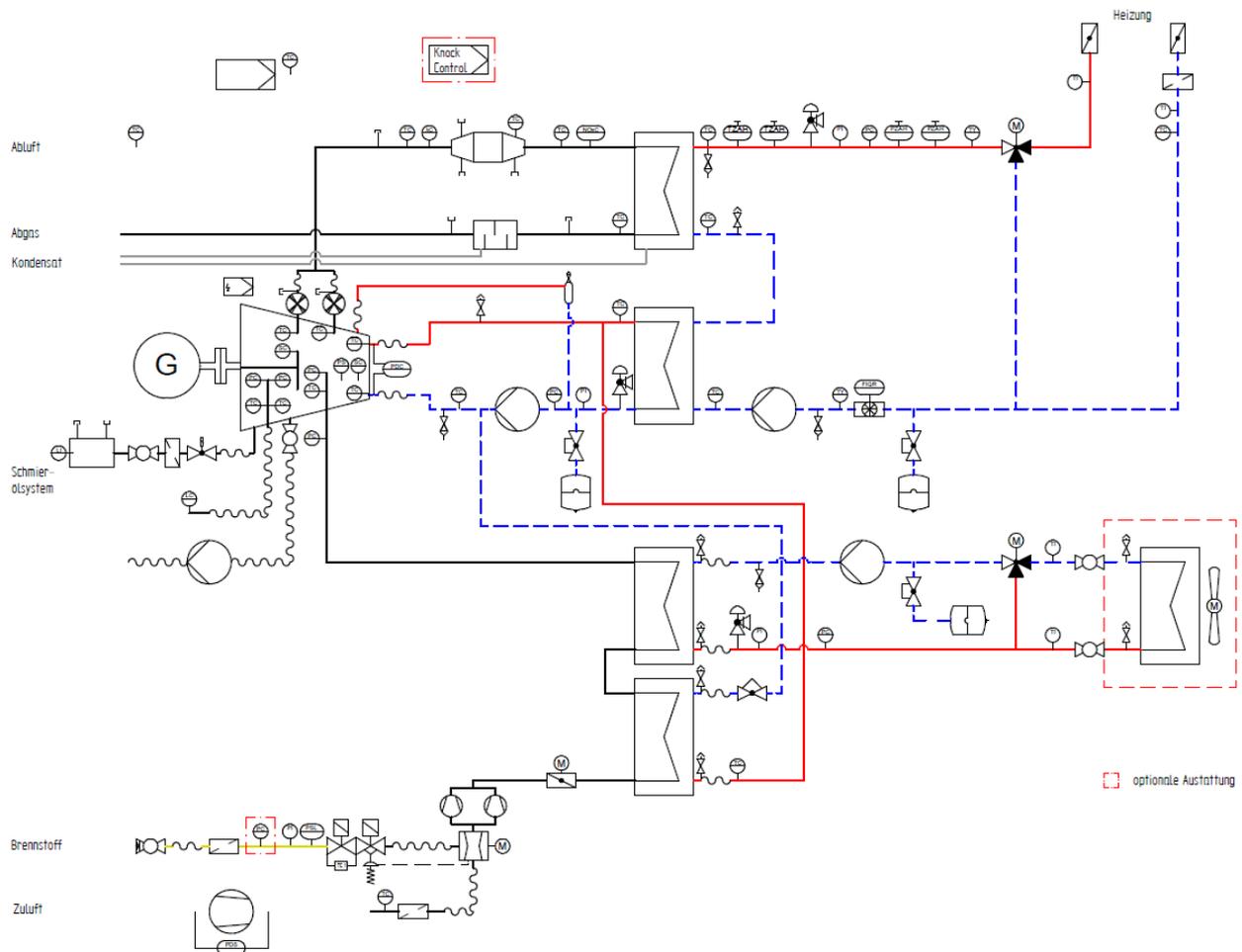


Abbildung 9 - Beispiel R&I-Schema Erdgas-BHKW mit Turbolader und zweistufiger Gemischkühlung

Symbol	Bezeichnung	Symbol	Bezeichnung	Symbol	Bezeichnung	Symbol	Bezeichnung
	DDC - Regler		Kugelhahn		Schalldämpfer		Differenzdruckschalter
	Wärmeübertrager mit Lüfter		Kugelhahn mit thermischer Sicherung		Katalysator		Sicherheitstemperaturbegrenzer max.
	Wärmeübertrager		Absperrklappe mit Motorantrieb		Generator		Sicherheitsdruckbegrenzer max.
	Temperatursensor		Absperrklappe		Motor		Differenzdrucksensor
	Wärmezähler		Entleerung		Luftfilter		Stutzen R (Rohrgewinde aussen mit Kappe)
	Temperatursensor für Wärmezähler		Entlüftung		Verdichter		Stutzen Rp (Rohrgewinde innen mit Stopfen)
	Manometer		Pumpe		Kupplung		Druckschalter
	Thermometer		Schmutzfangner		Doppelmagnetventil mit Dichtheitskontrolle und Druckregler		NOx - Sensor
	Lambdasensor		Volumenstrombegrenzer		Leitung flexibel		Vorlauf
	Füllstandsanzeige		Membran Sicherheitsventil		Zündsteuerung (Zündanlage)		Gasleitung
	Füllstandssensor		Dreiwegeventil (Mischventil) mit Antrieb ohne Sicherheitsfunktion		Gasmischer		
	Drehzahlsensor		Ausdehnungsgefäß		Luftabscheider mit Topf		
	Drucksensor		Kappenventil		Turbine		
	Druckwächter min.		Magnetventil		Rücklauf		

Abbildung 10 - Beispiel R&I-Schema Symbole und Bezeichnungen

6.4 Motor-Generator-Einheit (MGE)

6.4.1 Otto-Gasmotor

Im BHKW kommt ein Otto-Gasmotor zum Einsatz.

Lieferumfang von Motoren ohne Turbolader ($\lambda = 1$):

- Viertakt-Otto-Gasmotor geeignet für den Dauerbetrieb (COP-Betrieb) in BHKW-Anlagen
- 4 und 6 Zylinder in Reihe sowie 8 und 12 Zylinder in 90° V-Bauweise
- mit Druckumlaufschmierung
- wassergekühlter Motor und wassergekühltes Abgasrohr
- automatische Ölnachfülleinrichtung,
- Kurbelraumventilation mit Ölabscheider und Anschluss an die Verbrennungsluft
- Motorkühlung mit geschlossenem Kreislauf, Pumpe mit Drehstrommotor, Sicherheitsventil, Ausdehnungsgefäß,
- Luftansaugung über Trockenluftfilter
- Schubtriebanlasser 24 V
- kontaktlose elektronische Hochleistungs-Kondensatorzündanlage mit ruhender Niederspannungsverteilung, je eine Zündspule pro Zylinder
- Gasmischer, Drosselklappe zur Leistungs- und Drehzahlregulierung,
- Stellglied für Drehzahl- und Leistungsregelung

Lieferumfang von Motoren mit Turbolader und Gemischkühler:

- Viertakt-Otto-Gasmotor geeignet für den Dauerbetrieb (COP-Betrieb) in BHKW-Anlagen
- 4 und 6 Zylinder in Reihe sowie 8 und 12 Zylinder in 90° V-Bauweise
- mit Druckumlaufschmierung
- Abgasturbolader mit druckölgeschmierten Lagern und wassergekühltem Lagerstuhl oder Turbinengehäuse
- zweistufiger Gemischkühler
- wassergekühlter Motor und wassergekühltes Abgasrohr (nur 4 Zylinder)
- automatische Ölnachfülleinrichtung
- Kurbelraumventilation mit Ölabscheider und Anschluss an die Verbrennungsluft,
- Motorkühlung mit geschlossenem Kreislauf, Pumpe mit Drehstrommotor, Sicherheitsventil, Ausdehnungsgefäß
- Luftansaugung über Trockenluftfilter
- Schubtriebanlasser 24 V
- kontaktlose elektronische Hochleistungs-Kondensatorzündanlage mit ruhender Niederspannungsverteilung, je eine Zündspule pro Zylinder
- Gasmischer, Drosselklappe zur Leistungs- und Drehzahlregulierung
- Stellglied für Drehzahl- und Leistungsregelung

Die separate Betriebsanleitung für Industrie-Gasmotoren ist zu beachten! Diese ist Bestandteil der Dokumentation.

6.4.2 Synchron-Generator

Der Generator besteht aus dem Hauptgenerator als Innenpolmaschine, einem Erregergenerator als Außenpolmaschine und einem Spannungsregler, dessen Spannungsversorgung über eine Hilfswicklung vorgenommen wird. Über den Spannungsregler erfolgt die leistungsmäßige Versorgung des Erregerstators. Die im Erregergenerator induzierte dreiphasige Wechselspannung wird über die rotierende Diodenscheibe gleichgerichtet und dem Polrad des Generators zugeführt.

Die Regelung des Verschiebungsfaktors $\cos \phi$ bzw. der Blindleistung Q erfolgt durch die Modulsteuerung. Durch Änderung des Erregerstromes über das Thyristorstellglied im Spannungsregler, kann der Verschiebungsfaktor entsprechend der externen Vorgabe angepasst werden.

Die Stromerzeugung erfolgt bei den BHKW über Synchron-Generatoren, die im Netzparallelbetrieb eine Synchronisierungseinrichtung benötigen. Sie bieten auch die Möglichkeit des Netzersatzbetriebes, da durch Regler die Spannung und die Frequenz konstant gehalten werden können.

Dreiphasen-Synchrongeneratoren sind Drehfeldmaschinen, bei denen das Drehfeld von einem gleichstromerregten Polsystem und einer drehstromerregten Wicklung aufgebaut wird. Der Ständer ist mit dreisträngigen Wicklungen ausgestattet und der Läufer bildet das Polsystem (Innenpolmaschine). Dem Polsystem muss also nur die Leistung entsprechend den Erregerverlusten zugeführt werden. Die wesentlich größere Ankerleistung kann über feste Verbindungen zwischen Netz und Ständerwicklung ausgetauscht werden. Der Synchrongenerator verfügt über einen elektronischen Regler, sowie einen Statikwandler und $\cos \phi$ - Regler für Netzparallelbetrieb. Gestartet werden BHKW mit Synchron-Generatoren über batteriegespeiste Anlasser oder Netzstartgeräte.

Die separate Bedienungs- und Wartungsanleitung für Drehstrom Synchrongeneratoren ist zu beachten! Diese ist Bestandteil der Dokumentation.

6.5 Schmierölsystem (SOS)

Schmierölsorten

Zu verwenden sind nur die vom Motoren-Hersteller freigegebenen Schmieröle.

Diese Schmieröle sind in den Freigabelisten des Motorenherstellers aufgeführt.

Es sind immer die aktuellen Listen bei der Auswahl des Schmieröls zu verwenden.

Das Mischen von Motorenölen ist grundsätzlich nicht zulässig!

Frischöltank

Das Schmieröl, welches vom Motor zwischen den Wartungsintervallen verbraucht wird, ist in einem am BHKW montierten Frischöltank gelagert und wird entsprechend dem Ölniveau der Motorölwanne nachgefüllt.

Ölnachfüllung

Die Schmierölnachfüllung erfolgt automatisch durch die Modulsteuerung. In der Schmierölnachfüllleitung ist vor dem Motor ein Magnetventil oder eine Pumpe eingebaut. Bei Erreichen des eingestellten Nachfüllwertes über dem Min-Niveau der Motorölwanne, wird das Magnetventil bzw. die Pumpe von der Modulsteuerung angesteuert und Schmieröl nachgefüllt. Wird der eingestellte Wert der Nachfüllgrenze bzw. max. Füllstandhöhe erreicht, wird die Schmierölnachfüllung beendet.

Ölniveau-Überwachung

Eine Ölniveau-Überwachung kontrolliert den Schmierölstand in der Motorölwanne und schaltet das BHKW bei Unter- bzw. Überschreiten der voreingestellten Werte ab.

Ölwechsel

Bei einem Ölwechsel wird das alte Schmieröl aus der Motorölwanne in einen externen oder optionalen internen Altöltank abgelassen. Die Befüllung mit frischem Schmieröl erfolgt über den Einfüllstutzen am Motor. Zudem ist der Frischöltank des BHKW nachzufüllen.

Öllagertanks

Zu den BHKW können optional zusätzliche Frischöl- oder Altöltanks aufgestellt werden. Mit diesen kann je nach den örtlichen Gegebenheiten die Schmierölversorgung und -entsorgung optimiert werden.

Um eine hohe Lebensdauer des Verbrennungsmotors zu erreichen, muss bei jeder Wartung eine

Ölanalyse durchgeführt werden. Um Abnutzungen und damit eventuelle Schäden zu erkennen und rechtzeitig beheben zu können.

Beim Umgang und bei der Lagerung von Frisch- und/oder Altölen sind die jeweils aktuellen Sicherheitsvorschriften und sonstige gesetzlichen Vorschriften zu beachten.

6.6 Brennstoff-Gemisch-System (BGS)

6.6.1 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 mit Brennstoffleistung bis 350 kW
- Doppelmagnetventil mit Dichtheitsüberwachung bei Erdgas-BHKW mit 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	Einheit	Bemerkungen
Methanzahl	MZ	> 80		Niedrigere Methanzahlen nach Rücksprache
Heizwert	H _{u,N}	> 5	kWh / Nm ³	
Chlorgehalt*	Cl	< 180	mg / Nm ³	Chlor liegt als flüchtige Verbindung vor
Fluorgehalt*	F	< 50	mg / Nm ³	Fluor liegt als flüchtige Verbindung vor
Gesamt - Chlor - Fluor*	Σ(Cl,F)	< 180	mg / Nm ³	
Staubgehalt < 5 µm*		< 10	mg / Nm ³	
Öldampf*		< 900	mg / Nm ³	In der Gemischstrecke darf keine Kondensation auftreten
Flüchtige organische Verbindungen*	VOC	< 70	mg / Nm ³	Ohne gesättigte Kohlenwasserstoffverbindungen
Siliziumgehalt 1)*	Si	< 2	mg / Nm ³	Bei höherer Siliziumkonzentration Rücksprache
Gesamtschwefelgehalt*	S	< 350	mg / Nm ³	Im Gesamtschwefel ist Schwefelwasserstoff mitenthalten
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	φ	< 60	%	In der Gemischstrecke darf keine Kondensation auftreten
Temperatur des Gasgemisches nach Gasmischer	TG	10 < T _G < 30	°C	
Wasserstoff 2)	H	< 2	Vol.-%	

Abbildung 11 - Mindestanforderungen an die Gasqualität ohne Abgasnachbehandlungssystem (AGN)

* 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.

6.6.2 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 < 135
Chlor (gesamt) Cl Fluor (gesamt) F oder Summe Chlor und Fluor	< 5,9 < 2,9 < 5,9
Ammoniak NH ₃	< 1,8
Öldämpfe > C ₅ < C ₁₀ Öldämpfe > C ₁₀	< 176 < 14,7
Silizium (organisch) Si	< 0,59

Abbildung 12 - obere Grenzwerte für schädliche Begleitgase in der Verbrennungsluft

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.

6.7 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 Vollast 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 5000 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.

6.7.1 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 des Abgaswärmeübertragers) 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).

6.7.2 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.

6.7.3 Abgaswärmeübertrager (AWU)

Im Abgaswärmeübertrager findet die Wärmerückführung aus dem Abgas statt. Der Abgasmassenstrom wird über einen Kühlflüssigkeitskreislauf geführt, der den Abgaswärmeübertrager durchströmt.

6.7.3.1 AWU (außer EG-50 BW / EGC (50))

Der Abgaswärmeübertrager dieser BHKW ist ein Rohrbündelwärmeübertrager und ist wasserseitig aus Stahl und abgasseitig aus Edelstahl hergestellt.

Das Abgas durchströmt diese Rohrbündel auf der Primärseite und gibt dabei seine Wärme an das Heizwasser der Wärmeauskopplung (Sekundärseite) ab. Die Abgasführung erfolgt durch die Rauchrohre. Die Führung der Kühlflüssigkeit (Wasser oder Wasser-Glykol-Gemisch) erfolgt um die Rohre herum.

Bei sauberen Wärmeübertragerflächen kühlen die Abgase unter die in den technischen Daten angegebene Abgasaustrittstemperatur ab. Dies kann zu einer verstärkten Kondensation von Abgasbestandteilen führen. Dieser Effekt kann auch beim Anfahren des BHKW bzw. im Teillastbetrieb des BHKW auftreten. Das anfallende Abgaskondensat ist aggressiv und kann auf Dauer die Bauteile des Abgaswärmeübertragers angreifen. Das anfallende Abgaskondensat muss direkt abgeführt werden und darf sich nicht im Abgaswärmeübertrager anstauen.

6.7.3.2 AWU für EG-50 BW / EGC (50)

Das BHKW besitzt einen Abgaswärmeübertrager aus Aluminiumguss und eine Aluminiumgusswanne, der auch im Brennwertbetrieb arbeiten kann. Im Brennwertbetrieb fallen bei einer Rücklauftemperatur von 35°C bis zu 15 Liter Kondensat pro Stunde im Vollastbetrieb an. Die Kondensatableitung wird vom Modulschalldämpfer aus nach hinten aus der Schalldämmverkleidung geführt und bauseitig mittels Siphon oder Kondensatkugel gegen austretendes Abgas gesichert.

Entsprechend der örtlichen Vorschriften ist das Kondensat mittels einer Neutralisationseinrichtung aufzubereiten.

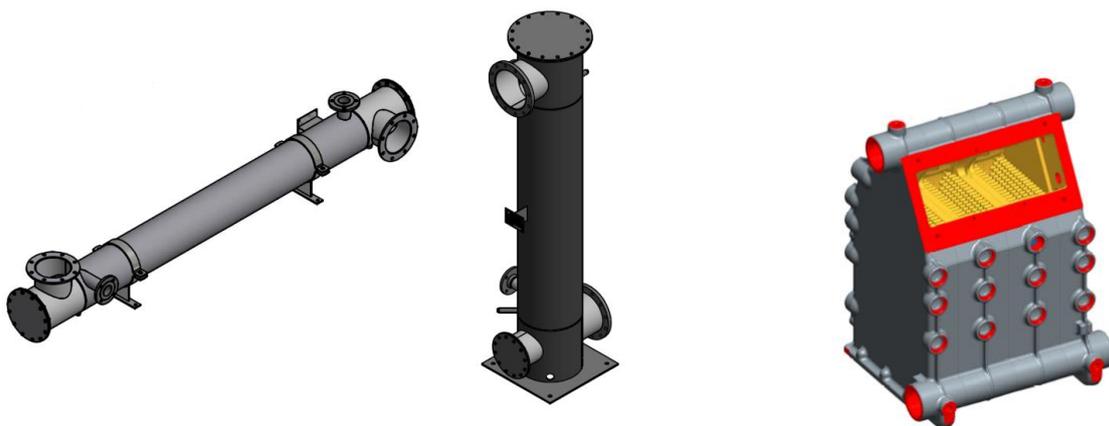


Abbildung 13 - Abgaswärmeübertrager

(links: horizontale Ausführung, Mitte: vertikale Ausführung, rechts: für EG-50 BW / EGC (50))

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

6.7.4 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.

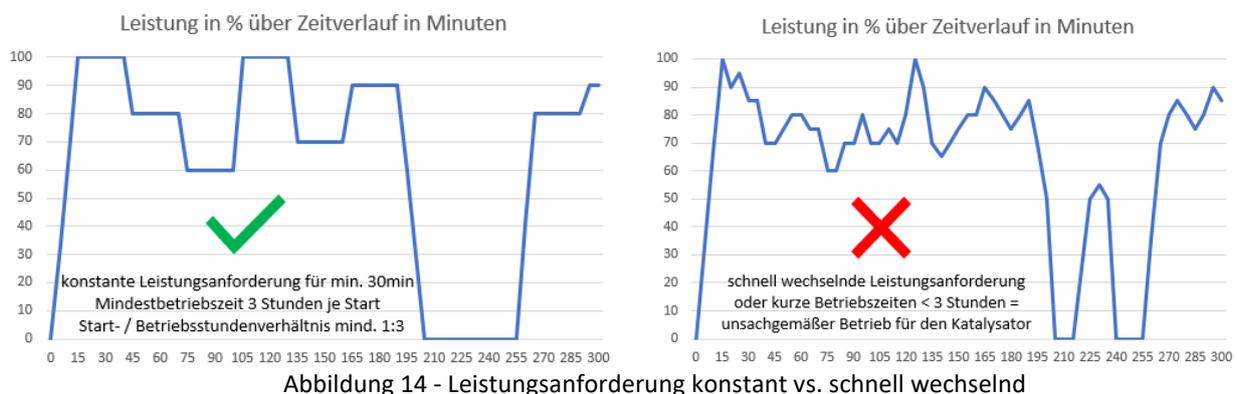


Abbildung 14 - Leistungsanforderung konstant vs. schnell wechselnd



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.

Einbauvorschriften für 3-Wege-Katalysatoren und Oxidationskatalysatoren (ohne SCR-Katalysator)

Bei den Katalysatoren muss auf die Durchflussrichtung geachtet werden. Die Katalysatoren sind meist gekennzeichnet oder anhand der Zeichnung ist die Durchflussrichtung festgelegt.

Bei der Auswahl der Dichtungen, der Schrauben und Muttern ist darauf zu achten, dass alle Materialien temperaturbeständig sind, dass die Materialien aufeinander abgestimmt und (gerade bei der Dichtung) für den Einsatz in der Abgasleitung geeignet sind. Beim Einbau des Katalysatorgehäuses in die Abgasleitung oder in ein anderes Bauteil des Abgassystems ist wie folgt vorzugehen:

Hat das Katalysatorgehäuse zwei Flansche können beide Flanschverbindungen gleichzeitig verschraubt werden. Wenn dies aufgrund der Einbausituation nicht möglich ist, müssen die beiden Flanschverbindungen nacheinander verschraubt werden. In jedem Fall ist darauf zu achten, dass alle Bauteile ausreichend unterstützt sind, bis alle Schrauben fest angezogen sind. Dies soll auch verhindern, dass die Gewinde der Schrauben bei der Montage beschädigt werden.

Einbau der Teile nur im kalten Zustand max. 60°C. Kontrolle und gegebenenfalls Reinigung der Dichtflächen. Schrauben mit etwas Hochtemperaturpaste bestreichen und in die Löcher des Flansches stecken. Dichtung über die Schrauben schieben. Auf korrekten Sitz der Dichtung achten. Katalysator aufstecken. Die Muttern per Hand anziehen. Nochmals den korrekten Sitz der Dichtung prüfen. Zwei gegenüberliegende Muttern mit 40 Nm anzuziehen (bei Schrauben M12, werden größere Schrauben verwendet ist ein entsprechend höheres Drehmoment einzustellen). Als nächstes das Schraubenpaar anziehen, dass um 90° versetzt ist, damit fortfahren bis alle Muttern angezogen sind. Danach mit dem Drehmoment von 50 Nm (bei Schrauben größer M12 ein entsprechend höheres Drehmoment) alle Schrauben der Reihe nach rundherum anziehen.

Die Bauteile können jetzt in Betrieb genommen werden. Bei Abgastemperaturen über 400°C müssen die Flanschverbindungen nach 20 Betriebsstunden im kalten Zustand mit dem Drehmoment von 50 Nm (bei Schrauben größer M12 ein entsprechend höheres Drehmoment) nachgezogen werden.

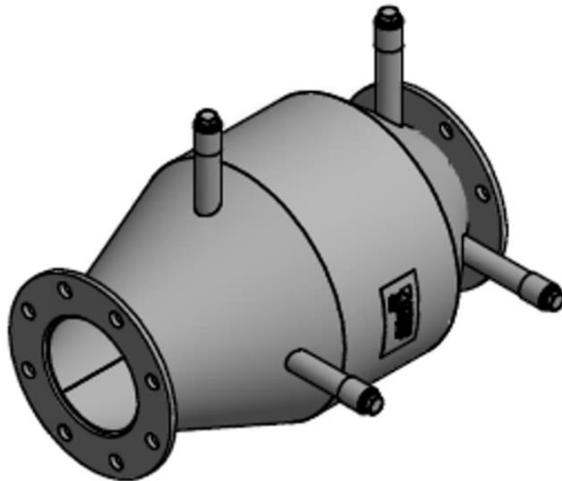


Abbildung 15 - 3-Wege-Katalysator oder Oxidationskatalysator

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.

6.7.5 Anforderungen an die Abgasbeschaffenheit für Katalysatoren

Grenzwerte von Katalysatorgifte im Abgas bei 3-Wege-Katalysatoren und Oxidationskatalysatoren ohne SCR-Katalysator

Parameter	Grenzwert	Einheit
Schwefelverbindungen (als SO ₂ betrachtet)		
Temperatur vor Kat >500°C	10	mg/Nm ³
	3,5	ppm
Temperatur vor Kat <500°C	5	mg/Nm ³
	1,75	ppm
Schwefelwasserstoff	5	mg/Nm ³
Schwefel	5	mg/Nm ³
Ammoniak	100	mg/Nm ³
Silicon	0	mg/Nm ³
Silizium	0	mg/Nm ³
Chlor	10	µg/Nm ³
Phosphorverbindungen und Halogene	1	mg/Nm ³
Alkaliverbindungen	1	mg/Nm ³
Natrium	10	µg/Nm ³
Kalium	10	µg/Nm ³
Kalzium	10	µg/Nm ³
Staub	5	mg/Nm ³
Schwermetalle	1	mg/Nm ³
Wismut	1	µg/Nm ³
Antimon	1	µg/Nm ³
Blei	1	µg/Nm ³
Zink	50	µg/Nm ³
Mangan	10	µg/Nm ³
Arsen	1	µg/Nm ³
Quecksilber	1	µg/Nm ³
Cadmium	10	µg/Nm ³
Säuren	0,2	mg/Nm ³

Abbildung 16 - Grenzwerte Katalysatorgifte bei 3-Wege- und Oxidationskatalysatoren

Grenzwerte von Katalysatorgifte im Abgas für SCR-Katalysatoren

Parameter	Grenzwert	Einheit
Schwefelwasserstoff	5	mg/Nm ³
Schwefel	5	mg/Nm ³
Flusssäure	1	mg/Nm ³
Fluoride	1	mg/Nm ³
Siliziumoxid	0	µg/Nm ³
Si-organische Verbindungen, z.B. Siloxane (Konzentration im Brennstoff)	0	µg/kg
Salzsäure	100	µg/Nm ³
Chloride	10	µg/Nm ³
Phosphorverbindungen	5	µg/Nm ³
Alkaliverbindungen	1	mg/Nm ³
Natrium	10	µg/Nm ³
Kalium	10	µg/Nm ³
Kalzium	10	µg/Nm ³
Staub	2	mg/Nm ³
Schwermetalle	100	µg/Nm ³
Wismut	1	µg/Nm ³
Antimon	1	µg/Nm ³
Blei	1	µg/Nm ³
Zink	50	µg/Nm ³
Mangan	10	µg/Nm ³
Arsen	1	µg/Nm ³
Quecksilber	1	µg/Nm ³
Cadmium	10	µg/Nm ³
Eisen	5	mg/Nm ³
Säuren	200	µg/Nm ³

Abbildung 17 - Grenzwerte Katalysatorgifte für SCR-Katalysatoren

Die Gewährleistung erlischt, wenn Katalysatorgifte die aktive Oberfläche des Katalysators mit mehr als 2 Gewichtsprozent belegt haben.

Die Überschreitung einiger der genannten Grenzwerte führt nicht zwangsläufig zu einer endgültigen Zerstörung des Katalysators. Die Funktionsfähigkeit kann gegebenenfalls durch eine entsprechende Regenerationsstrategie wiederhergestellt werden.

Grenzwerte von Katalysatorgiften im Harnstofflösung

Parameter	Grenzwert 32,5%	Grenzwert 40%	Einheit
Harnstoffkonzentration	31,8 - 33,2	39,3 - 40,7	%
Flüssigkeitsdichte bei 20°C	1.087 - 1.093	1.095 - 1.115	kg/m ³
Alkalität als NH ₃	0,2	0,2	%
Biuret	0,3	0,3	%
Aldehyde	5	5	mg/kg
Ungelöste Stoffe	20	20	mg/kg
Phosphate	0,5	0,5	mg/kg
Kalzium	0,5	0,5	mg/kg
Eisen	0,5	0,5	mg/kg
Kupfer	0,2	0,2	mg/kg
Zink	0,2	0,2	mg/kg
Chrom	0,2	0,2	mg/kg
Nickel	0,2	0,2	mg/kg
Aluminium	0,5	0,5	mg/kg
Magnesium	0,5	0,5	mg/kg
Natrium	0,5	0,5	mg/kg
Kalium	0,5	0,5	mg/kg

Abbildung 18 - Grenzwerte von Katalysatorgiften im Harnstofflösung



Achtung!

Es darf kein landwirtschaftlicher Harnstoff verwendet werden! Dieser Harnstoff sowie hartes Wasser und Kationen im Wasser beschädigen den Katalysator und das Eindüsungssystem.

Grenzwerte von Katalysatorgiften im Motorenöl

Parameter	Grenzwert	Einheit
Phosphor	1	%
Zink	0,5	%
Sulfatasche	1	%
Schwefel	0,5	%
Blei	0,03	%

Abbildung 19 - Grenzwerte von Katalysatorgiften im Motorenöl

6.7.6 Schalldämpfer

Bei der Herstellung von Schalldämpfern werden hochwertige Materialien verarbeitet, die eine lange Lebensdauer garantieren, z.B. Edelstahl 1.4571 und spezielle Mineralwolle. Die Abgasschalldämpfer bieten den Vorteil, dass sie auf Querschnittsverminderungen verzichten und daher nur geringe Strömungswiderstände haben.

6.7.6.1 Schalldämpfer (außer EG-50 BW / EGC (50))

Der Modulschalldämpfer ist bei z.B. Erdgas-BHKW der erste Schalldämpfer, der im Abgassystem nach dem Abgaswärmeübertrager installiert ist. Hier handelt es sich um einen Absorptions- und Reflexionsschalldämpfer. Dieser Schalldämpfer reduziert insbesondere den Schall im Frequenzbereich von 250 - 4000 Hz.

Nach dem Modulschalldämpfer kann ein Tieftonschalldämpfer (optional) installiert werden. Dieser Schalldämpfer reduziert den Schall insbesondere im Frequenzbereich unter 250 Hz. Hier gibt es 2 Varianten. Erstens die Standardausführung ohne integrierte Dämmung und zweitens mit integrierter Dämmung. Die Einfügungsdämmung von Schalldämpfern mit integrierter Dämmung ist größer. Für z.B. BHKW-Containeranlagen kommt oft ein Kombischalldämpfer zu Anwendung.

Die Montage eines Schalldämpfers muss standfest erfolgen. Je nach Situation vor Ort ist eine stabile Befestigung erforderlich, einschließlich der abgasführenden Anschlussleitungen. Im Schalldämpfer anfallendes Kondensat ist fachgerecht über den Kondensatablauf abzuführen.

Ein speziell ausgelegter Schalldämpfer ist in der Lage, genau die richtigen Frequenzen um mehr als 40dB(A) zu dämpfen. Die Schalldämpfer sind überdruckdicht mit mindestens 5000 Pa und im Standardprogramm auf Abgastemperaturen bis zu 300°C ausgelegt. Durch die eingesetzten Materialien sind die Schalldämpfer wartungsfrei.

6.7.6.2 Schalldämpfer für EG-50 BW / EGC (50)

Dieses BHKW besitzt einen integrierten Modulschalldämpfer aus Edelstahl. Mit diesem Schalldämpfer wird eine Reduktion des Summenschalldruckpegels um ca. 15 dB(A) erzielt. Für die weitere Reduktion der Abgasschallwerte können Reflexionsschalldämpfer (RSD) und / oder Absorptionsschalldämpfer (ASD) aus Kunststoff eingesetzt werden. Die Auswahl hängt vom einzuhaltenden Restschalldruckpegel am Immissionsort ab.

Bei einer Kombination von Reflexionsschalldämpfer und Absorptionsschalldämpfer wird empfohlen, in Fließrichtung den Reflexionsschalldämpfer vor dem Absorptionsschalldämpfer einzubauen.

Eine Reihenschaltung mehrerer Schalldämpfer ist unter Einhaltung des maximal zulässigen Abgasgegen-druckes der gesamten Abgasanlage möglich.

Die Montage der Schalldämpfer muss zwingend nach den Herstellervorschriften erfolgen. Hierfür gibt es Montagesets als Zubehör, welche Schalldämmdübel, Schalldämmbefestigungen und einen Siphon beinhalten. In jeder Einbaulage muss sichergestellt werden, dass eine optimale Kondensatableitung über einen Siphon erfolgt.

Die Abgasschalldämpfer aus Polypropylen sind für eine max. Temperatur von 120°C ausgelegt (TS=120). Im Normbetrieb (RLT 35°C) liegt die Abgastemperatur unter 60°C. Bei zunehmender Verschmutzung des Abgaswärmeübertragers oder höherer Rücklauftemperaturen (max. 60°C), steigt entsprechend die Abgastemperatur am Modulaustritt.

6.7.7 Kondensatablauf

Bei der Abkühlung von Abgas z.B. im Abgaswärmeübertrager oder im Anfahrprozess des BHKW 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:

- Das Kondensat darf nicht in das Freie abgeleitet werden.
- Bei hohem Kondensatanfall muss die Ableitung des Kondensats über eine Neutralisationsanlage erfolgen (z.B. BHKW mit Brennwertnutzung).
- Die Kondensatleitungen sind mit säure- und wärmebeständigen Materialien (z.B. Edelstahlrohr Materialgüte 1.4401 oder 1.4571) und mit einem Mindest-Innendurchmesser von 19 mm auszuführen. Die BHKW-Kondensatanschlüsse sind aus Edelstahl 1.4401 in der Rohrleitungsdimension 22 x 1,2 mm ausgeführt.
- Bei einer Kondensatableitung ist ein freier Ablauf mit mindestens 3% Gefälle über eine Wasservorlage (U-Rohr) mit einer Höhe des 1,5-fachen des Abgasgegen-druckes, jedoch mindestens 250 mm, zur Verhinderung von Abgasaustritt aus den Kondensatanschlüssen vorzusehen.

Wenn die örtlichen Gegebenheiten eine Wasservorlage nicht zulassen (z.B. geringe Höhe), kann alternativ ein Kondensatableiter mit Schwimmersteuerung eingesetzt werden.

- Der Kondensatablauf ist regelmäßig im Betrieb zu überprüfen und muss gegen Einfrieren gesichert werden.



Abbildung 20 - Kondensatablauf mit Kondensatableiter



Abbildung 21 - Kondensatablauf mit Wasservorlage (U-Rohr)

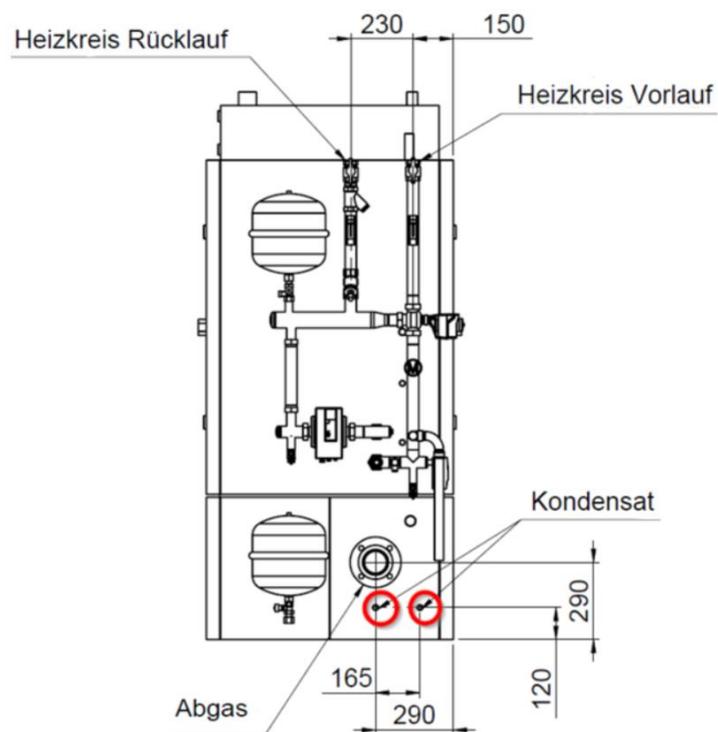


Abbildung 22 - Beispiel Erdgas-BHKW Kondensatanschlüsse (Edelstahl, 2 x 22x1,2 mm)

6.8 Motorkühlkreis (MKK)

Der Motorkühlkreis eines Erdgas-BHKW ist mit einer Pumpe, einem Wärmeübertrager und einem Ausdehnungsgefäß ausgestattet. Außerdem ist beim BHKW EG-50 BW / EGC (50) im Motorkühlkreis ein Dreiwegeventil integriert. Dieses ist für die Regelung der Motoreintrittstemperatur. Damit wird in der Startphase eine schnellere Erwärmung des Motors erreicht.

Die Motorkühlflüssigkeit wird zunächst in die Kühlkanäle des Motorgehäuses geführt und strömt nach Aufnahme der abzuführenden Wärme, zurück in den Wärmeübertrager. Der Wärmeübertrager überträgt die Wärme an das Heizwasser der Wärmeauskopplung.

Die warme Kühlflüssigkeit des Motors und das kältere Heizwasser durchströmen den Wärmeübertrager im Gegenstrom, sodass eine optimale Wärmeübertragung erfolgt.

Im Motorkühlkreis eines Sondergas-BHKW ist zusätzlich der Abgaswärmeübertrager und eine Notkühlung integriert. Der Notkühlkreis beinhaltet ein Dreiwegeventil, Absperrarmaturen, automatische Entlüfter und einen Kühler.

Die enthaltene Kühlflüssigkeit besteht immer aus einem Gemisch von Wasser und 40 - 50% Korrosionsschutz- / Frostschutzmittel.

6.9 Wärmeauskopplung (WAK)

Die im BHKW entstehende thermische Energie setzt sich aus der Motorkühlflüssigkeitswärme, der Gemischwärme (nur Motoren mit Turbolader) und der Motorabgaswärme zusammen. Die Summe dieser Wärmeleistungen ergibt die thermische Leistung gemäß BHKW-Datenblatt. Die Übertragung der Wärmeenergie an das örtliche Heizwassernetz erfolgt über die Wärmeauskopplung.

Im BHKW EG-50 BW / EGC (50) durchströmt der Wärmauskopplungsrücklauf zuerst den Abgaswärmeübertrager und danach den Wärmeübertrager des Motorkühlkreises. Dadurch wird das Abgas möglichst tief heruntergekühlt und eine optimale Nutzung des Brennwerteffektes erreicht.

In Erdgas-BHKW (außer EG-50 BW / EGC (50)) durchströmt das Heizwasser der Wärmeauskopplung zuerst den Motorkühlflüssigkeitswärmeübertrager und anschließend den Abgaswärmeübertrager.

Bei Sondergas-BHKW hingegen wird lediglich der Motorkühlflüssigkeitswärmeübertrager mit Heizwasser der Wärmeauskopplung durchströmt. Der Grund dafür ist, dass bei Sondergas-BHKW der Abgaswärmeübertrager im Motorkühlkreis integriert ist.

In der Wärmeauskopplung sind eine Hocheffizienzpumpe und ein Dreiwegeventil mit Stellantrieb integriert. Des Weiteren sind erforderliche Sicherheitsausrüstungen für Temperatur und Druck in der Wärmeauskopplung enthalten. In der Hocheffizienzpumpe wird eine Mindestdrehzahl bzw. ein Mindestdurchfluss eingestellt. Somit wird der Heizwasser-Mindestvolumenstrom durch den Abgaswärmeübertrager gewährleistet.

Im abgekühlten Zustand (10°C) des Heizwassers muss der Druck in der Wärmeauskopplung mindestens 1 bar betragen.

Die Wärmeauskopplung wird im Standard ohne Rückschlagklappe ausgestattet. Wird ein Parallelbetrieb mehrerer Erzeuger geplant muss eine Rückschlagklappe bauseitig vorgesehen werden. Hierbei ist auf den Restförderdruck der Pumpe zu achten.

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“.

6.10 Gemischkühlkreise (GKK)

Bei Motoren mit Turbolader und Gemischkühlung wird das Brennstoffgemisch über einen Hochtemperaturkreis (GKK-HT) und einen Niedertemperaturkreis (GKK-NT) gekühlt.

Die Gemischkühlung erfolgt in einem Kühler der am Motor integriert ist. Der Kühler ist zweistufig ausgeführt.

In der 1. Stufe (GKK-HT) erfolgt die Kühlung durch die Motorkühlflüssigkeit. Dieser Kühlkreis ist in den Motorkühlkreis eingebunden.

Für die 2. Stufe (GKK-NT) ist ein zusätzlicher separater Kühlkreis mit Kühler, Pumpe, Dreiwegeventil und Sicherheitseinrichtungen erforderlich. Die Gemischtemperatur wird auf 50°C ausgeregelt. Bei einer höheren Gemischtemperatur erfolgt eine Leistungsreduzierung. Eine Gemischtemperatur $\geq 65^\circ\text{C}$ ist nicht zulässig. Es erfolgt die Abschaltung des BHKW.

6.11 Kühler

Diese Kühler bestehen aus dem Gehäuse, den Ventilatoren und dem Wasser-Luft-Wärmeübertrager.

Die Ventilatoren erfüllen die Effizienz-Anforderungen der ErP-Richtlinie 2009/125/EG zum Zeitpunkt der Lieferung.

Anwendung und Funktion

Die Kühler sind bestimmt zum Einbau in den Wärmeträgerkreis einer Kühlanlage. Bei BHKW werden die Kühler vorrangig im Gemischkühlkreis-NT und/oder Notkühlkreis eingesetzt. Das Kühlsystem ist die Kombination miteinander verbundener Bauteile und Armaturen, die einen geschlossenen Kühlkreislauf bilden, in dem die Kühlflüssigkeit zirkuliert. Der Wärmeträger ist die Kühlflüssigkeit, die zum Wärmeaustausch eingesetzt wird. Der Wärmeträger nimmt bei niedriger Temperatur Wärme auf, erwärmt sich, und gibt bei höherer Temperatur die Wärme dann wieder ab.

Die Kühlung des Kühlers erfolgt mittelst Ventilatoren über eine luftseitige Wärmeabführung.



Abbildung 23 - Kühler Beispiel

Die separate Montage- und Betriebsanleitung der Kühler ist zu beachten! Diese ist Bestandteil der Dokumentation.

6.12 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.

Wartung/Service

Bei Membran-Druckausdehnungsgefäßen ist gemäß der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) eine jährliche Wartung erforderlich.

Sichtprüfung

- Gefäß auf Beschädigungen, Korrosion usw. überprüfen.
- Bei Schäden Reparatur bzw. Austausch vornehmen und die mögliche Ursache ermitteln.

Membranprüfung

- Das Gasfüllventil kurz betätigen.

Sollte Wasser entweichen:

- Die Membran ist defekt. Es ist ein Austausch des Membran-Druckausdehnungsgefäßes

Gas-Vordruckeinstellung

- Das Gefäß durch das Kappenventil vom System trennen und wasserseitig entleeren (Systemdruck beobachten).

Vordruck p_0 am Gasfüllventil messen und wieder auf erforderlichen Mindestbetriebsdruck der Anlage einstellen.

- Bei zu hohem Druck muss Gas am Gasfüllventil abgelassen werden.
- Bei zu geringem Druck muss Stickstoff nachgefüllt werden.

Funktionsprüfung in Betrieb

- Entleerung am Kappenventil schließen, Kappenventil vorsichtig öffnen.
- Systemdruck beobachten und nicht unter p_0 fallen lassen.
- Das System bis zum Fülldruck p_F entsprechend der Anlagentemperatur füllen.
Fülldruck $p_F = \text{Vordruck } p_0 + 0,3 \text{ bar}$ (bei Fülltemperatur 10°C), jedoch mindestens 1 bar
- Gasdruckkontrolle in Betrieb: Gasdruck muss jetzt gleich dem Systemdruck sein (Gefäß in Funktion).

Dichtheitsprüfung Gasfüllventil

Optionale Hilfsmittel zum Füllen und Messen am Gasfüllventil entfernen und mit Lecksuchspray kontrollieren, ob das Gasfüllventil nach der Benutzung wieder dicht schließt. Abschließend die ebenfalls abdichtende Ventilkappe wieder auf das Gasfüllventil aufschrauben.

6.13 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.
- **Temperaturerhöhung zu kalter Zuluft und Frostfreiheit**
Vor allem im Winter muss mittels der Lüftungsanlage vermieden werden, dass die Luftzufuhr unter die angegeben 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 den folgenden Abbildungen 23/24/25 sind Beispiele für die Konstruktion der bauseitigen Lüftung abgebildet, welche entsprechend den örtlichen Gegebenheiten projektspezifisch angepasst werden muss.

6.13.1 Lüftungsanlage (außer EG-50 BW / EGC (50))

Das BHKW ist mit einem Zuluftventilator ausgestattet, welcher einstufig oder zweistufig betrieben wird. Die erste Stufe ist so ausgelegt, dass ausreichend Verbrennungsluft dem Motor zugeführt wird und die Strahlungswärme abgeführt werden kann. Die zweite Stufe wird nach Bedarf über einen Temperatursensor in der Schalldämmverkleidung bzw. im Container nahe der Abluftöffnung zugeschaltet, um die Ablufttemperatur unter 50°C zu halten (bei max. 30°C Zulufttemperatur). Optional kann eine projektspezifische Ausstattung auch mit geregelter Ventilator erfolgen. In dem Fall ist in der Modulsteuerung eine Mindestdrehzahl für die Verbrennungsluftzuführung hinterlegt. Die Regelung darüber hinaus erfolgt auf Basis der Ablufttemperatur, welche im Standard auf 45°C eingestellt ist.

Die Zuluft kann entweder vom BHKW-Aufstellraum oder durch einen bauseitigen Zuluftkanal angesaugt werden. Die Abluft muss durch einen bauseitigen Lüftungskanal ins Freie geführt werden. Zur Raumerwärmung oder Vorwärmung der Zuluft kann vom Abluftkanal ausgehend optional eine Raumluftklappe bzw. eine Umluftklappe eingebaut werden. Bei Unterschreitung der Zulufttemperatur von 3°C, erfolgt ein Sicherheitsstopp des BHKW.

Zuluft aus dem Aufstellraum

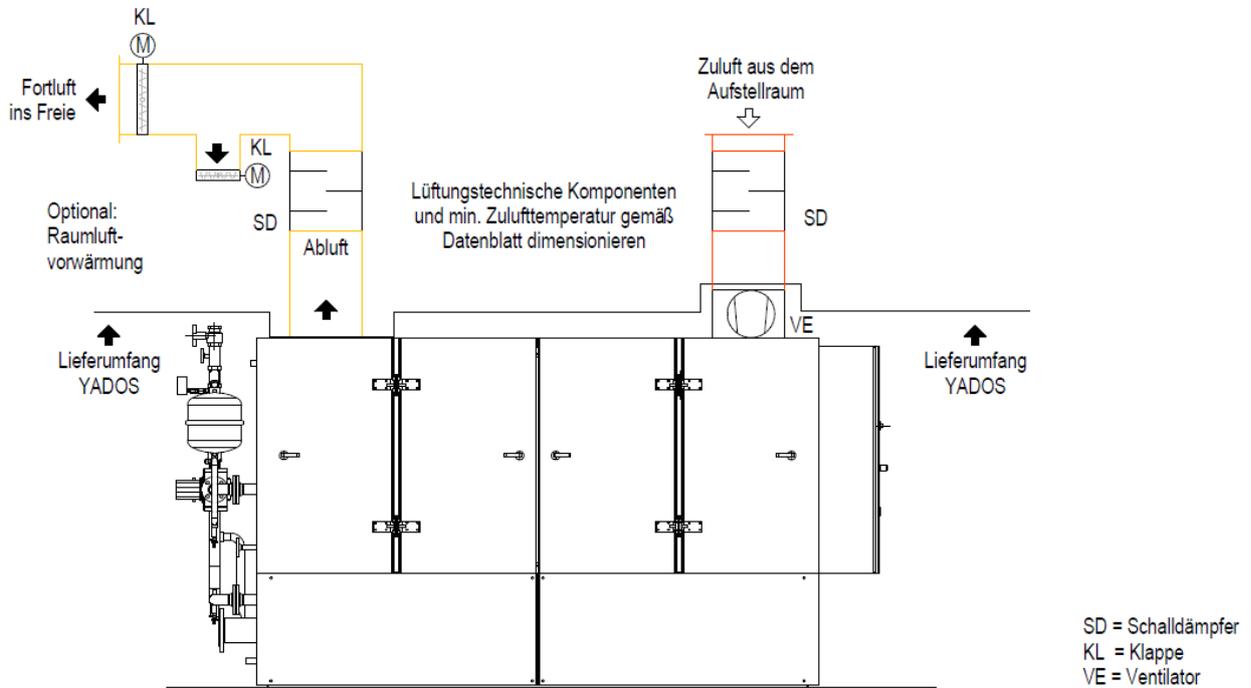


Abbildung 24 - Beispiel einer BHKW-Lüftungsanlage - Zuluft aus dem Aufstellraum

Außenluft aus dem Freien

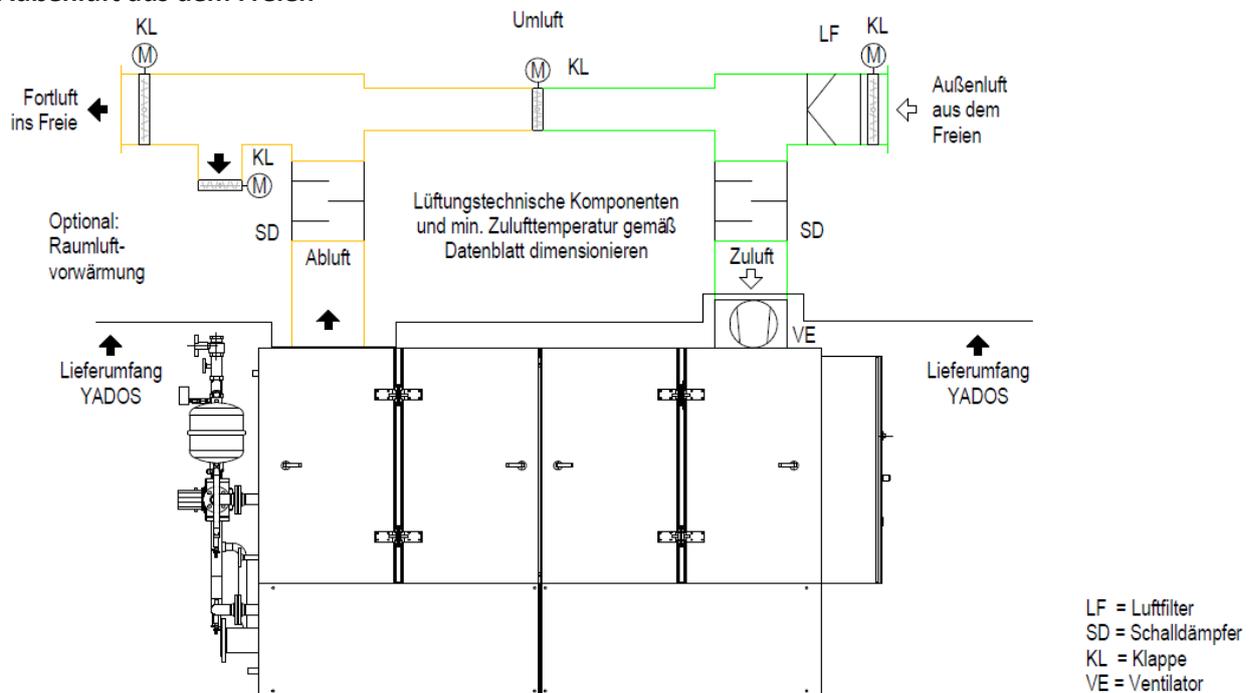


Abbildung 25 - Beispiel einer BHKW-Lüftungsanlage - Außenluft aus dem Freien

Optionale Regelung der bauseitigen Lüftungstechnik durch die Modulsteuerung

Die Modulsteuerung kann optional folgende Regelfunktionen der Lüftung übernehmen.

- Außenluftklappe und Fortluftklappe
Öffnen beim Start des BHKW bzw. schließen bei Abwahl des BHKW. Bei der Abwahl des BHKW werden die Klappen verzögert geschlossen, da mittels einer gewissen Nachlaufzeit des Ventilators die Prozesswärme abgeführt werden muss, um Wärmestaus zu verhindern.
Für diese Klappen ist eine 2-Punkt-Ansteuerung vorgesehen (auf/zu).

Bauseitige Klappenantriebe: Nennspannung 24VDC
Steuersignal 2-Punkt

- Umluftklappe oder Raumluftklappe (nicht beides möglich)
Die Klappenregelung erfolgt auf Basis der Zulufttemperatur (Lufttritt am BHKW).
Der Sollwert für die Zuluft liegt bei 20°C mit einer Regeltoleranz von +/- 2K.
Ist die BHKW Zuluft kälter als der Sollwert, wird die Umluftklappe langsam geöffnet, sodass warme BHKW Abluft der kühleren Außenluft beigemischt wird. Dies erfolgt solange, bis der Temperatursollwert für die Zuluft erreicht ist.
Ist die Zuluft wärmer als der Sollwert, wird die Umluftklappe langsam geschlossen, sodass weniger warme Abluft der Außenluft beigemischt wird, bis der Sollwert erreicht ist.
Bei Zulufttemperaturen über 20°C ist die Umluftklappe geschlossen.

Ein ähnliches Regelverhalten gilt für die Raumluftklappe zur Raumtemperaturanhebung, wenn es keine Umluftklappe gibt und die Zuluft aus dem BHKW-Aufstellraum angesaugt wird.

Bauseitige Klappenantriebe: Nennspannung 24VDC
Steuersignal 0-10V

Sofern diese Regelfunktionen nicht Auftragsumfang der Modulsteuerung sind, muss eine bauseitige Steuerung für die Einhaltung der beschriebenen Rahmenbedingungen der Lüftungstechnik eingesetzt werden (z.B. Beachten der Nachlaufzeit des Zuluftventilators).

6.13.2 Lüftungsanlage für EG-50 BW / EGC (50)

Die Luftzuführung erfolgt über einen geregelten Ventilator im Frontblech. Der Zuluftventilator wird durch eine Zuluftschalldämmhaube abgedeckt, welche gleichzeitig als Berührungsschutz dient.
Über zwei Schaltschwellen wird der Ventilator ein- bzw. abgeschaltet. Die Regelung der Drehzahl erfolgt auf Basis der Ablufttemperatur, welche im Standard auf 45°C eingestellt ist.

Standard Lüftungsaufbau

Die Luftpressung des BHKW-Ventilators reicht für das bauseitige Lüftungssystem von:

- Zuluftklappe mit Filter und Schalldämpfer
- Abluftkanal mit Abluftschalldämpfer
- Fortluftklappe

Das BHKW zieht die benötigte Frischluft aus dem Aufstellungsraum. Bauseitig muss im Bereich des Zuluftventilators eine entsprechende Frischluftversorgung durch die Außenwand hergestellt werden, welche mind. mit einem Filter und bei Bedarf mit einem Schalldämpfer und einer Klappe ausgestattet sein muss. Es ist u.a. auf eine ausreichende Dimensionierung der freien Fläche zu achten, sodass der Zuluftventilator in Verbindung mit dem Abluftsystem die entstehenden Druckverluste überwinden kann. Zudem muss der Eintritt von Regenwasser z.B. durch zu hohe Luftströmung vermieden werden. Die Abluft muss über ein bauseitiges Kanalsystem aus dem Aufstellungsraum abgeführt werden. Mit einer Raumluftklappe kann im Winter die kalte Zuluft mit der warmen BHKW Abluft aufgewärmt werden. Die bauseitige Lüftungsanlage ist so zu planen, dass die BHKW Frischluftzufuhr im Bereich 10-30°C liegt.

Lüftungsaufbau externer Ventilator

Die Luftpressung des BHKW-Ventilators reicht nicht für das bauseitige Lüftungssystem:

- Wenn das externe Lüftungssystem von Zuluftklappe mit Filter und Zuluftschalldämpfer über Abluftkanal mit Abluft-Schalldämpfer und Fortluftklappe einen höheren Druckverlust aufweist, als der interne Ventilator überwinden kann, muss ein geregelter externer Ventilator eingesetzt werden.
- Der BHKW-Ventilator überwindet in dem Fall nur den BHKW internen Druckverlust sowie den des mitgelieferten Abluft-Vorschalldämpfers.
- Es erfolgt somit eine Zuluftansaugung aus dem Raum und eine Ablufteinströmung in den Raum.
- Es darf kein geschlossenes Luftkanalsystem aufgebaut werden, in dem der BHKW-Ventilator und der externe Abluft-Ventilator in Reihe geschaltet werden. Die Ventilatoren würden sich gegenseitig beeinflussen, was zwingend zu vermeiden ist.
- Wenn ein verbundenes Abluftsystem aufgebaut werden soll, muss eine dauerhaft geöffnete Lüftungsklappe zum Raum eingebaut werden.
- Die Klappe muss ausreichend Freifläche bieten, damit der geregelte Luftvolumenstrom des BHKW Ventilators nicht vom externen Ventilator beeinflusst wird.

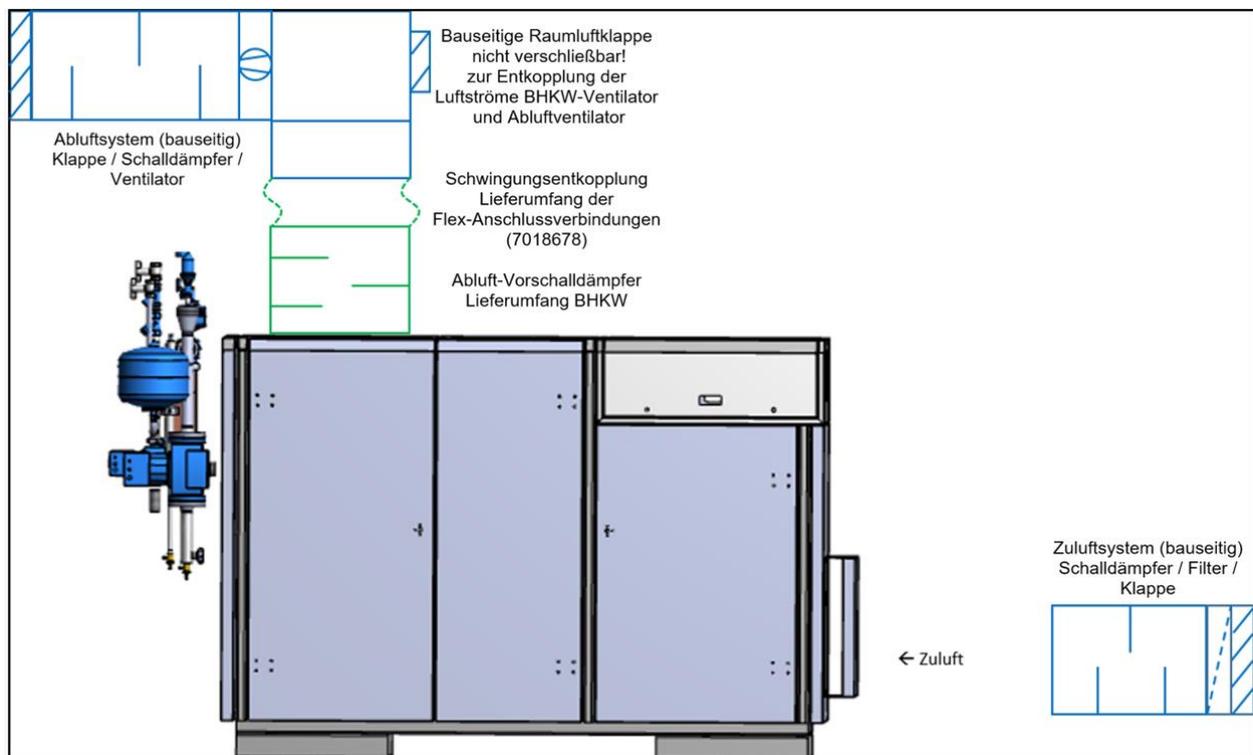


Abbildung 26 - Beispiel einer BHKW-Lüftungsanlage - EG-50 BW / EGC (50)

6.14 Schalldämmverkleidung

Die BHKW-Schalldämmverkleidung dient zur Reduktion des Schallpegels und umschließt das gesamte BHKW. Die Modulsteuerung ist stirnseitig vorgebaut bzw. befindet sich liegend über dem Generator. Die Schalldämmverkleidung besteht aus einer gepulverten selbsttragenden Stahlblechkonstruktion. Die Innenseite ist mit schwer entflammaren und ölfesten Dämmmaterial ausgeschlagen. Die oberen Seitenteile der Schalldämmverkleidung sind als Türen aufgebaut. Beim BHKW EG-50 BW / EGC (50) sind die Türen über die komplette BHKW-Höhe ausgestattet. Die Abdichtung zum Grundrahmen erfolgt über Luftkammer-Gummidichtungen. Die Anschlüsse für die Zu- und Abluft (EG-50 BW / EGC (50) nur Abluft) erfolgen an eingearbeitete Öffnungen in der Schalldämmverkleidung mittelst bauseitigen Lüftungskanälen.

7 Modulsteuerung (MST)

Die Modulsteuerung darf ausschließlich von eingewiesenem Personal bedient werden.



Abbildung 27 - Beispiel der Bauteile in der Modulsteuerung (außer EG-50 BW / EGC (50)
Eine abweichende Bauteilanordnung ist möglich.

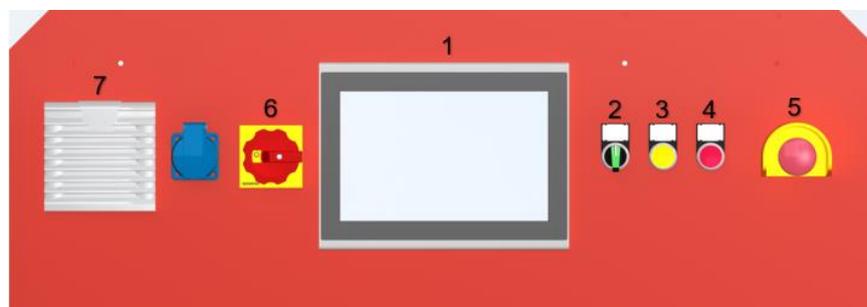


Abbildung 28 - Beispiel der Bauteile in der Modulsteuerung EG-50 BW / EGC (50)
Eine abweichende Bauteilanordnung ist möglich.

In der Tür (Abbildung 27 und Abbildung 28) der Modulsteuerung befinden sich folgende Bauteile:

- 1 Touch-Panel
- 2 Wahlschalter Betriebsart
- 3 Warnmeldeleuchte
- 4 Störungsmeldeleuchte / Reset-Taster (Quittierung)
- 5 Not-Halt-Pilzdrucktaster
- 6 Hauptschalter
- 7 Filterlüfter
- 8 Austrittsfilter (beim EG-50 BW / EGC (50) oben rechts)

Hauptschalter



Abbildung 29 - Hauptschalter

Mit dem Hauptschalter (6) wird die Versorgungsspannung (400 VAC und 24 VDC) für die gesamte Modulsteuerung ein- bzw. ausgeschaltet. Dieser kann sich auch an einer Seite der Modulsteuerung befinden.

Der Hauptschalter sollte nur zum längeren Abstellen des BHKW oder bei elektrischen Wartungsarbeiten genutzt werden. Beim Betätigen des Hauptschalters müssen der Motor und die Hilfsbetriebe stehen. Alle Funktionen der Modulsteuerung (einschließlich Alarm, Logging und Monitoring) sind bei ausgeschaltetem Hauptschalter deaktiviert.



Achtung!

Auch bei ausgeschaltetem Hauptschalter liegt an einzelnen Komponenten der Modulsteuerung weiterhin Spannung an (auch > 24 V)! Schranklicht und Steckdose funktionieren auch bei ausgeschalteter Modulsteuerung.

Not-Halt-Pilzdrucktaster



Abbildung 30 - Not-Halt-Pilzdrucktaster

Der Not-Halt-Pilzdrucktaster (5) wirkt direkt auf das Not-Halt-Relais und die Not-Halt-Kette. Er setzt den Motor und Hilfsbetriebe sofort außer Betrieb. Der Generatorschalter wird über die Unterspannungsspule geöffnet, die Gasventile werden geschlossen und die Zündung wird deaktiviert.

Bei Betätigung wird der Not-Halt-Pilzdrucktaster in Aus-Stellung verriegelt und muss, nachdem alle Störungen beseitigt wurden, durch Drehen entriegelt werden. Abschließend ist das Not-Halt-Relais mit Reset-Taster (4) an der Modulsteuerung zu quittieren.

Solange der Not-Halt-Pilzdrucktaster betätigt bleibt bzw. die Störung nicht an der Modulsteuerung quittiert wurde, bleiben die Hilfsbetriebe ausgeschaltet. Daher erfolgt auch keine Wärmeabfuhr vom BHKW.



Achtung!

Bei BHKW mit Gaswarneinrichtung kann der Ventilator auch bei Not-Halt anlaufen!

Schalter, Taster und Leuchtmelder



Abbildung 31 - Wahlschalter Betriebsart

Am Wahlschalter Betriebsart (2) können folgende Stellungen gewählt werden:

Stellung: **Auto** (Automatikbetrieb)

Für den regulären BHKW-Betrieb muss der Betriebsartenwahlschalter auf **Auto** gestellt werden. Das BHKW läuft gemäß den eingestellten Betriebswerten. Es wird von einer übergeordneten Steuerung freigegeben und über einen Leistungssollwert angefordert und modulierend gefahren. Eine Freigabe und Leistungsvorgabe kann auch über zusätzlich in die Modulsteuerung eingelesene Prozesswerte erfolgen (z.B. Pufferspeicherladeregulung, bauseitige Biogasspeicherregulung).



Hinweis!

Für eine Fernwartung muss der Betriebswahlschalter auf Auto stehen!

Stellung: **0** (Hand-Stopp)

Zum Stillsetzen des BHKW ist der Betriebsartenwahlschalter in Stellung **0** zu bringen. Die Leistung wird heruntergefahren und das BHKW wird abgestellt. Für Hilfsbetriebe gelten die eingestellten Nachlaufzeiten.

Stellung: **Service** (für Wartungs- und Servicearbeiten)

Diese Betriebsart darf nur vom autorisierten Kundendienst genutzt werden!

Der Betriebsartenwahlschalter wird in die Stellung Service gebracht. Das BHKW kann über Eingaben im Touch-Panel (bei entsprechenden Benutzerrechten) für einen kurzzeitigen Vor-Ort-Betrieb gestartet werden. Alle Überwachungsinstrumente müssen beobachtet werden!



Hinweis!

Ein BHKW-Dauerbetrieb ist nur im Automatikbetrieb (Schalterstellung **Auto**) möglich.

Dafür sind eine externe Freigabe und eine externe Sollwertvorgabe von einer übergeordneten Steuerung notwendig. Die Sollwertvorgabe kann über ein Bussystem (z. B. Modbus RTU/TCP, Profibus, Profinet) oder über Standardsignale erfolgen (binäre Freigabe und analoge Leistungsvorgabe 0..10 V oder 4..20 mA).

Optional ist eine Leistungsregelung durch eine Wärmespeicherladeregelung möglich.

Ohne externe Leistungsvorgabe ist ein nicht-modulierender Betrieb möglich (Leistung 100% el). Eine externe Freigabe ist zwingend erforderlich.



Abbildung 32 - Störungsmeldeleuchte / Reset-Taster

Mit dem Reset-Taster (4) können die in der Modulsteuerung gespeicherten Störungen quittiert und Meldungen bestätigt werden. Die Not-Halt-Kette und die Sicherheitskette können nur direkt an der Modulsteuerung mit dem Reset-Taster (4) zurückgesetzt werden.



Abbildung 33 - Warnmeldeleuchte

Mit den in den Schaltern integrierten Leuchten werden angezeigt:

Betriebsartenwahlschalter (2): grün	leuchtet, sobald der Motor läuft blinkt, wenn das BHKW im Netzersatzbetrieb ist
Warnmeldeleuchte (3): gelb	leuchtet bei Warnungen oder Meldungen
Störungsmeldeleuchte / Reset-Taster (4): rot	leuchtet bei Störungen (Not-Stopp oder Sicherheits-Stopp)

Beim Aufleuchten der LEDs für Warnungen (3), Meldungen (3) und Störungen (4) können im Grafikdisplay auf der Seite „Alarm“ die genauen Meldungen und der Fehlertyp ausgelesen werden.

Bei einer Warnung läuft der Motor weiter, gegebenenfalls mit einer Leistungsreduzierung. Ein Not-Stopp führt zum sofortigen Stoppen des Motors, die Hilfsbetriebe laufen gemäß eingestellter Nachlaufzeit weiter. Ein Sicherheits-Stopp trennt den Generator sofort vom Netz, setzt jedoch den Motor und die Hilfsbetriebe erst nach der eingestellten Nachlaufzeit still.

7.1 Grafik-Display mit Visualisierung

In der Tür der Modulsteuerung befindet sich ein TFT-Grafik-Display. Hier werden alle Prozesswerte, Fehler und Meldungen angezeigt. Wichtige Sollwerte können über das Display eingestellt werden.

Die Visualisierung ist in drei feste Bereiche eingeteilt. Oben befindet sich eine schmale Titelleiste. Hier wird neben dem Anlagennamen bzw. der Seitenüberschrift die aktuelle Zeit und das Datum angezeigt. Die Zeit wird über den VPN-Router mit dem Internet synchronisiert.

Auf der rechten Seite befindet sich die Button-Leiste, mit der die wichtigsten Seiten und Funktionen schnell erreichbar sind. Schaltflächen für Seiten, die höhere Benutzerrechte erfordern, sind deaktiviert und werden ausgeblendet.

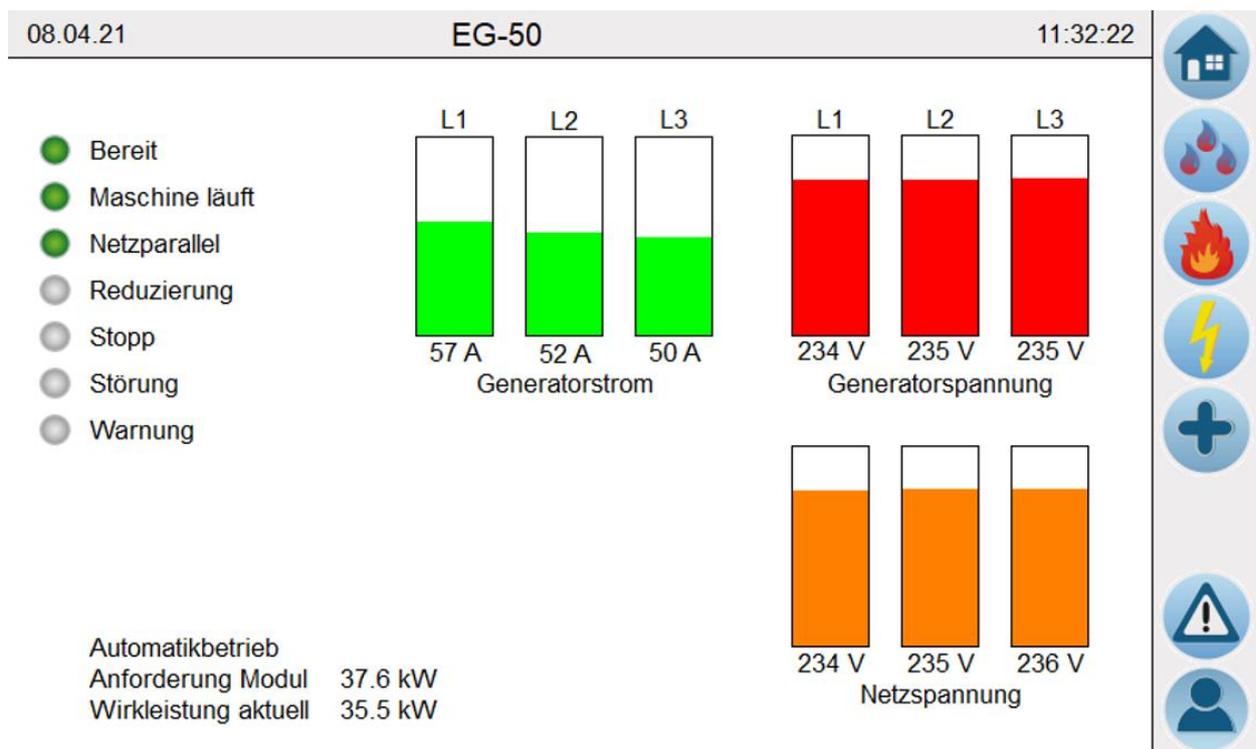


Abbildung 34 - Startseite

	Startseite
	R&I-Schema
	Handbedienebene
	Motordaten und Messwerte (Benutzerlevel 1)
	Elektrische Daten (Benutzerlevel 1)
	Menü (Benutzerlevel 1)
	Einstellungen (Benutzerlevel 2)
 	Alarm Blinkt rot sobald ein Alarm (Störung, Warnung oder Meldung) aktiv ist
 	Login bzw. Logout

7.2 Benutzer-Login

Grundlegende Informationen über das BHKW sind ohne Login aufrufbar. So werden zum Beispiel der Betriebszustand des BHKW und die Anforderung von einer überordneten Steuerung auf der Startseite dargestellt. Außerdem sind wichtige Prozesswerte wie Temperaturen und Drücke auf der Seite R&I-Schema abgebildet.

Für weitere Details ist ein Benutzer-Login erforderlich. Hierfür müssen auf der Login-Seite ein Benutzername und Passwort eingegeben werden.

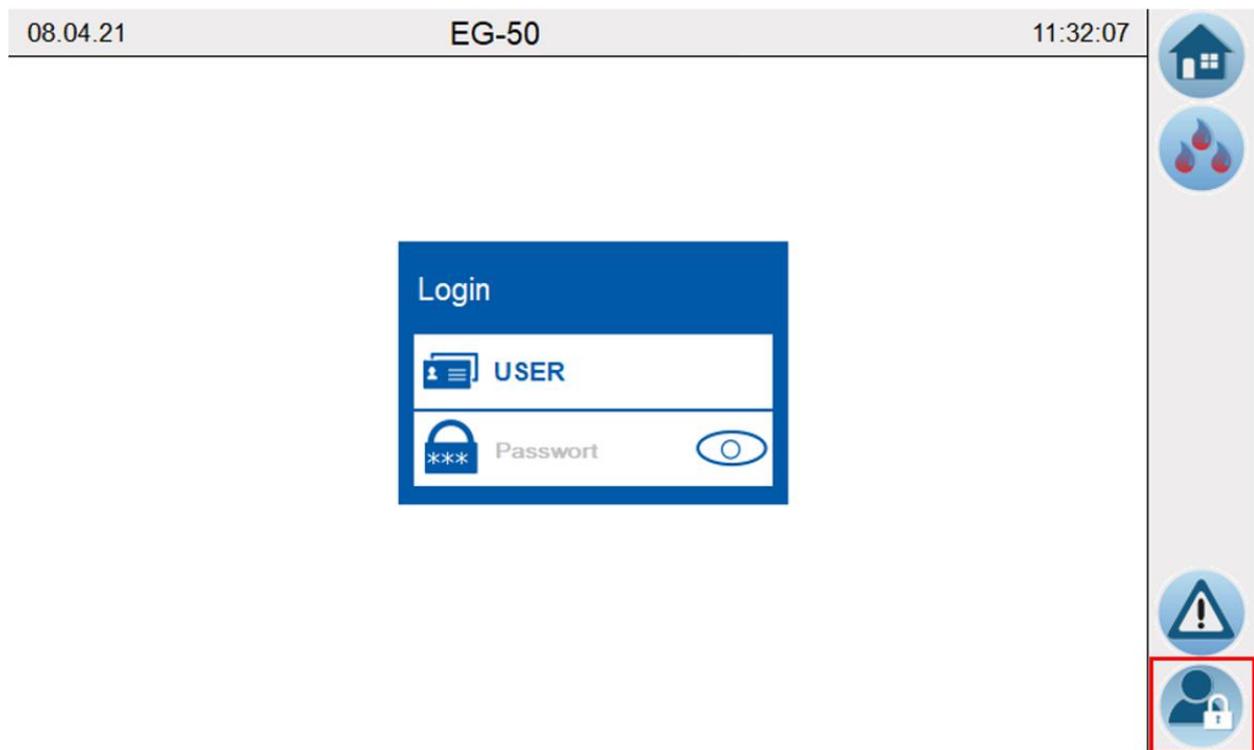


Abbildung 35 - Login-Seite

Die Benutzer USER und ADMIN sind mit folgenden Standardpasswörtern und Rechten voreingestellt:

Level	Benutzer	Standardpasswort	Rechte
0	(ausgeloggt)	-	Startseite, R&I-Schema, Alarme
1	USER	1111	erweiterte Anzeige von Prozesswerten und Daten sowie zusätzliche Menüs
2	ADMIN	*)	Werteänderung für Anlagenbetreiber

*) Bekanntgabe bei der Inbetriebnahme

Aus sicherheitsrelevanten Gründen ist es notwendig, die Standardpasswörter nach Inbetriebnahme des BHKW zu ändern. Haben mehrere Personen Zugang bzw. Zugriff auf das BHKW, können zusätzliche Benutzer angelegt werden. Hierfür muss der Kundendienst kontaktiert werden.

Das Passwort wird auf der Benutzerseite geändert. Diese erreicht man nach erfolgreicher Anmeldung unter Menü - Benutzer:

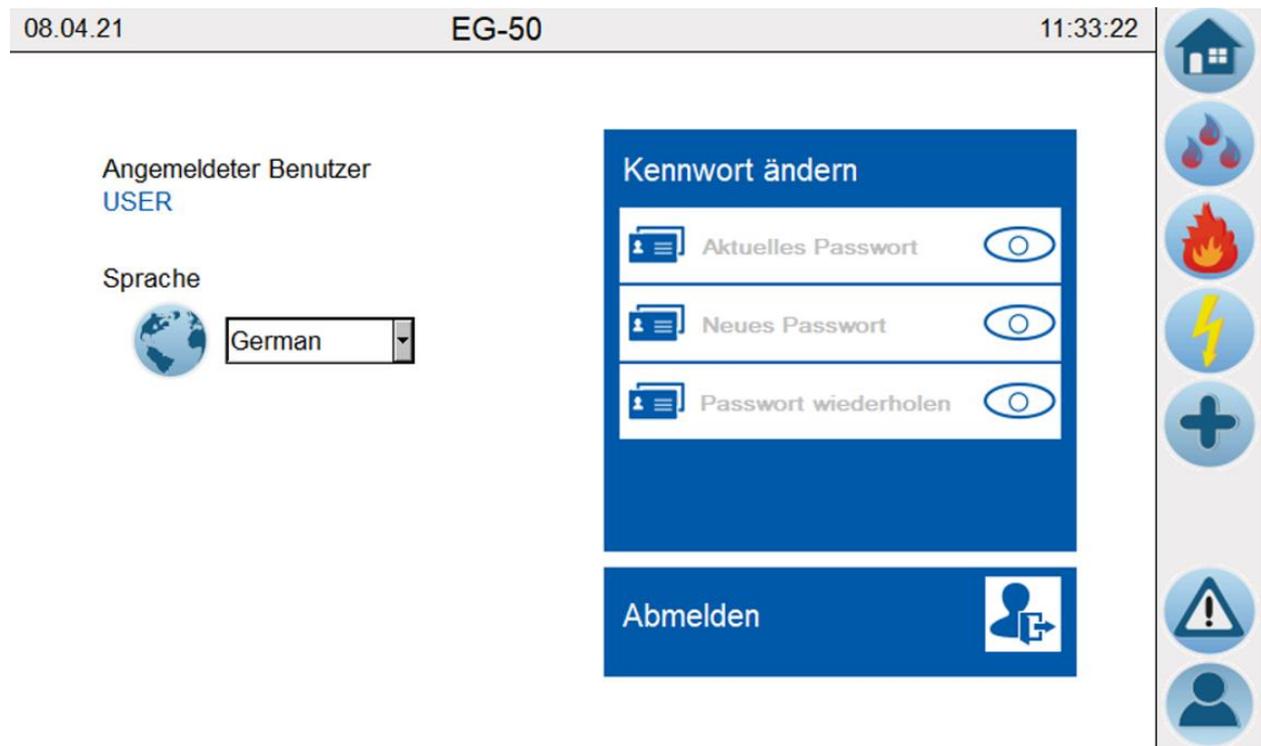


Abbildung 36 - Passwort ändern

Nach der Bedienung des BHKW ist ein Ausloggen erforderlich. Für das Ausloggen ist das unterste Icon in der Button-Leiste zu drücken. Ist kein Benutzer eingeloggt, wird das Icon mit Schloss angezeigt.

Nach einer Inaktivität von 1 Stunde wird der Benutzer automatisch ausgeloggt und die Startseite wird angezeigt.

7.3 Motordaten, Messwerte und elektrische Werte

Alle wichtigen aktuellen Motordaten und Messwerte werden auf einer Übersichtsseite dargestellt. Hier stehen aktuelle Messwerte aus verschiedenen Baugruppen des BHKW:

- Motor-Generator-Einheit (MGE)
- Brennstoff-Gemisch-System (BGS)
- Schmierölsystem (SOS)
- Abgassystem (AGS)
- Motorkühlkreis (MKK)
- Gemischkühlkreis (GKK)
- Wärmeauskopplung (WAK)

12.04.21		Aktuelle Motordaten und Messwerte		11:52:33		
MGE Drehzahl	1498 /min	Energie gesamt	129387 kWh	       		
GEN Frequenz	49.98 Hz	Betriebsstunden	2778 h			
MKK Temperatur Motoreintritt	80.3 °C	Starts	536			
MKK Temperatur Motoraustritt	84.6 °C	nächster Service in	668 h			
MKK Druck	1.52 bar	Ölwechsel in	668 h			
MGE Differenzdruck Motor	0.82 bar					
SOS Öltemperatur	99.3 °C	Batteriespannung	26.1 V			
SOS Öldruck	6.62 bar	Lambda-Regelung aktiv				
SOS Füllstand Ölwanne	74.8 %	Lambda	1.012			
WAK Temperatur Vorlauf	81.4 °C	BGS Gasmischer	18.8 %			
WAK Temperatur Rücklauf	48.6 °C	MGE Drosselklappe	34.9 %			
WAK Temperatur Eintritt PWU	63.7 °C	AGS Temperatur A	634.2 °C			
WAK Druck	2.02 bar	AGS Temperatur nach KAT	659.9 °C			
WAK Volumenstrom	2.1 m3/h	AGS Temperatur nach AWU	56.4 °C			

Abbildung 37 - Übersicht über aktuelle Motordaten und Messwerte

Zur besseren Übersicht sind die Messwerte des Generators und weitere elektrische Daten auf einer separaten Seite dargestellt.

08.04.21		Elektrische Daten		11:31:01
Automatikbetrieb		Sollwert aktuell	37.1 kW	
Freigabe	ein	Wirkleistung	36.9 kW	
Anforderung	ein	Blindleistung	-4.8 kvar	
Automatikbetrieb	74.2 %	Scheinleistung	37.5 kVA	
		Leistungsfaktor	0.98	
			untererregt	
Generatorspannung L1	235.2 V	Netzspannung L1	236.0 V	
Generatorspannung L2	236.1 V	Netzspannung L2	236.7 V	
Generatorspannung L3	236.6 V	Netzspannung L3	237.2 V	
Generatorfrequenz	50.00 Hz	Netzfrequenz	50.03 Hz	
Generatorstrom L1	58.4 A			
Generatorstrom L2	51.2 A			
Generatorstrom L3	49.6 A			
LF L1	0.991			
LF L2	0.974			
LF L3	0.984			

Abbildung 38 - Übersicht elektrische Daten

7.4 R&I-Schema

Um eine schnelle Übersicht über das komplette BHKW zu erhalten, sind wichtige Messwerte in einem vereinfachten R&I-Schema dargestellt.

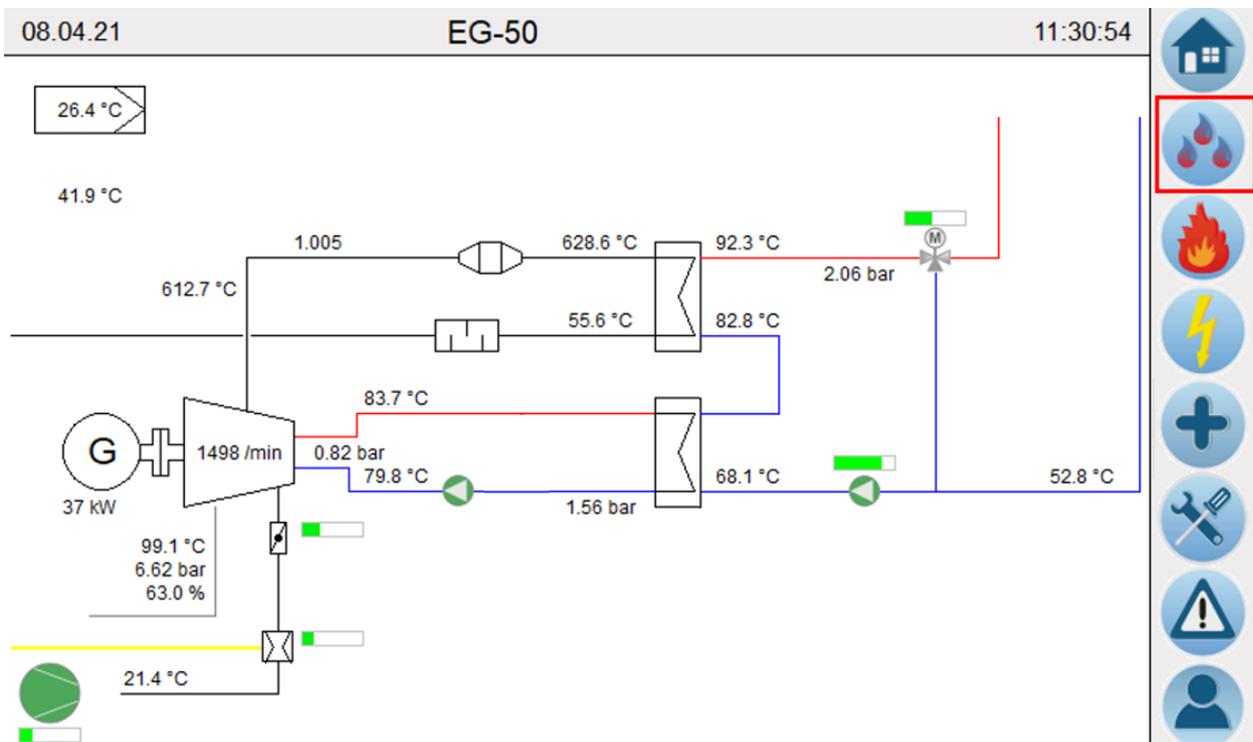


Abbildung 39 - R&I-Schema

Die Stellungen von Dreiwegeventilen bzw. Öffnungen des Gasmischers und der Drosselklappe werden als Balken dargestellt.

In Abbildung 39 - R&I-Schema ist ein Dreiwegeventil im Rücklauf der Wärmeauskopplung (WAK) dargestellt. Ist der Balken komplett grün, wird die erzeugte Wärme des BHKW dem Vorlauf der WAK zugeführt. Ist kein grüner Balken zu sehen, wird die gesamte Wärme über den Bypass der WAK zur Vorwärmung des Motors bzw. für eine konstant hohe Vorlauftemperatur verwendet. Dies geschieht während der Startphase des Motors oder bei geringen Rücklauftemperaturen in der WAK.

Die Öffnung von Dreiwegeventilen wird im Automatikbetrieb von der Modulsteuerung entsprechend der eingestellten Sollwerttemperaturen geregelt. Eine Handverstellung der Dreiwegeventile ist über die Seite Handbedienebene möglich.

7.5 Handbedienung

Die Handbedienebene erreicht man über Menü - Handbedienung. Der eingeloggte Benutzer kann auch den Schnellzugriff über das Hand-Icon in der Button-Leiste auf der R&I-Schema Seite nutzen.

Component	Mode	Setpoint	Value (%)
KON Lüfter	AUTO	0	0.0 %
MKK Pumpe	AUTO	0	
WAK Pumpe	AUTO	1	20.0 %
KON Umluftklappe	AUTO	HAND	0.0 %
RLA Ventil	AUTO	HAND	0.0 %
WAK Ventil	AUTO	HAND	50.0 %

Abbildung 40 - Handbedienebene

Die Hilfsbetriebe können manuell dauerhaft ein- oder ausgeschaltet werden. Es erscheint eine Meldung in der Alarmliste.

Für analoge Signale kann ein Sollwert vorgegeben werden. Der aktive Sollwert (gelb) und die Rückmeldung von dem Antrieb (grün) werden als Balken dargestellt.



Achtung!

Ein Sicherheitsstopp bewirkt das sofortige Trennen des Generators vom Netz. Das BHKW läuft aber, wie bei einer normalen Abwahl, die eingestellte Nachlaufzeit zur Abkühlung weiter und wird erst dann abgeschaltet.

Ein Notstopp bewirkt das sofortige Trennen des Generators vom Netz und ein sofortiges Stillsetzen des BHKW. Ist die Not-Halt-Kette oder die Sicherheitskette abgefallen, muss der Reset-Taster an der Modulsteuerung gedrückt werden, um die Sicherheitsrelais zu entriegeln.

Bei Drahtbruch wird eine weitere, untere Schwelle eines analogen Signals überwacht. Die Reaktion des Sicherheitssystems (Notstopp, Sicherheitsstopp oder Warnung) wird zusätzlich in der Alarmliste angezeigt.

Meldungen haben keinen direkten Einfluss auf das Betriebsverhalten des BHKW. Hierbei handelt es sich oft um die Handbedienung von Hilfsbetrieben, die zur weiteren Information angezeigt und gespeichert wird.

Unter Menü - Alarm Historie können die letzten 250 Alarmmeldungen mit Zeitstempel ausgelesen werden.

7.7 Filterlüfter und Austrittsfilter

Verschmutzte Filtermatten von Filterlüftern (7) und Austrittsfiltern (8) führen dazu, dass die Modulsteuerung unzureichend mit kühler Luft versorgt wird. Das kann von einem Temperaturanstieg in der Modulsteuerung bis hin zu einem BHKW-Stillstand führen. Je nach Staubaufkommen müssen die Filter regelmäßig kontrolliert und gegebenenfalls gewechselt werden.

7.8 Motor Frostschutz

Bei allen Erdgas- und Sondergas-BHKW ist eine Motor-Frostschutzfunktion programmiert.

Motor-Frostschutz:

Der Frostschutz ist nur beim stehenden Motor aktiv. Über den Button kann der Frostschutz ein- und ausgeschaltet werden.

0 = nicht aktiv

1 = aktiv

Funktionsablauf:

Ist beim stehenden Motor der Motor Frostschutz aktiv (Button „1“ und Betriebsart „AUTO“ oder „0“) und die „MKK Temperatur Motorausritt“ mit dem Einschaltwert von 3°C unterschritten, werden die Motorkühlkreispumpe (MKK-Pumpe) und die Wärmeauskopplungspumpe (WAK-Pumpe) eingeschaltet. Außerdem wird das Dreiwegeventil der Rücklaufanhebung vollständig geöffnet. Über den Rücklauf der Wärmeauskopplung wird der Motor erwärmt. Überschreitet die „MKK Temperatur Motorausritt“ den Ausschaltwert von 6°C schalten die Pumpen wieder ab und das Dreiwegeventil wird geschlossen.

24.03.21		Parameter MKK / WAK		07:19:30	
<u>Motor Frostschutz (AUTO - 0)</u> <input type="checkbox" value="1"/>		<u>WAK Vorlauftemperatur</u>			
Frostschutz ein	<input type="text" value="3.0 °C"/>	WAK Temperatur Vorlauf soll	<input type="text" value="90.0 °C"/>		
Frostschutz aus	<input type="text" value="6.0 °C"/>	WAK Pumpe Drehzahl	<input type="text" value="0.0 %"/>		
<u>Motor Vorwärmung (AUTO)</u> <input type="checkbox" value="0"/>		WAK Pumpe Drehzahl min	<input type="text" value="60.0 %"/>		
Vorwärmen ein	<input type="text" value="37.0 °C"/>	WAK Pumpe Drehzahl max	<input type="text" value="100.0 %"/>		
Vorwärmen aus	<input type="text" value="43.0 °C"/>				
<u>Motor Vorwärmung Heizstab (AUTO)</u> <input type="checkbox" value="0"/>					
Vorwärmen ein	<input type="text" value="37.0 °C"/>				
Vorwärmen aus	<input type="text" value="43.0 °C"/>				



Abbildung 42 - Parameter MKK / WAK mit Motor Frostschutz



Achtung!

Der Motor-Frostschutz funktioniert nur, wenn die Wärmeauskopplung warmes Heizwasser aus dem betreiberseitigen Heizwassersystem entnehmen kann. Wenn kein warmes Heizwasser entnommen werden kann, muss die Frostschutzfunktion deaktiviert werden.

8 Stromnetzanschluss

Anschlusschema (eipolig)

Das Anschlusschema (Abbildung 42) beinhaltet beispielhaft die Standardausstattung der Erzeugungseinheit (EZE) von Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen für den Einsatz im Netzparallelbetrieb ohne Inselbetrieb gemäß VDE-AR-N 4105:2018-11 bzw. VDE-AR-N 4110:2018-11. Diese Anwendungsregeln sind für Deutschland gültig.

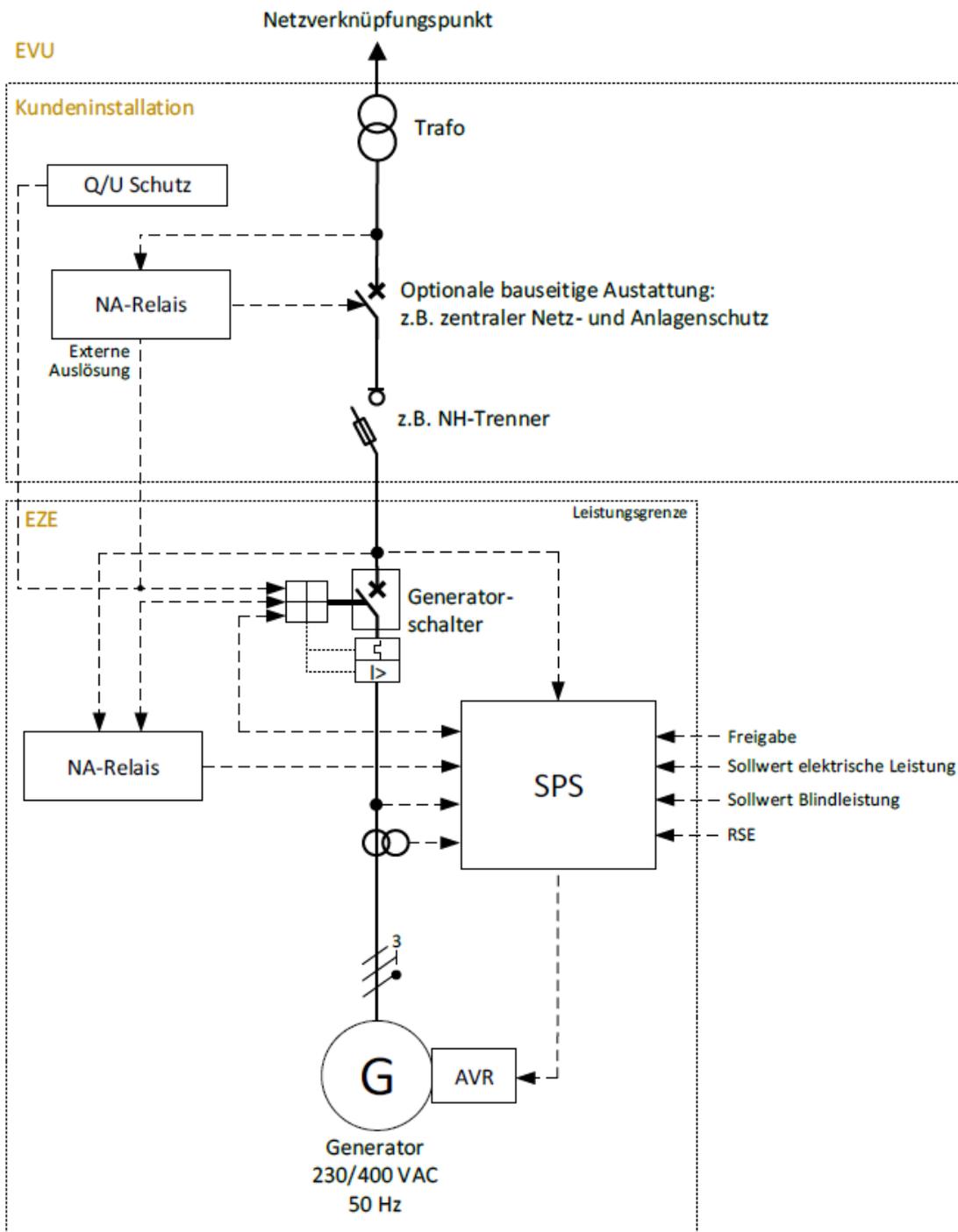


Abbildung 43 - Anschlusschema (eipolige Darstellung)
Beispiel gemäß VDE-AR-N 4105:2018-11 bzw. VDE-AR-N 4110:2018-11

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 (s. Tabelle Grundeinstellungen NA-Relais). In Kombination mit dem Generatorschalter, stellt es den integrierten Entkopplungsschutz nach VDE-AR-N 4110 Absatz 10.3.3.1 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 Entkopplungsschutzes, ist dies durch einen vorgelagerten und bauseits zu realisierenden Entkopplungsschutz zu realisieren.

Grundeinstellung NA-Relais		
Typ	Einstellung	Ansprechzeit
f>*	51,5 Hz	5 s
f>>*	52,5 Hz	0,1 s
f<*	47,5 Hz	0,1 s
f<<*	--	--
U>	253 V	0,1 s
U>>	287,5 V	0,1 s
U<	184 V	1,0 s
U<<*	103,5 V	0,3 s

*Wenn entsprechend der angewendeten Richtlinie gefordert.

Abbildung 44 - Grundeinstellung NA-Relais

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	
- Netzsynchroisation und Zuschalten Generatorschalter	
Spannungsdifferenz:	< 2 V
Frequenzdifferenz:	< 0,5 Hz
Phasenwinkeldifferenz:	< 8°
- Überwachungsfunktionen:	
Überstromschutz:	$I_r 0,6 - 0,95^*$
Rückleistungsschutz:	<0 A für 1 s
Stromasymmetrie im Gegensystem:	8 %
- Blindleistungsregelung	

Abbildung 45 - Funktionen der Modulsteuerung

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

- Freigabe (binär)
- Sollwert Wirkleistung



Hinweis!

Anforderung erfolgt bei Sollwert > Minimalleistung des BHKW

- Sollwert Blindleistung
- Fern-Quittierung Störung (binär)

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.

Netzstützende Maßnahmen

Das BHKW (EZE Typ 1) realisiert entsprechend VDE-AR-N 4110 folgende netzstützende Maßnahmen:
Quasistationärer Betrieb

- Betrieb in Frequenzbereichen von 47,5 Hz bis 51,5 Hz
- Betrieb bei Spannungen von 85% U_c bis 115% U_c (teilweise zeitlich begrenzt)

Statische Spannungshaltung / Blindleistungsbereitstellung

- Blindleistungs-Spannungskennlinie Q(U)
- Kennlinie Blindleistung als Funktion der Wirkleistung Q(P)
- Blindleistung mit Spannungsbegrenzungsfunktion
- Verschiebungsfaktor $\cos \phi$

Dynamische Netzstützung

- Durchfahren von Netzfehlern im Rahmen der Anforderungen der VDE-AR-N 4110 Abschnitt 10.2.3.2.1

Wirkleistungsabgabe

- Bei Zuschaltungen nach VDE-AR-N 4110 Abschnitt 10.4 erfolgt die Leistungsänderung zwischen 0,66% Pb inst/s und 0,33% Pb inst/s

Netzsicherheitsmanagement

Zur Einbindung eines durch den Netzbetreiber geforderten Rundsteuerempfänger (RSE) sind folgende Eingänge vorgesehen:

- 100% Freigabe Volleinspeisung
- 60% Leistungsreduzierung Stufe 1
- 30% Leistungsreduzierung Stufe 2 (30 % max. 500 h/a davon max. 5 h am Stück)
- 0% keine Einspeisung
- Not-Stopp, sofortige Trennung vom Netz

Ist die maximal zulässige Leistung des Rundsteuerempfänger kleiner als die technische Mindestleistung der Erzeugungseinheit, wird das BHKW gestoppt.

Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz

- Schnelle Frequenzänderungen (RoCoF) werden im in der VDE-AR-N 4110 Abschnitt 10.2.4.3 gefordertem Rahmen durchfahren

Entsprechend VDE-AR-N 4110 Abschnitt 10.3.1 ist eine Schutzauslösung durch Vektorsprung deaktiviert. Die Wiedereinspeisung nach einem Netzfehler erfolgt gemäß VDE-AR-N 4110 Abschnitt 10.4.2. Bei Verlust der statischen oder transienten Stabilität erfolgt eine Netztrennung.

9 Sicherheitseinrichtungen

Das BHKW ist mit folgenden Sicherheitseinrichtungen ausgestattet:

9.1 Hauptschalter (s.a. Kapitel - Modulsteuerung (MST))

Mit dem Hauptschalter wird die Versorgungsspannung (400 VAC und 24 VDC) für die gesamten Modulsteuerung ein- bzw. ausgeschaltet. Der Hauptschalter kann sich auch an einer Seite der Modulsteuerung befinden.



Achtung!

Auch bei ausgeschaltetem Hauptschalter liegt an einzelnen Komponenten der Modulsteuerung weiterhin Spannung an! Zum Beispiel das Licht und die Steckdosen funktionieren auch bei ausgeschalteter Modulsteuerung.

9.2 Not-Halt-Pilztaster (s.a. Kapitel - Modulsteuerung (MST))

Der Not-Halt-Taster wirkt direkt auf das Not-Halt-Relais und die Not-Halt-Kette. Er setzt den Motor und Hilfsbetriebe sofort außer Betrieb. Der Generatorschalter wird über die Unterspannungsspule geöffnet, die Gasventile werden geschlossen und die Zündung wird deaktiviert.



Achtung!

Bei BHKW mit Gaswarneinrichtung und ausgelösten Gasalarm kann der Ventilator auch bei Not-Halt anlaufen!

9.3 Temperaturüberwachung

Zur Verhinderung von Temperaturüberschreitungen sind folgende Sicherheitseinrichtungen integriert:

- Temperaturbegrenzer (STB) in der WAK
- Temperatursensoren in der WAK
- Temperatursensoren im MKK
- Temperatursensoren Zuluft und Abluft
- Temperatursensoren im AGS, z.B. nach Motorausritt, nach dem Katalysator und nach dem Abgaswärmeübertrager
- Temperatursensor im GKK (nur Motoren mit Turboaufladung)
- Temperatursensor in der Gasleitung (Sondergas)

9.4 Drucküberwachung

Zur Verhinderung von Drucküberschreitungen sind folgende Sicherheitseinrichtungen integriert: Sicherheitsdruckbegrenzer (SDB) in der WAK (thermische Leistung > 300 kW)

- Sicherheitsventil in der WAK
- Sicherheitsventil im MKK
- Sicherheitsventil im GKK (nur Motoren mit Turboaufladung)
- Drucksensoren in der WAK
- Drucksensoren im MKK
- Differenzdrucksensoren im MKK
- Drucksensoren im GKK (nur Motoren mit Turboaufladung)
- Drucksensoren im SOS
- Drucksensor in der Gasleitung (Sondergas)

9.5 Sicherheits-Gasdruckregelstrecke

Bei Erdgas-BHKW:

- Sicherheits-Gasdruckregelstrecke mit Doppelmagnetventilen
- Doppelmagnetventile mit Dichtheitsüberwachung (Feuerungswärmeleistung > 350 kW)
- Gaskugelhahn mit thermischer Absperreinrichtung (TAE) zum Absperren der Gaszufuhr
- Gasdruckwächter Min

Bei Sondergas-BHKW:

- Sicherheits-Gasdruckregelstrecke mit Doppelmagnetventilen
- Doppelmagnetventile mit Dichtheitsüberwachung
- Deflagrationssicherung zur Verhinderung von Flammendurchschlägen
- Gaskugelhahn

- Gasabsperreklappe mit elektrischem Antrieb, selbstständiges Schließen bei Auslösen der Gaswarneinrichtung
- Gasdruckwächter Min

9.6 Ölniveau-Überwachung für Motorölwanne

Jedes BHKW ist mit einer zuverlässigen Überwachung des Ölniveaus ausgerüstet. Diese realisiert die Ölstandüberwachung, die Ölnachfüllung, aber auch einen automatischen Ölwechsel (nur EG-50 BW). Die Überwachung des optimalen Ölstandes und die Signalisierung von geringem Ölstand oder einer Überfüllung mittels der Ölniveau-Überwachung ist für stationäre Gasmotoren, die im Dauerbetrieb laufen, eine Notwendigkeit. Die automatische Ölnachfüllung ermöglicht einen aufsichtslosen Betrieb. Unterschreitet der Ölstand den Schaltpunkt, gibt die Modulsteuerung ein Signal an ein Magnetventil oder an eine Nachfüllpumpe (EG-50 BW). Dem Motor wird nun so lange Frischöl zugeführt, bis der eingestellte Wert der max. Füllstandhöhe erreicht ist.

10 Einbringung und Aufstellung von BHKW mit Schalldämmverkleidung

10.1 Sicherheitshinweise

Die Abladung und Einbringung ist von Fachpersonal auszuführen, welches für den Umgang mit Hebe- und Transportwerkzeug geschult wurde.

Die Bedienungsanleitungen der jeweiligen Hilfsmittel (z.B. Hebezeug, Stockwinden, Schwerlastrollen) sind zu beachten.

Es wird empfohlen, diese Arbeiten mit mindestens 4 Personen durchzuführen, sodass beim Transport jede Seite des BHKW durchgängig beaufsichtigt werden kann.

Die personelle Anordnung muss dabei so erfolgen, dass sich immer mind. 2 Personen direkt sehen und kommunizieren können.

Empfohlen wird die Positionierung jeweils einer Person an einer Ecke, sodass jeder 2 weitere Mitarbeiter und 2 Seiten im Blick haben kann.

Für Abladung, Einbringung und Aufstellung sind bauseitig notwendig:

- Für BHKW außer EG-50 BW / EGC (50) - ein Kran mit Gurten bzw. Ketten entsprechend der BHKW-Last oder ein geeigneter Gabelstapler
- Für BHKW EG-50 BW / EGC (50) - ein geeigneter Gabelstapler oder ein langer Hubwagen mit einer Tragkraft von mindestens 2,5 t
- Spreiztraversen (bei Bedarf)
- 4 Schwerlastrollen (mind.)
- 2 Stockwinden (mind.)

Im Lieferumfang seitens des BHKW-Herstellers sind enthalten:

- 2 Transporttraversen (montiert)
- 2 Aufstellhilfen (Beipack)
- 1 Satz Gummigranulat-Streifen bzw. 1 Satz Sylomerstreifen (Beipack)

Alle Bilder dienen der beispielhaften Anschauung. Die notwendigen Arbeitsmittel sind entsprechend der Transportgewichte und örtlichen Gegebenheiten auszuwählen.

Es ist die empfohlene Persönliche Schutzausrüstung (PSA) zu verwenden.

Hierzu zählen mindestens:



Schutzhelm



Handschuhe



Sicherheitsschuhe

Hinsichtlich des jeweiligen Arbeitsumfeldes ist weitere Sicherheitsausrüstung zu tragen, wie z.B. Warnwesten im öffentlichen Verkehrsraum oder bei schlechten Sichtverhältnissen.

Sobald die Witterungsverhältnisse oder Umgebungsbedingungen einen sicheren Transport gefährden, ist das Transportgut fachgerecht zu sichern und die Arbeiten sind zu unterbrechen.

10.2 Abladung vom LKW

Vor der Abladung ist das BHKW auf Transportschäden zu prüfen. Sofern Beschädigungen am Holzrahmen oder der Folie zu erkennen sind, sind diese zu dokumentieren und dem Transportunternehmen sofort anzuzeigen. Sollten darüber hinaus Schäden am BHKW selbst zu erkennen sein, sind diese ebenfalls umgehend mit Bildmaterial dem BHKW-Hersteller anzuzeigen. Je nach Schadensbild wird der weitere Ablauf abgestimmt. Das Entladen des BHKW vom LKW mit einem Kran (außer EG-50 BW / EGC (50)) oder einem Gabelstapler, muss gemäß Angabe der Lasten (BHKW-Datenblatt) erfolgen. Bei Abladung mit einem Kran müssen die Anschlagpunkte der Transporttraversen genutzt werden. Der BHKW-Schwerpunkt ist auf beiden Seiten mittelst Aufkleber dargestellt.



Abbildung 46 - BHKW mit Transportverpackung

10.2.1 Abladung und Transport (außer EG-50 BW / EGC (50))

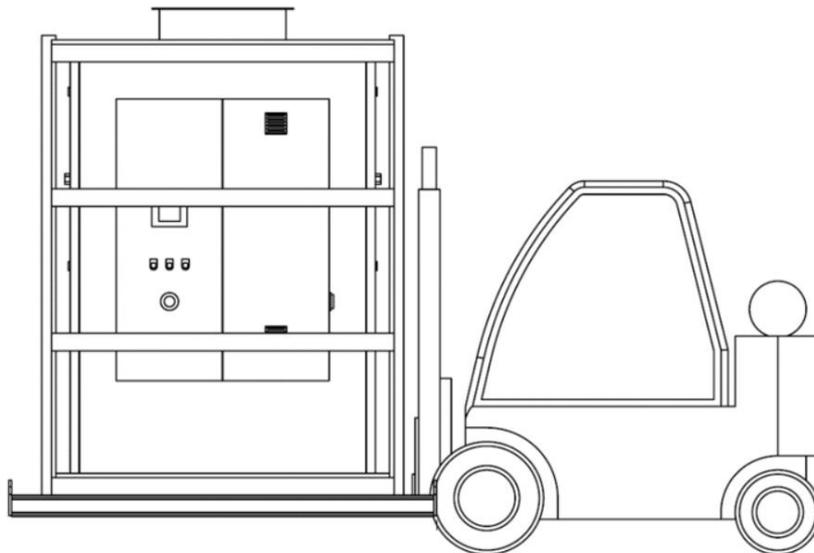


Abbildung 47 - Abladung und Transport mit dem Gabelstapler

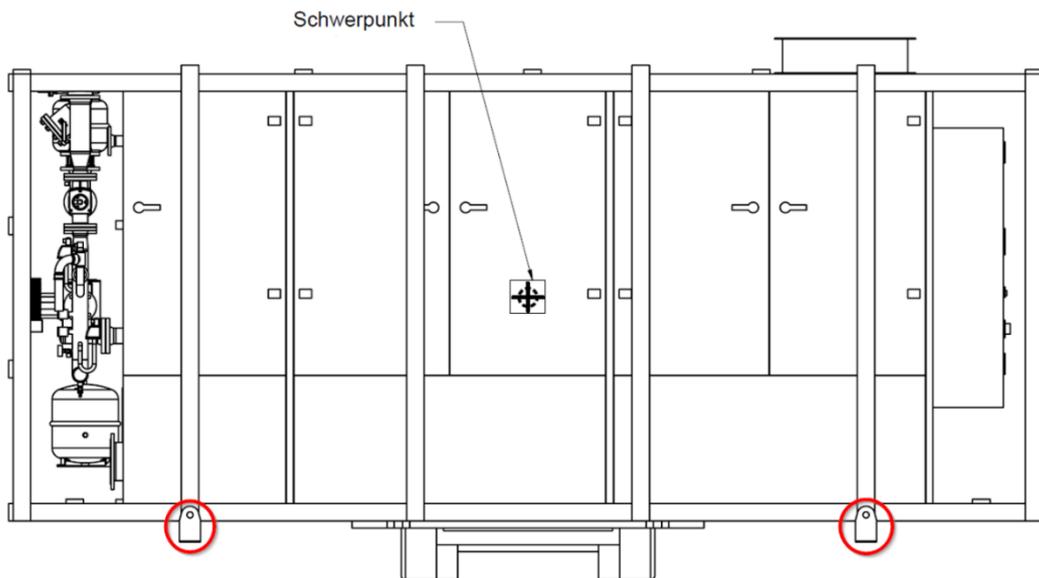


Abbildung 48 - Abladung mit dem Kran
mittels Spreiztraversen über die Anschlagpunkte der Transporttraversen (eingekreist)

Es ist zu beachten, dass die Gurte oder Ketten die Transportverpackung und Schalldämmverkleidung des BHKW nicht zusammendrücken oder beschädigen. Um dies zu verhindern, müssen bei Bedarf Spreiztraversen eingesetzt werden.

10.2.2 Abladung und Transport für EG-50 BW / EGC (50)

Das BHKW wird mit dem Gabelstapler zum Transport unterfahren und am Stahlrahmen angehoben, ohne den Holzrahmen zu belasten.

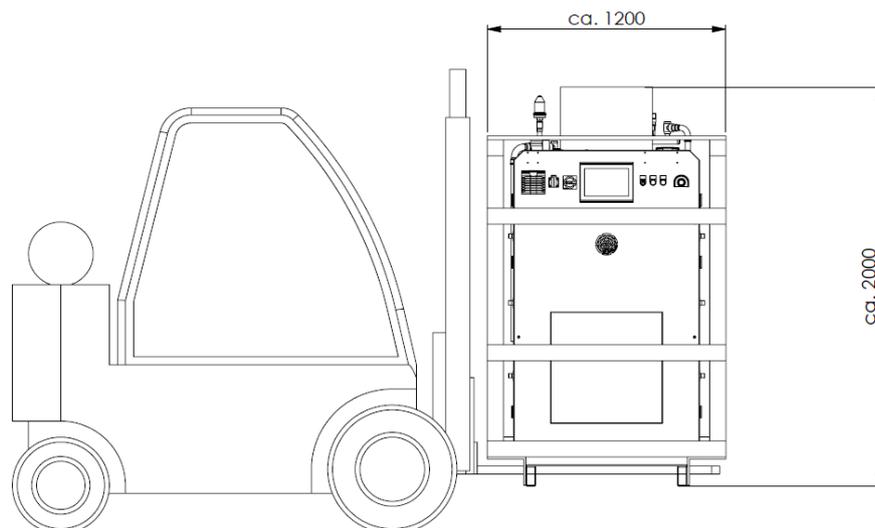


Abbildung 49 - Abladung und Transport mit dem Gabelstapler

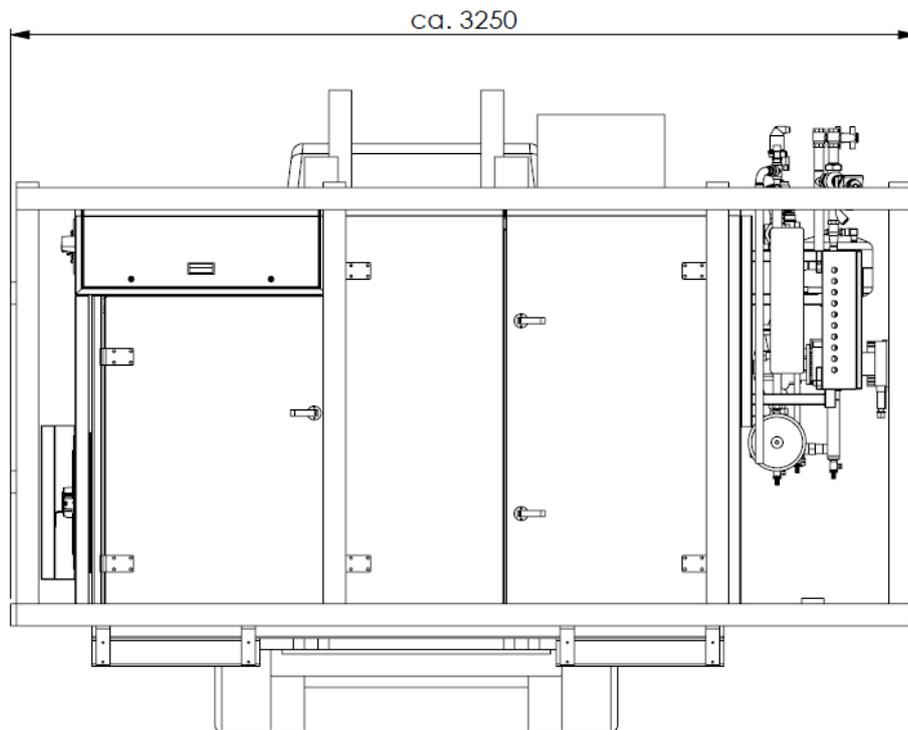


Abbildung 50 - Abladung und Transport mit dem Gabelstapler

10.3 Einbringung des BHKW

Das BHKW ist auf ebenerdigem tragfähigem Grund vor der Einbringöffnung abzusetzen. Sofern der Transportweg zum Aufstellungsort schmaler als die Breite der Transportverpackung ist, müssen das Holzgestell und die Transporttraversen demontiert werden. Sofern Fragen zur örtlichen Einbringung bleiben, sind diese mit dem BHKW-Hersteller abzustimmen.

10.3.1 Einbringung (außer EG-50 BW / EGC (50))

Um die Traversen zu demontieren, muss die Folie unten am BHKW entfernt und die unteren Schalldämmverkleidungen (Abbildung 50, links) müssen abgebaut werden.



Abbildung 51 - BHKW auf Transporttraversen und Schwerlastrollen (rechts)

Um das BHKW anzuheben sind 2 Stockwinden und 2 Aufstellhilfen notwendig.

Das BHKW muss nacheinander vorn und hinten angehoben werden, es darf nicht seitlich gekippt werden.

Die beiden Aufstellhilfen im Rahmen beidseitig gegenüber liegend einsetzen und mit den Stockwinden gleichmäßig anheben.

Wenn die Stockwinden gesichert sind, können die Transporttraversen abgeschraubt und entfernt werden.



Abbildung 52 - Stockwinde und Aufstellhilfe



Abbildung 53 - Handhabung der Stockwinden und Aufstellhilfen

Anschließend ist das BHKW gleichmäßig auf 2 Schwerlastrollen abzusetzen und gegen Wegrollen zu sichern.

Danach im gleichen Ablauf die hintere Seite des BHKW anheben, die Transporttraversen entfernen und auf die Schwerlastrollen absetzen.

Sofern kleine Absätze zu überwinden sind, werden die Schwerlastrollen ca. 50 cm hinter der Vorderkante des Grundrahmens positioniert. So kann das BHKW über die Schwelle geschoben werden und dann mit Hilfe der Aufstellhilfen angehoben und die Schwerlastrollen nach vorn versetzt werden. Dies ebenso bei den hinteren Rollen.

Auf den Schwerlastrollen das BHKW zum Aufstellort bringen. Es ist darauf zu achten, dass Zug- oder Druckbelastungen die Schalldämmverkleidung, die Wärmeauskopplung und die Modulsteuerung nicht beschädigen.

Hilfsmittel dürfen hierzu nur am Grundrahmen abrutschsicher angesetzt werden.

Am Aufstellungsort des BHKW sind die Schwerlastrollen so zu sichern, dass diese nicht wegrollen können.

10.3.2 Einbringung für EG-50 BW / EGC (50)

Das BHKW steht auf Aufstellfüßen aus Rechteck-Stahlprofil 100 mm x 50 mm und ist mittels eines langen Hubwagens mit einer Traglast von mindestens 2,5 t oder mit zwei Hubwagen (1 x front- und 1 x rückseitig) mit einer Traglast von mindestens je 2 t zum Transport zu unterfahren. Es wird unter dem Stahlrahmen angehoben, ohne den Holzrahmen zu belasten. Nur der umlaufende Stahlrahmen ist statisch belastbar. Es ist darauf zu achten, dass das BHKW zentriert über den Schwerpunkt gleichmässig angehoben wird und nicht in Kippgefahr geraten kann.

Anschließend wird das BHKW zum Aufstellort gefahren.

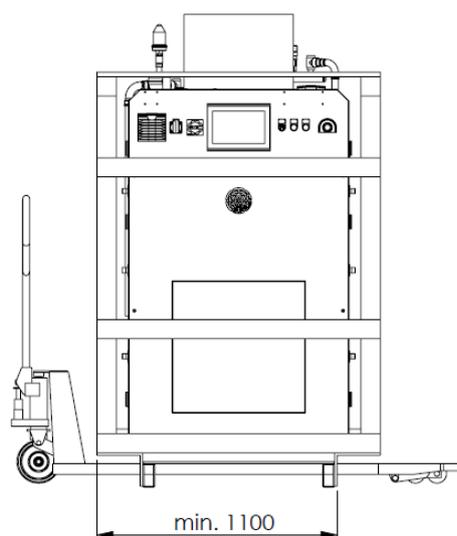


Abbildung 54 - Transport mit einem langen Hubwagen (Tragkraft mindestens 2,5t)

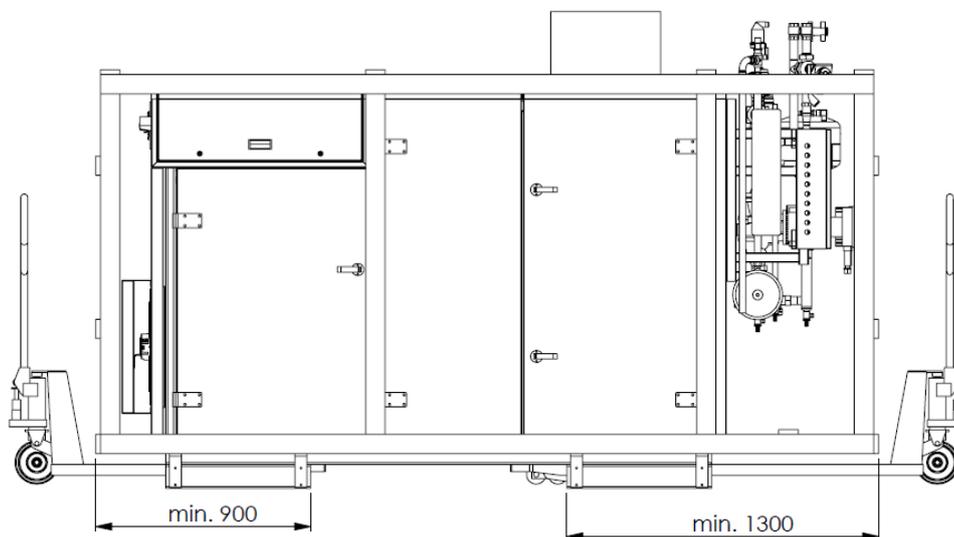


Abbildung 55 - Transport mit 2 Hubwagen (Traglast mindestens je 2t)

10.4 Positionierung und Aufstellung (außer EG-50 BW / EGC (50))

Wenn die Positionierung am Aufstellungsort ausreichend ist, kann das BHKW entsprechend des zuvor beschriebenen Ablaufes angehoben und direkt von den Schwerlastrollen die umlaufenden Gummi-
granulat-Streifen (schwarz, im Lieferumfang enthalten) abgesetzt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Streifen gleichmäßig und aneinanderstoßend untergelegt werden.

Ist eine präzisere Positionierung bzw. Korrektur notwendig, muss das BHKW zuerst auf dem Betonboden abgestellt werden. Anschließend können die Stockwinden und die Kanthölzer genutzt werden. Damit ist eine Verschiebung des BHKW auf dem Fundament möglich. Dafür werden die Stockwinden und die Kanthölzer liegend zwischen dem Grundrahmen und einer tragenden Wand montiert. Mit den Stockwinden ist dann die Verschiebung möglich. Nur auf den Grundrahmen darf seitlicher Druck ausgeübt werden. Es ist darauf zu achten, dass auf die Schalldämmverkleidung und Rohrleitungen keine Belastung erfolgt.

Danach kann das BHKW wieder wie beschrieben angehoben und auf die Gummigranulat-Streifen abgesetzt werden.

Die Gummigranulat-Streifen müssen außen abschließend mit dem Grundrahmen unterlegt werden. Dieser besteht aus einem Rechteck Stahlprofil 100 mm hoch und 50 mm breit. Die 50 mm Kante ist umlaufend mit den 50 mm breiten Gummigranulat-Streifen zu unterlegen.

Nur so sind die geplanten Funktionen der Gummigranulat-Streifen optimal zu realisieren:

- Schwingungsentkopplung
 - Schalldämmung
 - Rutschhemmung

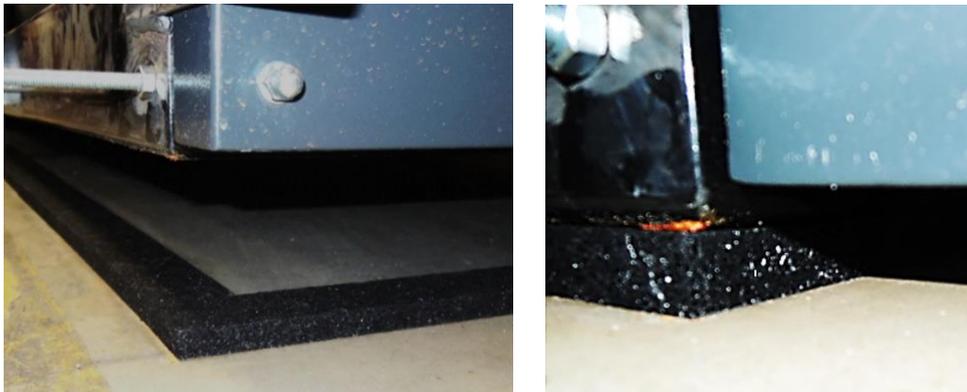


Abbildung 56 - Aufstellung BHKW auf Gummigranulat-Streifen (schwarz)

Die umlaufenden Schalldämmplatten dürfen nicht auf den Streifen aufsetzen.

Nachdem das BHKW ausgerichtet und aufgestellt wurde, sind die unteren Schalldämmverkleidungen wieder zu montieren.

Zum Schutz des BHKW während der Bauphase ist die Schutzfolie wieder zu verschließen und je nach Bautätigkeiten der Holzrahmen zu montieren.

Die beiden Transporttraversen mit Befestigungsmaterial und die beiden Aufstellhilfen gehören zum Lieferumfang und sind bauseitig sicher zu lagern, um bei Bedarf zu Wartung- / Revisionszwecken genutzt werden zu können.

10.5 Positionierung und Aufstellung für EG-50 BW / EGC (50)

Das BHKW ist am Aufstellort abzuladen und auszurichten. Zwischen den 4 Kastenprofilen vom Grundrahmen (Rechteck-Stahlprofil 100 mm hoch und 50 mm breit) und dem bauseitigen Fundament bzw. der Aufstellfläche müssen elastische Streifen gelegt werden. Im Standardfall kommen die mitgelieferten Sylomerstreifen (braun) zur Schwingungs- und Körperschallentkopplung zum Einsatz. Diese werden vollflächig unter die Kastenprofile gelegt.

Für erhöhte Anforderungen zur Körperschallentkopplung, können Schwingungsdämpfer eingesetzt werden, welche gegen Abrutschen gesichert unter dem tragenden Rahmen zu befestigen sind.



Abbildung 57 - Aufstellung EG-50BW / EGC (50) auf Sylomerstreifen

10.6 Aufstellung bei erhöhten Schallanforderungen

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.

11 Installation, Inbetriebnahme und Betrieb des BHKW

11.1 Qualifizierung des Personals



GEFAHR!

Eine Inbetriebnahme des BHKW darf nur von einer Fachfirma mit speziell durch den BHKW-Hersteller für diese Aufgaben unterwiesenen und autorisiertem Personal ausgeführt werden.
Die Unfallverhütungsvorschriften sind zu beachten!



HINWEIS!

Die Erstinbetriebnahme durch den Kundendienst ist mit der Inbetriebnahme-Bereitschaftsanzeige rechtzeitig, mindestens 2-4 Wochen vor dem gewünschten Termin, anzumelden.
Dafür ist die „Checkliste vor der Inbetriebnahme“ vom Auftraggeber vollständig auszufüllen und zu unterschreiben. Diese ausgefüllte Checkliste muss dem BHKW-Hersteller zwei Wochen vor der geplanten Inbetriebnahme vorliegen. Liegt die Checkliste nicht ausgefüllt vor, wird kein Termin vereinbart und bestätigt.



HAFTUNG!

Die Einbauüberprüfung und Inbetriebnahme des BHKW dürfen nur durch autorisiertes Personal durchgeführt werden.

Folgendes ist zu beachten:

- Den Motor muss immer mit ausreichend Schmieröl- und Kühlflüssigkeit befüllt sein.
- Beim Anlassen keine zusätzlichen Starthilfen (z.B. Startpilot) verwenden.
Den unter Vollast laufenden Motor nicht sofort abstellen. Die Lastabnahme muss über eine Rampenregelung von 100% bis 0% über einen Zeitraum von mindestens 3 Minuten reduziert werden und dann 2 Minuten ohne Last nachlaufen. Dadurch wird die thermische Belastung des Motors minimiert.
- Niemals kalte Kühlflüssigkeit in einen überhitzten Motor einfüllen!
- Motoröl nicht über die max.-Kerbe am Messstab einfüllen. Bei Nichtbeachtung können schwere Motorschäden auftreten.
- Funktionsprüfung der Kontroll- und Überwachungsgeräte (Ladekontrolle, Öldruck, Kühlflüssigkeitstemperatur)

Der gasförmige Brennstoff muss den Mindestanforderungen an die Gasqualität entsprechen (Anforderungen vom Motoren-Hersteller). Nur Betriebsstoffe entsprechend den Vorschriften verwenden, anderenfalls erlischt die Hersteller-Sachmängelhaftung!

11.2 Installation und Betrieb

- Das BHKW darf nur vom BHKW-Hersteller oder von einem autorisierten Fachbetrieb aufgestellt und in Betrieb genommen werden.

Folgendes ist zu beachten:

- Die örtlichen Baubestimmungen über die Aufstellbedingungen
- Die örtlichen Baubestimmungen über die Zu- und Ablufteinrichtungen sowie des Schornsteinanschlusses

- Die Bestimmungen für den elektrischen Anschluss an die Stromversorgung
- Die technischen Anschlussregeln des Gasmotors an das örtliche Gasnetz des Gasversorgungsunternehmens
- Die Vorschriften und Normen über die sicherheitstechnische Ausrüstung der Heizwasseranlage
- Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften und die Arbeitsstättenverordnung
- Die Vorschriften kommunaler Verwaltungsbehörden und der örtlichen Energieversorgungsunternehmen bezüglich des Netzparallelbetriebes

11.3 Betriebsbereitschaft

11.3.1 Brennstoffversorgung

Die Versorgung mit Brenngas gemäß den Mindestanforderungen an Otto-Gasmotoren in der entsprechenden Qualität muss gewährleistet sein. Hier müssen die Mindestanforderungen an die Gasqualität für Gasmotoren eingehalten werden. Die Grenzwerte sind im Kapitel 6.6 unter Brennstoff-Gemisch-System aufgeführt.

11.3.2 Schmierölstand im Motor

Gefahr von Sachschäden durch falsche Ölmenge

- Niemals mehr als die angegebene Ölmenge einfüllen
- Sicherstellen, dass der Ölstand richtig ist
- Der Schmierölstand muss sich innerhalb der Min / Max-Markierung auf der Ölniveau-Überwachung und auf dem Ölmesstab befinden.

Die Motorölwanne muss immer mit freigegebenen Schmieröl gemäß Freigabelisten des Motoren-Herstellers gefüllt sein.

11.3.3 Motortemperatur

Die Motortemperatur muss bei Stillstand immer im frostfreien Bereich sein, um Schäden zu vermeiden. Zudem ist eine höhere Stillstandtemperatur dienlich für einen schnellen Motorstart.

Während des Betriebes muss die Temperatur der Motorkühlflüssigkeit zwischen 80 - 88°C betragen.

11.3.4 Kühlflüssigkeitsstand

Der Motorkühlkreis arbeitet unter Vordruck, er ist sie ständig dicht zu halten. Die Kühlflüssigkeit muss sich aus Wasser und vom Motoren-Hersteller zugelassenem Gefrierschutzmittel zusammensetzen, damit ein ausreichender Korrosions- und Frostschutz besteht. Des Weiteren muss die Qualität des Wassers der Vorschrift des Motoren-Herstellers entsprechen.

Kühlflüssigkeiten in Motor- und Gemischkühlkreisen müssen 40 - 50% Korrosions- und Frostschutzmittel enthalten.

11.3.5 Füll- und Ergänzungswasser in Kühl- und Heizkreisen

Bei Füll- und Ergänzungswasser in Kühl- und Heizkreisen müssen die Grenzwerte gemäß aktueller VDI 2035 beachtet werden. Diese Wasserqualität ist notwendig, um Schäden (z.B. Kalkablagerungen, Korrosionen sowie Materialschäden) zu vermeiden. Es gilt die VDI 2035 in der aktuellen Fassung.

Kühlflüssigkeiten in Motor- und Gemischkühlkreisen müssen Korrosions- und Frostschutzmittel enthalten. Bauteile (z.B. Wärmeübertrager) in BHKW- Wärmeauskopplungskreisen werden standardmäßig für Wasser ohne Frostschutzmittel geplant und ausgelegt. 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 Heizwasserkreisen Einfriergefahr besteht, müssen auch diese Kreise Frostschutzmittel enthalten.

11.3.6 Starterbatterien

Die Batterien müssen immer vollständig aufgeladen sein, Säure bzw. Lauge müssen an der oberen Marke anstehen. Eine Prüfung gemäß Wartungsplan auf korrekte Funktionalität muss erfolgen. Um ein Entladen der Starterbatterien zu verhindern, muss bei einem längeren, beabsichtigten Wegschalten der Netzspannung das BHKW am Hauptschalter ausgeschaltet werden. Ist das Ausschalten nicht umsetzbar, sind die Hilfsbetriebe (inkl. Ladegerät/Netzteil) über den vorhandenen Anschluss dauerhaft separat zu versorgen (Klemme -X16, Schaltplan: separate Einspeisung für Hilfsbetriebe).

11.3.7 Stillstandmaßnahmen

Um ein Blockieren der Pumpen bei langen Stillstandzeiten zu vermeiden, erfolgt nach einer Stillstandzeit von 24 Stunden ein automatischer Pumpenkick (Pumpenanlauf). Die Pumpen laufen dann für 10 Sekunden an.

Bei Dreiwegeventilen erfolgt ein automatischer Ventillauf, wenn der Antrieb 7 Tage nicht in Betrieb war. Dieser beinhaltet das komplette Öffnen und Schließen des Ventils.

11.4 Weitere wichtige Hinweise

Die Installation eines BHKW muss bei den zuständigen Gas- und Stromversorgungsunternehmen angezeigt und genehmigt werden.

Durch einen zugelassenen Fachbetrieb sind die Dichtheit der Gasleitung und der Abgasleitungen entsprechend den örtlichen Vorschriften zu prüfen und zu dokumentieren lassen (schriftliche Bescheinigung des Druckprotokolls). Ansonsten darf das BHKW nicht in Betrieb genommen werden.

Es ist darauf achten, dass regional bedingte Genehmigungen für die Abgasanlage und den Kondensatanschluss an das öffentliche Abwassernetz erforderlich sind.

11.5 Werkzeuge, Materialien und Hilfsmittel

Für die Installation des BHKW sind Standardwerkzeuge der Bereiche Heizungsbau, Gas- und Wasserinstallation erforderlich. Darüber hinaus sind Hebe- und Transportgeräte zum Anheben und Verschieben des BHKW notwendig.

11.6 Betriebsstoffe

Folgende Betriebsstoffe werden eingesetzt:

- Brennstoffe
- Motor-Schmieröle
- Kühlflüssigkeiten
- Heizwasser
- Verbrennungs- und Kühlluft

Weitere Informationen zu den zugelassenen Betriebsstoffen sowie zu deren Qualität und Zusammensetzung sind in der technischen Dokumentation der BHKW-Anlage enthalten.

11.7 Entsorgung

Verpackungsmaterialien des BHKW sind umweltgerecht zu entsorgen. Außerdem muss eine umweltgerechte Entsorgung auszutauschender Komponenten der BHKW-Anlage erfolgen.

11.8 Motor-Schmierölentsorgung

Altöl, Filter oder sonstige mit Öl behaftete Hilfsmittel sind durch den Anlagenbetreiber bzw. Kundendienst an den ausgewiesenen Öl-Sammelstellen zu lagern und regelmäßig umweltgerecht zu

entsorgen. Die Entsorgungsnachweise der Entsorgungsfirma müssen dokumentiert und archiviert werden!

11.9 Änderungen sind nicht zulässig

Für einen sicheren und störungsfreien Betrieb dürfen keine Änderungen am BHKW vorgenommen werden. Das betrifft die Anschlussleitungen für Brennstoff, Zuluft- und Abluft, Wasser, Strom, die Abgasleitung, die Kondensatleitung sowie die Ablaufleitungen der Sicherheitsventile im Motorkühlkreis, im Gemischkühlkreis und in der Wärmeauskopplung.

11.10 Inbetriebnahme-Vorbereitung

11.10.1 Otto-Gasmotor

Motoröl einfüllen

- Nur zugelassene Motorenöle für Gasmotoren verwenden
- Das Motorenöl nicht über die Max-Kerbe einfüllen, bei Überfüllung entstehen Motorschäden
- Für Ölmenge und Ölsorte die Vorschriften des Motoren-Hersteller beachten
- Rohr- und Schlauchleitungen auf Dichtheit prüfen

Kühlflüssigkeit einfüllen

- Das Kühlsystem ist mit einer Mischung aus aufbereitetem Wasser und vom Motoren-Hersteller zugelassenem Korrosions- und Frostschutzmittel zu befüllen. Die Kühlflüssigkeiten in Motor- und Gemischkühlkreisen müssen 40 - 50% Korrosions- und Frostschutzmittel enthalten.
- Kühlflüssigkeit langsam einfüllen, damit die Luft aus allen Kammern des Systems entweichen kann
- Anlagenteile, die sich nicht selbst entlüften, müssen durch Öffnen der Handventile entlüftet werden

11.10.2 Schmierölversorgung

Frischöltank befüllen

- Sicherheitsvorschriften beachten
- Rohr- und Schlauchleitungen auf Dichtheit prüfen
- Befüllung erfolgt je nach Ausführung automatisch oder per Hand über die entsprechende Einfüllöffnung

11.10.3 Brennstoffversorgung

Die Gasversorgung ist vom zuständigen Gasversorgungsunternehmen zur Nutzung freizugeben.

- Alle Anschlüsse und Armaturen sind auf Dichtheit zu prüfen
- Gasdruck prüfen
- Gaswächter (min) überprüfen
- Gleichdruckregler überprüfen
- Dichtheitskontrollgerät überprüfen
- Magnetventile auf Funktionsfähigkeit prüfen
- Gasmischer prüfen

11.10.4 Wärmeauskopplung und betreiberseitiges Heizwassersystem

Die Inbetriebnahme des BHKW setzt voraus, dass das betreiberseitige Heizwassersystem ordnungsgemäß installiert und betriebsbereit ist. Es ist sicherzustellen, dass die Wärmeauskopplung und das Heizwassersystem gefüllt und entlüftet sind. Die Heizwasserqualität muss gemäß VDI 2035 sein. Die

dort genannten Grenzwerte sind einzuhalten. Im BHKW-Betriebszustand muss jederzeit die erzeugte Wärme an das betreiberseitige Heizwassersystem abgegeben werden können.

11.10.5 Generator

Es ist zu prüfen, ob alle Anschlüsse am Generator und in der Modulsteuerung fachgerecht ausgeführt wurden.

11.10.6 Modulsteuerung

Die Modulsteuerung ist auf ordnungsgemäßen Anschluss aller Kabel und Leitungen zu prüfen.

- Prüfung der Erdung und Potentialausgleichs
- Prüfung der Drehrichtung aller Motoren
- Prüfung der Funktionsfähigkeit aller Messgeräte
- Prüfung der Sicherheitsgeräte
- Prüfung der Not-Halt-Kette.

11.10.7 Fehlermeldungen Modulsteuerung

lfd.Nr.	Beschreibung
0	Sammelmeldung, nur für Modbus, es tritt mindestens ein Notstopp, Sicherheitsstopp oder Warnung/Meldung auf
1	Generatorstrom L1 max
2	Generatorstrom L2 max
3	Generatorstrom L3 max
4	MGE Drehzahl max
5	MGE Drehzahl max (Frequenz)
6	MKK Temperatur Motorausstritt max
7	MKK Temperatur Motoreintritt max
8	SOS Öltemperatur max
9	MKK Druck max
10	MKK Druck min
11	AGS Temperatur nach AWU 2 max
12	BGS Gaszähler Volumenstrom
13	SOS Öldruck max
14	SOS Öldruck min
15	BGS Gasdruck max
16	BGS Gasdruck min
17	BGS Gasdruck vor Verdichter max
18	BGS Gasdruck vor Verdichter min
19	SOS Füllstand Ölwanne max
20	SOS Füllstand Ölwanne min
21	SOS Füllstand Frischöl max
22	SOS Füllstand Frischöl min
23	Batteriespannung
24	AGS Temperatur nach KAT
25	AGS Temperatur nach AWU max
26	AGS Temperatur nach AWU min
27	AGS Temperatur nach Motor

- 28 AGS Temperatur A, Messstelle A = Bank 1
- 29 AGS Temperatur B, Messstelle B = Bank 2
- 30 WAK Druck max
- 31 WAK Druck min
- 32 WAK Temperatur Rücklauf min
- 33 WAK Volumenstrom min
- 34 MGE Differenzdruck Motor
- 35 GKK Druck
- 36 NKK Druck
- 37 SOS Füllstand Altöl max
- 38 BGS Temperatur Zuluft
- 39 MST Temperatur
- 40 KON Temperatur Abluft
- 41 AGS Temperatur vor KAT
- 42 WAK Temperatur Eintritt PWU
- 43 WAK Temperatur Vorlauf
- 44 KLS Klopfwert
- 45 AGS Lambda
- 46 AGS NOx
- 47 Rückleistung aus dem Stromnetz, Generator kann beschädigt werden
- 48 Rückleistung bei Netzbezugsregelung
- 49 BHKW Leistung Sollwert extern
- 50 RLA Dreiwegeventil
- 51 KLS Klopfwert 2, zweiter Messwert zu 44
- 52 MGE keine Drehzahl (pick-up)
- 53 SOS Öltemperatur min Leistungsreduzierung
BGS externer Brennwert überschreitet den
- 54 Grenzwert, externe Istwertmeldung
- 55 MGE Drosselklappe
- 56 BGS Gasmischer
- 57 BGS Gemischdruck
- 58 BGS Gemischtemperatur
- 59 WAK Temperatur Rücklauf
- 60 KON Temperatur Außenluft
- 61 AGS Abgasmessung
- 62 GKK Temperatur Vorlauf
- 63 GKK Temperatur Rücklauf
- 64 NKK Temperatur Vorlauf
- 65 BGS Gastemperatur
- 66 Generator Schiefast
- 67 SOS Öldruck 2 max
- 68 SOS Öldruck 2 min
- 69 SOS Öltemperatur 2 max
- 70 Generator Überspannung
- 71 Generator Unterspannung
- 72 Generator Überfrequenz
- 73 Generator Unterfrequenz

- 74 Netzausfall intern
- 75 Not-Halt-Kette
- 76 Sicherheitskette
- 77 Generator Temperatur
- 78 Generator Differenzstrom
- 79 Generatorschalter ausgelöst
- 80 NA-Relais Netzfehler
- 81 MST Schaltschrank Fehler
- 82 Busfehler zur Übergeordneten Steuerung
- 83 MKK Strömungsüberwachung
- 84 MKK Pumpe Fehler
- 85 BGS Gasdruck min
- 86 BGS Gasdruck 2 min
- 87 BGS Gasdichteprüfung
- 88 BGS Gasdichteprüfung 2
- 89 MGE Drosselklappe Fehler
- 90 BGS Gasmischer Fehler
- 91 SOS Füllstand Frischöl max (bin)
- 92 SOS Füllstand Frischöl min (bin)
- 93 AGS Temperatur Abweichung vom Mittelwert
- 94 AGS Temperatur Abweichung A – B (28, 29)
- 95 Alarm 95
- 96 Alarm 96
- 97 GKK Pumpe Fehler
- 98 GKK Kühler Fehler
- 99 NKK Pumpe Fehler
- 100 NKK Kühler Fehler
- 101 Alarm 101
- 102 MAN Datenlogger Busfehler
- 103 IO-Box Busfehler
- 104 IO-Box Hardware- oder Fühlerfehler
- 105 WAK Pumpe Fehler
- 106 Alarm 106
- 107 Service anfordern
- 108 Servicestunden überschritten
- 109 Fehlstart
- 110 WAK STW max
- 111 WAK SDW min
- 112 BGS Gasdruck 2 max
- 113 WAK Wassermangel
- 114 MGE Zündung Fehler
- 115 MKK Pumpe nicht eingeschaltet
- 116 Batteriespannung nicht im Bereich
- 117 Lambdaregler
- 118 Lüfter Fehler
- 119 Lüfter Strömungswächter
- 120 SOS Ölmagnetventil Zeitüberschreitung
- 121 Gasumschaltung Leistungsreduzierung

- 122 KLS Leistungsreduzierung
- 123 KLS Klopfsensorik
- 124 WAK SDB min
- 125 FRE Leistungsreduzierung
- 126 FRE Stopp
- 127 WAK STB max
- 128 WAK STB 2 max
- 129 WAK SDB max
- 130 GWE Rauchalarm
- 131 WAK SDB 2 max
- 132 BGS Gasdruck max
- 133 BGS Gasdruck min
- 134 Hilfsbetriebe Fehler
- 135 Gaskühler Fehler
- 136 Kopfsteuerung Fehler
- 137 NA-Relais Vektorsprung
- 138 BGS Verdichter Fehler
- 139 AGS Abgastemperatur max Leistungsreduzierung
- 140 Fernwartung Stopp (Fernstopp)
- 141 Fernwartung Start (Fernstart)
- 142 Fernwartung Testprogramm aktiv
- 143 Zeit Startvorbereitung überschritten
- 144 Generatorschalter Zuschaltzeit überschritten
- 145 BGS Gasdruck vor Verdichter min (binär)
- 146 GWE Fehler
- 147 GWE Hauptalarm
- 148 Sicherungsfall Leistungsfeld
- 149 GWE Voralarm
- 150 Fackel Fehler
- 151 Netzfrequenzabweichung Leistungsanpassung
- 152 Netzfrequenzabweichung Stopp
- 153 FRE Notstopp
- 154 MST Spannungsversorgung Fehler
- 155 NA-Schutzschalter aus
- 156 Übergeordnete Netzentkupplung ausgelöst
- 157 Alarm 157
- 158 Alarm 158
- 159 Alarm 159
- 160 NSG Fehler
- 161 USV DC Fehler
- 162 USV AC Fehler
- 163 Biogasabspernung Fehler
- 164 WLR Fehler
- 165 MKK Vorwärmung Fehler
- 166 MGE Rückzündung
- 167 Erfassung Messwerte Generator
- 168 Öl-Wasser-Überwachung
- 169 GWE Gasvoralarm CO

- 170 GWE Gashauptalarm CO
- 171 Sperre GLT, keine Freigabe von der übergeordneten
Regelung
- 172 SOS Ölwechsel
- 173 Netzfehler Pumpen aus
- 174 BHKW Leistungsdifferenz
- 175 MGE Druck Kurbelraum max
SOS Vorschmierung Mindesttemperatur
- 176 unterschritten
- 177 SOS Vorschmierung Laufzeit Pumpe überschritten
- 178 Alarm 178
- 179 Alarm 179
- 180 Alarm 180
- 181 Alarm 181
- 182 Alarm 182
- 183 Alarm 183
- 184 Alarm 184
- 185 Alarm 185
- 186 Alarm 186
- 187 Alarm 187
- 188 Alarm 188
- 189 Alarm 189
- 190 Alarm 190
- 191 Alarm 191
- 192 Alarm 192
- 193 Alarm 193
- 194 Alarm 194
- 195 Alarm 195
- 196 Alarm 196
- 197 Alarm 197
- 198 Alarm 198
- 199 Alarm 199
- 800 Alarm 800
- 801 PCD Batterie
- 802 Alarm 802
- 803 Handbetrieb MKK Pumpe
- 804 Handbetrieb WAK Pumpe
- 805 Handbetrieb GKK Pumpe
- 806 Handbetrieb Lüfter
- 807 Handbetrieb Gasverdichter
- 808 Handbetrieb NKK Kühler
- 809 Handbetrieb GKK Kühler
- 810 Handbetrieb Zündanlage ein
- 811 Handbetrieb RLA Dreiwegeventil
- 812 Handbetrieb NKK Dreiwegeventil
- 813 Handbetrieb GKK Dreiwegeventil
- 814 Handbetrieb NKK Pumpe
- 815 Handbetrieb AVR / cosphi

- 816 Handbetrieb KON Umluftklappe
- 817 Alarm 817
- 818 Werks-IB aktiv, gesetzte Leistungsbegrenzungen sind für 100% Leistungsmessung aufgehoben
- 819 Alarm XXX, Projektspezifischer freier Alarm

11.11 Bedienung

Das BHKW darf ausschließlich von eingewiesenem Personal bedient werden. Alle Sicherheits- und Gefahrenhinweise gemäß Betriebsanleitung sind zu beachten.

11.11.1 Betriebswahlschalter (s.a. Kapitel - Modulsteuerung (MST))

Stellung: **Auto** (Automatikbetrieb)

Für den regulären BHKW-Betrieb muss der Betriebsartenwahlschalter auf **Auto** gestellt werden. Das BHKW läuft gemäß den eingestellten Betriebswerten.



Hinweis!

Für eine Fernwartung muss der Betriebswahlschalter auf Auto stehen!

Stellung: **0** (Hand-Stopp)

Zum Stillsetzen des BHKW ist der Betriebsartenwahlschalter in Stellung **0** zu bringen. Die Leistung wird heruntergefahren und das BHKW wird abgestellt.

Stellung: **Service** (für Wartungs- und Servicearbeiten)

Diese Betriebsart darf nur von autorisiertem Kundendienst genutzt werden!

11.11.2 Not-Halt

Unabhängig von der jeweiligen Betriebsart und dem Betriebszustand kann das BHKW im Notfall mit dem Not-Halt-Piltaster stillgesetzt werden. Der Generator wird ausgeschaltet und das BHKW wird gegen Wiederanlauf gesperrt. Vor der Wiederinbetriebnahme muss der Not-Halt-Piltaster entriegelt werden.

11.11.3 Startverriegelung

Zur Sicherung des BHKW gegen unbeabsichtigten Wiederanlauf, z.B. bei Wartungsarbeiten, sind folgende Maßnahmen zu treffen:

- Aggregat stillsetzen über Betriebsartenwahlschalter auf Stellung 0
- Hauptschalter abschalten
- Not-Halt-Piltaster betätigen

11.11.4 Gefahr durch Fehlbedienung



Achtung!

- Die Plombierung des Generator-Leistungsschalters darf nur im Notfall, zur Netztrennung des Schalters, geöffnet werden!
- Die Zuschaltung ist untersagt! Bei netzasynchroner Zuschaltung durch manuelle Betätigung kann es zu erheblichen Schäden an Teilen des BHKW kommen!

- Bei fehlender oder entfernter Plombe sind sofort der Anlagenbetreiber und der Kundendienst zu informieren.



Abbildung 58 - Generator-Leistungsschalter mit Sicherungsverplombung

12 Verhalten bei Störfällen

12.1 Gasgeruch / Gasundichtheit

Wahrnehmung von Gas am BHKW, in der Schalldämmverkleidung oder im BHKW-Aufstellraum

Maßnahmen:

- Stillsetzung des BHKW
- Schließung der Gasabsperreinrichtung von Hand
Bei Gasabsperklappe mit elektrischem Antrieb erfolgt ein selbstständiges Schließen bei Auslösen der Gaswarneinrichtung (Sondergas-BHKW).
- Lüften der BHKW-Anlage, wenn der Motor steht
- Kein Anschalten von elektrischen Verbrauchern
- Kein Verwenden von offenem Licht oder Feuer
- Nur im Freien telefonieren
- Benachrichtigung des Anlagenbetreibers
- Nach erfolgter Leckageortung muss die Wiederherstellung der Dichtheit durch einen zugelassenen Fachbetrieb erfolgen.

12.2 Schmierölundichtheit

Maßnahmen:

- Stillsetzung des BHKW
- Schließung der automatischen Ölnachfülleinrichtung
- Ausgelaufenes Öl mit Bindemittel aufsaugen und ordnungsgemäß entsorgen
- Benachrichtigung des Anlagenbetreibers
- Nach erfolgter Leckageortung muss die Wiederherstellung der Dichtheit durch einen Fachbetrieb erfolgen.

12.3 Undichtheit der Motorkühlflüssigkeit

Maßnahmen:

- Stillsetzung des BHKW
- Ausgelaufene Kühlflüssigkeit mit Bindemittel aufsaugen und ordnungsgemäß entsorgen
- Wenn der Kühlflüssigkeitsdruck einen Mindestwert erreicht hat, wird der Motor automatisch abgestellt.
- Benachrichtigung des Anlagenbetreibers
- Nach erfolgter Leckageortung muss die Wiederherstellung der Dichtheit durch einen Fachbetrieb erfolgen.

12.4 Undichtheit der Wärmeauskopplung

Maßnahmen:

- Stillsetzung des BHKW
- Schließung der Absperrarmaturen der Wärmeauskopplung
- Beseitigung von ausgelaufenem Wasser
- Benachrichtigung des Anlagenbetreibers
- Nach erfolgter Leckageortung muss die Wiederherstellung der Dichtheit durch einen Fachbetrieb erfolgen.

12.5 Undichtheit des Abgassystems

Abgasgeruch am BHKW, in der Schalldämmverkleidung oder im BHKW-Aufstellraum

Maßnahmen:

- Stillsetzung des BHKW
- Lüften der BHKW-Anlage
- Benachrichtigung des Anlagenbetreibers
- Nach erfolgter Leckageortung muss die Wiederherstellung der Dichtheit durch einen Fachbetrieb erfolgen.

12.6 Brandfall

Maßnahmen:

- Betätigung des Not-Halt-Piltasters
- Schließung der Gasabsperreinrichtung von Hand
Bei Gasabsperreklappe mit elektrischem Antrieb erfolgt ein selbstständiges Schließen bei Auslösen der Gaswarneinrichtung (Sondergas-BHKW).
- Anruf der Feuerwehr, außerhalb der BHKW-Anlage
- Wenn möglich Brand ohne Eigengefährdung löschen
- Benachrichtigung des Anlagenbetreibers

13 Wartung und Instandhaltung

Das BHKW muss in den vorgesehenen Abständen gewartet und überprüft werden, ansonsten verfallen jegliche Gewährleistungsansprüche. Wartung und Reparaturen am BHKW und den zugehörigen Komponenten sind nur von einem autorisierten Kundendienst durchzuführen.

Unsachgemäße Wartung oder Bedienung kann zu irreparablen Schäden führen. Für Schäden, die durch eine nicht fachgerechte Wartung der BHKW-Anlage entstehen, wird keine Gewährleistung übernommen. Beim Ablauf der Wartungsintervalle werden Ölfilter, Luftfilter, Brennstofffilter, Zündkerzen sowie Motoröl gewechselt. Das Motoröl und die verbrauchten Filter werden vom Kundendienst umweltgerecht entsorgt. Die gesamte BHKW-Anlage ist auf Betriebssicherheit zu prüfen.



Hinweis!

Grundlage für diese Wartungsanweisung sind die Wartungsvorschriften des BHKW-Herstellers! Bei Wartungsarbeiten ist insbesondere auf sorgfältigen Umgang mit wassergefährdenden Stoffen wie Schmieröl und Frostschutzmittel zu achten.

Zu Beginn der durchzuführenden Wartung sind die Betriebswerte gemäß Wartungsprotokoll aufzunehmen. Um Betriebswerte zu erhalten muss das BHKW 15 Minuten unter Vollast laufen. Aufgetretene Störungen sind zu dokumentieren. Danach ist das BHKW auszuschalten und gegen Wiedereinschalten zu sichern, indem der Hauptschalter ausgeschaltet und der Betriebsartenwahlschalter an der Modulsteuerung auf 0 gestellt wird. Nach Abkühlung aller Bauteile kann am BHKW gefahrlos gearbeitet werden.

13.1 Ölwechsel

Beim stehenden Motor (5 - 10 Minuten nach Abstellen) wird der Ölverbrauch zur letzten Wartung ermittelt. Bei dieser Gelegenheit wird das BHKW auf Ölundichtheiten überprüft. Im Anschluss daran wird das Öl aus dem Motor abgelassen und der Frischöltank bei Bedarf aufgefüllt. Danach wird der

Ölfilter gewechselt und die Motorölwanne bis zu der Markierung „Max“ am Peilstab befüllt. Zu verwenden sind nur die vom Motoren-Hersteller freigegeben Schmieröle.

Ölwechsel nach Erstinbetriebnahme

Bei BHKW-Motoren erfolgt der 1. Ölwechsel nach 20 - 50 Betriebsstunden.

Weitere Ölwechsel

Weitere Ölwechsel erfolgen nach Ölanalyse und Wartungsplan.

13.2 Grenzwerte bei Gebrauchtölen und Bewertung von Ölanalysen

Die Grenzwerte von Gebrauchtölen gemäß nachfolgender Tabelle dürfen nicht überschritten werden.

Parameter	Symbol	Grenzwerte	Einheit	Prüfung nach
Viskosität 405C (104°F)		max. +15 / -10% des Frischölwertes		DIN 51 562-1
Viskosität 100°C (212°F)		keine Änderung der Viskositätsklasse		DIN 51 562-1
Ges. Basenzahl		min. 3	mg KOH/g	DIN ISO 3771
Ges. Säurezahl		Anstieg max. 2,5	mg KOH/g	ASTM D 664
pH-Wert		min. 4		siehe 1)
Wasser		max. 0,1	%	EN ISO 12 937
1, 2-Ethandiol		max. 0,1	%	DIN 51 375-1
Oxidation bei 5,8 µm		max. 20	A/cm	siehe 2)
Nitration bei 6,1 µm		max. 20	A/cm	siehe 2)
Eisen	Fe	max. 15 / 1000 Betriebsstunden	mg / kg	DIN 51 396-2
Kupfer *)	Cu	max. 10 / 1000 Betriebsstunden	mg / kg	DIN 51 396-2
Blei	Pb	max. 10 / 1000 Betriebsstunden	mg / kg	DIN 51 396-2
Zinn	Sn	max. 5 / 1000 Betriebsstunden	mg / kg	DIN 51 396-2
Aluminium	Al	max. 10 / 1000 Betriebsstunden	mg / kg	DIN 51 396-2
Chrom	Cr	max. 10 / 1000 Betriebsstunden	mg / kg	DIN 51 396-2
Silizium	Si	max. 10 / 1000 Betriebsstunden	mg / kg	DIN 51 396-2
Natrium	Na	>> Frischöl	mg / kg	DIN 51 396-2

Abbildung 59 - Grenzwerte von Gebrauchtölen

*) Der Kupfergehalt kann während der ersten 2000 Betriebsstunden höher sein. Der Ölkühler ist kupferinnenplattiert.

1) pH-Wert: 5g 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.

2) Infrarot-Spektrum (Oxidation, Nitration): Oxidation: 1710 E / cm; Nitration: 1630 E 7 cm.

Differenzspektrum von Frisch- und Gebrauchtöl nach DIN 51453.

Alle für die Beurteilung des Gebrauchtölnzustandes relevanten Kennwerte mit Prüfnormen und Grenzwerten sind in der vorstehenden Tabelle (Abbildung 59 - Grenzwerte von Gebrauchtölen) benannt. Diese sind bei Ölanalysen ausnahmslos anzuwenden. Werden nicht alle relevanten Kennwerte, andere Grenzwerte oder andere Prüfnormen zugrunde gelegt, so kann grundsätzlich keine aussagekräftige Bewertung des Gebrauchtölnzustandes erfolgen. Es besteht somit die grundsätzliche Gefahr, dass es zu einer Fehleinschätzung hinsichtlich des tatsächlichen Gebrauchtölnzustandes kommt und das erforderliche Ölwechselintervall (unter den jeweiligen Einsatzrandbedingungen) nicht erkannt (überschritten) wird. Bei Überschreitung des Ölwechselintervalls, aufgrund Fehlinterpretation der Analyseergebnisse bzw. nur Durchführung von Teilanalysen, können schwerwiegende Motorschäden die Folge sein.

Eine Ölanalyse, die nicht auf Basis der vorstehenden Tabelle () beruht, kann in Gewährleistungsfällen keine Berücksichtigung finden. Es wird darauf hingewiesen, dass gegebenenfalls auch der Versicherungsschutz einer empfohlenen Maschinenbruchversicherung davon beeinträchtigt werden kann. Um dies zu vermeiden, ist es erforderlich, dass bei der Analyse von Ölproben diese Grenzwerte zur Anwendung kommen. Außerdem müssen auf dem Ergebnisprotokoll der Ölanalyse neben den Gebrauchtolkennwerten auch die Frischölkennwerte des Öls und die zu Grunde gelegten Grenzwerte für das Gebrauchtöl aufgeführt werden.

In diesem Zusammenhang wird noch darauf hingewiesen, dass die in den Wartungsplänen der Motoren angegebenen Ölwechselintervalle lediglich als Richtwerte dienen und individuell durch Ölanalysen im Betrieb bestätigt werden müssen, d.h. in Abhängigkeit der Ölkennwerte ist unter Umständen eine weitere Verkürzung erforderlich bzw. Verlängerung der Ölwechselintervalle möglich. Eine Verlängerung der Ölwechselintervalle ist jedoch nur nach vorheriger Abstimmung mit dem BHKW-Hersteller möglich.

13.3 Maßnahmen bei Stillstandzeiten von BHKW und Motoren

13.3.1 Stillstandzeiten

Stillstandzeit nach Werkskonservierung

Alle BHKW-Motoren werden vor Werksauslieferung bzw. Werksabholung beim BHKW-Hersteller konserviert. Mit dieser Konservierung ist eine Stillstandzeit des BHKW bis maximal 6 Monaten in trockener Umgebung möglich. Bei einer Stillstandzeit für weitere 6 Monaten (insgesamt max. 12 Monate) ab Lieferung ist eine Konservierung des Motors erforderlich. Diese Konservierung hat spätestens nach den ersten 6 Monaten zu erfolgen. Weitere Konservierungen erfolgen im ½-jährigen Rhythmus.

Stillstandzeit nach Inbetriebnahme

Die Stillstandzeit nach Inbetriebnahme ohne Konservierung sollte einen Monat nicht überschreiten. Bei einer Stillstandzeit über einem Monat ab Inbetriebnahme ist eine Konservierung durchzuführen. Weitere Konservierungen erfolgen im ½-jährigen Rhythmus.

Stillstandzeit ohne Konservierung

Sollte ein BHKW-Motor ohne (weitere) Konservierung(en) eine längere Stillstandzeit haben, muss der Motor endoskopiert werden. Wenn dabei Roststellen im Motor (z.B. an den Kolben) erkennbar sind, müssen geeignete Maßnahmen zur Beseitigung dieses Mangels durchgeführt werden. Eine Inbetriebnahme darf so nicht erfolgen! Für genaue Instruktionen muss der BHKW-Hersteller kontaktiert werden.

13.3.2 Konservierung

Die Konservierung von BHKW-Motoren hat gemäß MAN WERKNORM „Temporärer Korrosionsschutz M 3069-4“ zu erfolgen.

13.3.3 Umölen

Im Rahmen eines Motorölwechsels ist das Umölen auf ein anderes zugelassenes Motorenöl möglich.



Beachten!

Bei jedem Ölwechsel bleiben 10 - 15% Altöl im Motor.

Bei unterschiedlichen Herstellern ist die gemeinsame Verträglichkeit der Motorenöle nicht bekannt und somit ein Risiko!

Demzufolge müssen 2 Ölwechsel erfolgen.

Vorgabe zum Arbeitsablauf beim Umölen:

- Motor abstellen und warmes Öl abfließen lassen
- Ölfilter austauschen
- 1. Befüllung mit neuem Öl
- Motor starten und kurz laufen lassen
- Motor abstellen und warmes Öl abfließen lassen
- 2. Befüllung mit neuem Öl

13.4 Zündkerzen

Die Zündkerzen und Zündkerzenkabel sind bei jeder Wartung zu überprüfen und gegebenenfalls zu wechseln. Es sind nur die vom Motoren-Hersteller freigegebenen Zündkerzen zu verwenden. Das vom Zündkerzen-Hersteller angegebene Anzugsmoment ist zu beachten!

13.5 Luftfilter

Der Luftfilter ist zu reinigen und gegebenenfalls auszutauschen. Die Verbindungselemente zwischen Filter und Ansaugrohr sind auf Dichtheit zu kontrollieren.

13.6 Ventilspiel

Da bei Industrie-Motoren mechanische Stößel verwendet werden, muss gemäß Wartungsplan das Ventilspiel überprüft und gegebenenfalls nachgestellt werden.

13.7 Akkumulatoren

Bei BHKW mit Akkumulatoren sind diese auf Dichtheit zu kontrollieren und der Säurestand zu überprüfen und gegebenenfalls mit destilliertem Wasser aufzufüllen. Bei BHKW mit Akkumulatoren oder Netzstartanlage sind die Kabel zum Anlasser und Massekabel auf festen Sitz zu überprüfen.

13.8 Kühlflüssigkeitsdruck

Falls der Kühlflüssigkeitsdruck am BHKW zu gering ist, muss beim Nachfüllen darauf geachtet werden, dass das Verhältnis zum Frostschutzmittel eingehalten wird.

13.9 Abgaswärmeübertrager (AWU)



Hinweis!

Nach dem Öffnen von Besichtigungs- bzw. Reinigungsöffnungen und von Messstutzen müssen neue Dichtungen eingebaut werden.

13.9.1 AWU (außer EG-50 BW / EGC (50))

Folgendes muss im Rahmen der Wartung und regelmäßigen Überprüfung, jedoch mindestens alle 6 Monate, durchgeführt werden:

- Kontrolle aller Flanschverbindungen und Rohrverschraubungen. Undichtheiten sind sofort zu beseitigen.
- Die Funktion der Sicherheitsarmaturen (Sicherheitsventile, Sicherheitstemperaturbegrenzer STB, Sicherheitsdruckbegrenzer SDB) und sonstiger Armaturen ist zu prüfen.

- Überprüfung, dass in jedem Betriebszustand die Mindest-Kühlflüssigkeitsumlaufmenge nicht unterschritten wird. Eine Unterschreitung kann eine Beschädigung bzw. Zerstörung des Abgaswärmeübertragers verursachen.
- Werteprüfung der Kühlflüssigkeit (Wasser oder Wasser-Glykol-Gemisch)
- Die abgasseitigen Heizflächen des Abgaswärmeübertragers sind zu kontrollieren. Bei Ablagerungen muss die Heizfläche umgehend gereinigt werden.
- Der abgasseitige Gegendruck ist zu kontrollieren. Bei zu hohem Gegendruck ist der Abgaswärmeübertrager abgasseitig zu reinigen.
- Die kühlflüssigkeitsseitige Entleerung des Abgaswärmeübertragers muss geöffnet werden. Ist eine Schlammablagerung festzustellen, ist umgehend die Qualität der Kühlflüssigkeit auf die Einhaltung der spezifizierten Werte zu überprüfen. Des Weiteren sollte das gesamte Heizwassersystem auf unzulässige Schlammablagerungen geprüft werden. Gegebenenfalls muss der Abgaswärmeübertrager kühlflüssigkeitsseitig gespült werden.
- Es wird empfohlen zu prüfen, ob kühlflüssigkeitsseitig eine Belagbildung an der Rohrplatte der Abgaseintrittsseite erfolgt ist. Sollte eine Belagbildung festzustellen sein, ist umgehend die Wasserqualität auf die Einhaltung der spezifizierten Werte zu überprüfen und der Abgaswärmeübertrager wasserseitig chemisch zu reinigen.
- Die Funktionsfähigkeit des Kondensatableiters ist zu kontrollieren.

Die separate Wartungsanleitung der Abgaswärmeübertrager ist zu beachten! Diese ist Bestandteil der Dokumentation.

13.9.2 AWU für EG-50 BW / EGC (50)

Im Standard Betrieb bei 35°C RLT, erfolgt der angestrebte Kondensatausfall im Abgaswärmeübertrager. Diese Kondensation hat eine entsprechende Eigenreinigungswirkung der Wärmeübertragerflächen. Wenn das BHKW öfters nicht im Brennwertbereich betrieben wird, setzen sich die Wärmeübertragerflächen mit der Betriebszeit entsprechend zu.

Im Normalbetrieb beträgt die Temperaturdifferenz zwischen der WAK Rücklauftemperatur und der Abgastemperatur nach AWU kleiner 20 K. Mit zunehmender Verschmutzung der Wärmeübertragerflächen steigt die Temperaturdifferenz und die Wärmeübertragung sinkt.

Bei einer Überschreitung von 30 K sollte zur Effizienzsteigerung eine Reinigung der Wärmeübertragerflächen erfolgen. Hierfür wird die Wärmedämmung und Abgasverbindung zwischen Katalysator und Abgaswärmeübertrager entfernt. Somit ist Zugang zu den innenliegenden Wärmeübertragerflächen gegeben.

Der Kondensatablauf wird zur Neutralisationseinrichtung getrennt und in ein Auffangbehälter geführt. Die Wärmeübertragerflächen können dann von oben mit Wasserdampf gereinigt werden. Das Wasser mit den gelösten Verschmutzungen wird über den Kondensatablauf abgeführt, im Behälter gesammelt und entsorgt.

Danach ist die Abgasverbindung wieder einzubauen (neue Abgasdichtungen + Schrauben einsetzen) und der Kondensatablauf wieder mit der Neutralisationseinrichtung zu verbinden.

Bei einem Probelauf ist die Abgasstrecke auf Dichtheit zu prüfen und abschliessend die Wärmedämmung wieder anzubringen.

13.10 Katalysatoren

Wartung und regelmäßige Überprüfungen

Folgendes muss im Rahmen der Wartung und regelmäßigen Überprüfung, jedoch mindestens alle 6 Monate, durchgeführt werden:

- Sichtprüfung: Diese umfasst die Prüfung äußerlich erkennbarer Schäden und Mängel, wie zum Beispiel Leckagen, besondere Verschmutzungen oder ungewöhnliche Zustände der Bauteile durch Inaugenscheinnahme.

- Funktionsprüfung: Diese umfasst die Prüfung der Betriebsabläufe und ihrer zeitlichen Abfolge.

Allgemeines

- Regel- und Sicherheitseinrichtungen sind auf ihre Wirksamkeit zu prüfen.
- Reparaturen an der Katalysatoranlage dürfen nur von autorisierten Personen vorgenommen werden.
- Schweißarbeiten dürfen nur nach Rücksprache und mit Zustimmung des Herstellers durchgeführt werden!
- Nach dem Öffnen von Besichtigungs- bzw. Reinigungsöffnungen müssen immer neue Dichtungen gebaut werden.

Reinigung der Düsenlanze

- Beläge aus fest gewordenem Reaktionsmittel in der Düsenlanze müssen mechanisch entfernt werden. Ist eine Reinigung notwendig ist diese vorher mit dem Hersteller abzustimmen.
- Fallen bei der regelmäßigen Überprüfung der Reaktionsmittelqualität Abweichungen von der geforderten Qualität auf, ist eine Innenbesichtigung durchzuführen.

Abgasseitige Reinigung

- Eine abgasseitige Reinigung ist notwendig, wenn der abgasseitige Druckverlust zu hoch ist. Die Reinigung kann erfolgen durch:
 - mechanisch durch einen Staubsauger
 - durch chemische Reinigung des gesamten abgasseitigen Raumes



Achtung!

Bei einer chemischen Reinigung ist immer im Einzelfall zu prüfen, ob die eingesetzten Katalysatoren dafür geeignet sind.

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

13.11 Überprüfung von elektrischen Schraubverbindungen

Überprüfung von elektrischen Schraubverbindungen

Es sind jährlich alle Schraubverbindungen an Leistungsteilen zu prüfen und gegebenenfalls nachzuziehen. Dazu zählen die Schraubverbindungen der Leistungskabel auf dem Generatorklemmbrett, Schraubverbindungen am Anschluss Sammelschiene der Modulsteuerung sowie alle Schraubverbindungen an Leistungs- und Lasttrennschaltern.

Die entsprechenden Drehmomente der Schraubverbindungen sind gemäß der Montageanweisungen der Bauteile zu beachten.

Anschluss Sammelschiene in der Modulsteuerung			
Gewindedurchmesser	M8	M10	M12
Anzugsdrehmoment [Nm]	20	50	70

Abbildung 60 - Schraubverbindungen Anschluss Sammelschiene in der Modulsteuerung

Schraubverbindungen der Leistungskabel auf dem Generatorklembrett Generatoren Marelli MXB-E 225 und MXB-E 250					
Anzugsdrehmomente in Nm0 /+5%					
Anwendung	M6 (cl.8.8)	M8 (cl.8.8)	M10 (cl.8.8)	M12 (cl.8.8)	M 12 (cl.10)
Befestigung elektrische Verbindungen	/	18	22	50	/
Befestigung Schrauben an Bauteilen aus weichem Werkstoff (Aluminium)	5	12	/	/	/
Befestigung Bauteile Generator (Lagerschilde, Abdeckungen usw.) und Befestigung Füße oder Flansche	11	26	48	85	/

Abbildung 61 - Schraubverbindungen der Leistungskabel Generator MXB-E 225 und MXB-E 250

Schraubverbindungen der Leistungskabel auf dem Generatorklembrett Generatoren Marelli MJB 315 und MJB 355										
Anzugsmoment in Nm $\pm 10\%$										
Anwendung	Gewindedurchmesser									
	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 27	M30
Befestigung. Elektr. Anschlüsse	/	8	19	35	60	150	/	/	/	/
Befestigung Bauteile Generator (Endabschirmungen, Lagerdeckel usw.) und Befestigung Füße oder Flansche	5	11	26	48	85	206	400	700	1030	1420
Befestigungskomponenten Gleichrichterscheibe (Kunststoff und Messingschrauben M6 - M8 Befestigung Dioden)		7	17							

Abbildung 62 - Schraubverbindungen der Leistungskabel Generator MJB 315 und MJB 355



Warnung!

Gefahr durch elektrischen Schlag!



Gebot!

- Vor Wartung oder Reparatur elektrische Teile freischalten!
- Vor Beginn der Arbeiten ist die komplette Modulsteuerung spannungsfrei zu schalten und die Spannungsfreiheit mit geeigneten Mitteln festzustellen!
- Die Freischaltung darf nur durch eine Elektrofachkraft erfolgen!

Vor Beginn der Arbeiten sind die 5 Sicherheitsregeln einzuhalten!

- Freischalten
- gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit allpolig feststellen
- Erden und kurzschließen

- Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken
Besondere Vorsicht gilt auch bei Spannungsversorgungen aus Fremdsystemen und unterbrechungsfreien Stromversorgungen (z.B. Batterie-USV)!

Die Ergebnisse der Prüfungen sind zu dokumentieren.

13.12 Handlungen vor dem Verlassen des BHKW

Vor Verlassen des BHKW ist auf Folgendes zu achten:

- Der Not-Halt-Pilztaster muss entriegelt sein.
- Der Hauptschalter muss eingeschaltet sein.
- Der Betriebsartenwahlschalter muss auf Auto (Automatikbetrieb) stehen.
- Die Wartung muss am Display der Modulsteuerung quittiert werden (Zurücksetzen der Servicestunden).
- Nach durchgeführter Wartung ist das Wartungsprotokoll nochmals zu prüfen und gegebenenfalls zu vervollständigen.
- Das Wartungsmaterial muss fachgerecht entsorgt sein bzw. sicher aufbewahrt werden.
- Der Aufstellraum ist aufzuräumen und sauber zu hinterlassen.
- Das BHKW muss betriebsicher sein.

14 Kundendienst

Kontaktdaten stehen auf der Homepage des Herstellers.

15 Abkürzungsverzeichnis

AGN	Abgasnachbehandlung
AGS	Abgassystem
AKM	Absorptionskältemaschine
AWR	Abgaswärmerückgewinnung
AWU	Abgaswärmeübertrager
BGS	Brennstoff-Gemisch-System
CO	Kohlenstoffmonoxid
CxHy	Kohlenwasserstoffe
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EZE	Erzeugungseinheit
FRE	Funk-Rundsteuerempfänger
GKK	Gemischkühlkreis
GKK-HT	Gemischkühlkreis-Hochtemperatur
GKK-NT	Gemischkühlkreis-Niedertemperatur
GLT	Gebäudeleittechnik
GWE	Gaswarneinrichtung
KLS	Klopüberwachungssystem
KON	Konstruktion
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MAX	Maximal
MGE	Motor-Generator-Einheit
MIN	Minimal
MKK	Motorkühlkreis
MST	Modul-Steuerung
NdöV	Netz der öffentlichen Versorgung
NKK	Notkühlkreis
NOx	Stickstoffoxide
NSG	Netzstartgerät
PLR	Pufferspeicherladeregelung
PWU	Plattenwärmeübertrager
RLA	Rücklauftemperaturerhöhung
RLT	Rücklauftemperatur
RSE	Rundsteuerempfänger
SDB	Sicherheitsdruckbegrenzer
SOS	Schmierölsystem
STB	Sicherheitstemperaturbegrenzer
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VLT	Vorlauftemperatur
WAK	Wärmeauskopplung
WZ	Wärmezähler

16 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - BHKW-Typenschild (Muster).....	12
Abbildung 2 - Leistungsminderung bei Saugmotoren ($\lambda = 1$).....	13
Abbildung 3 - Leistungsminderung bei Turbomotoren ($\lambda > 1$).....	13
Abbildung 4 - wichtige Bauteile eines BHKW EG-50 BW / EGC (50).....	15
Abbildung 5 - wichtige Bauteile eines BHKW (rechte Seite), außer EG-50 BW / EGC (50).....	16
Abbildung 6 - wichtige Bauteile eines BHKW (linke Seite), außer EG-50 BW / EGC (50).....	16
Abbildung 7 - zusätzliche Bauteile einer BHKW-Containeranlage.....	17
Abbildung 8 - Beispiel R&I-Schema Erdgas-BHKW EG-50 BW / EGC (50).....	17
Abbildung 9 - Beispiel R&I-Schema Erdgas-BHKW mit Turbolader und zweistufiger Gemischkühlung	18
Abbildung 10 - Beispiel R&I-Schema Symbole und Bezeichnungen.....	18
Abbildung 11 - Mindestanforderungen an die Gasqualität ohne Abgasnachbehandlungssystem (AGN) .	21
Abbildung 12 - obere Grenzwerte für schädliche Begleitgase in der Verbrennungsluft.....	22
Abbildung 13 - Abgaswärmeübertrager.....	24
Abbildung 14 - Leistungsanforderung konstant vs. schnell wechselnd.....	25
Abbildung 15 - 3-Wege-Katalysator oder Oxidationskatalysator.....	27
Abbildung 16 - Grenzwerte Katalysatorgifte bei 3-Wege- und Oxidationskatalysatoren.....	28
Abbildung 17 - Grenzwerte Katalysatorgifte für SCR-Katalysatoren.....	28
Abbildung 18 - Grenzwerte von Katalysatorgifte im Harnstofflösung.....	29
Abbildung 19 - Grenzwerte von Katalysatorgifte im Motorenöl.....	29
Abbildung 20 - Kondensatablauf mit Kondensatableiter.....	31
Abbildung 21 - Kondensatablauf mit Wasservorlage (U-Rohr).....	31
Abbildung 22 - Beispiel Erdgas-BHKW Kondensatanschlüsse (Edelstahl, 2 x 22x1,2 mm).....	31
Abbildung 23 - Kühler Beispiel.....	33
Abbildung 24 - Beispiel einer BHKW-Lüftungsanlage - Zuluft aus dem Aufstellraum.....	36
Abbildung 25 - Beispiel einer BHKW-Lüftungsanlage - Außenluft aus dem Freien.....	36
Abbildung 26 - Beispiel einer BHKW-Lüftungsanlage - EG-50 BW / EGC (50).....	38
Abbildung 27 - Beispiel der Bauteile in der Modulsteuerung (außer EG-50 BW / EGC (50).....	39
Abbildung 28 - Beispiel der Bauteile in der Modulsteuerung EG-50 BW / EGC (50).....	39
Abbildung 29 - Hauptschalter.....	40
Abbildung 30 - Not-Halt-Pilzdrucktaster.....	40
Abbildung 31 - Wahlschalter Betriebsart.....	41
Abbildung 32 - Störungsmeldeleuchte / Reset-Taster.....	42
Abbildung 33 - Warnmeldeleuchte.....	42
Abbildung 34 - Startseite.....	43
Abbildung 35 - Login-Seite.....	45
Abbildung 36 - Passwort ändern.....	46
Abbildung 37 - Übersicht über aktuelle Motordaten und Messwerte.....	47
Abbildung 38 - Übersicht elektrische Daten.....	48
Abbildung 39 - R&I-Schema.....	48
Abbildung 40 - Handbedienebene.....	49
Abbildung 41 - Aktuelle Alarmer.....	50
Abbildung 42 - Parameter MKK / WAK mit Motor Frostschutz.....	52
Abbildung 43 - Anschlussschema (einpolige Darstellung).....	53
Abbildung 44 - Grundeinstellung NA-Relais.....	54
Abbildung 45 - Funktionen der Modulsteuerung.....	55
Abbildung 46 - BHKW mit Transportverpackung.....	60
Abbildung 47 - Abladung und Transport mit dem Gabelstapler.....	60
Abbildung 48 - Abladung mit dem Kran.....	61
Abbildung 49 - Abladung und Transport mit dem Gabelstapler.....	61
Abbildung 50 - Abladung und Transport mit dem Gabelstapler.....	62

Abbildung 51 - BHKW auf Transporttraversen und Schwerlastrollen (rechts)	62
Abbildung 52 - Stockwinde und Aufstellhilfe	63
Abbildung 53 - Handhabung der Stockwinden und Aufstellhilfen	63
Abbildung 54 - Transport mit einem langen Hubwagen (Tragkraft mindestens 2,5t)	64
Abbildung 55 - Transport mit 2 Hubwagen (Traglast mindestens je 2t)	64
Abbildung 56 - Aufstellung BHKW auf Gummigranulat-Streifen (schwarz)	65
Abbildung 57 - Aufstellung EG-50BW / EGC (50) auf Sylomerstreifen.....	66
Abbildung 58 - Generator-Leistungsschalter mit Sicherungsverplombung	77
Abbildung 59 - Grenzwerte von Gebrauchtölen	80
Abbildung 60 - Schraubverbindungen Anschluss Sammelschiene in der Modulsteuerung.....	84
Abbildung 61 - Schraubverbindungen der Leistungskabel Generator MXB-E 225 und MXB-E 250.....	85
Abbildung 62 - Schraubverbindungen der Leistungskabel Generator MJB 315 und MJB 355.....	85