

4.1 Beschreibung des Emissionsverhaltens der Anlage

Nachfolgend werden die Emissionen von Luftschadstoffen der Anlage für folgende Betriebszustände beschrieben:

- Emissionen während des normalen Betriebs der Anlage,
- Emissionen während des Anlagenstillstands mit Druckentlastung im Notfall,
- Emissionen während einer normalen Abschaltung ohne Druckentlastung,
- Emissionen über die Fackelanlage während Wartungsarbeiten,
- Emissionen des Notstromaggregates.

Emissionen während des normalen Betriebs der Anlage

Emissionen der Feuerungsanlage des Dampferzeugers

Brennstoff	Erdgas	
Feuerungswärmeleistung	1.400	kW
Abgasvolumenstrom	1.400	Nm ³ /h

Emissionen der regenerativen thermischen Nachverbrennung

Brennstoff	Schwere Kohlenwasserstoffe (C6+) Abgas der CO ₂ -Wäsche mit Resten an Erdgas und Amin	
Feuerungswärmeleistung	300	kW
Abgasvolumenstrom	25000	Nm ³ /h

Emissionen aus Ölnebelabscheider Maschinenhalle

Keine aktive Entlüftung.

Emissionen aus Analyseeinheit (Gaschromatograph)

Emittierter Stoff	Erdgas	
Emissionsmenge	0,17	kg/h Gesamt-C

Emissionen aus Heizungsanlage der Maschinenhalle

Brennstoff	Erdgas	
Feuerungswärmeleistung	100	kW

Emissionen während des Anlagenstillstands mit Druckentlastung im Notfall

Nachfolgend werden die Emissionen beschrieben, die während der Druckentlastung der Anlage nach einem Notstopp über den Ausbläser in die Atmosphäre abgegeben werden. Alle Hochdruckteile der Anlage werden dabei auf ca. 6 bara entlastet.

Diese Entspannungen der Anlage dauern maximal 15 Minuten.

Entspannung aus dem Anlagenteil „Gasaufbereitungsanlage“

Flow rate	550 max	Nm ³
Type of vent	NG from pre-treatment with below composition	
Methane	88.234	% mol
Ethane	7.029	% mol
Propane	1.569	% mol
i-Butane	0.205	% mol
n-Butane	0.236	% mol
i-Pentane	0.051	% mol
n-Pentane	0.040	% mol
neo-Pentane	0.002	% mol
C6+	0.053	% mol
Nitrogen	2.475	% mol
Carbon dioxide	< 40	ppm
Hydrogen	0.106	% mol
Water	< 1	ppm
Temperature	+10	°C

Entspannung von Gas und verdampftem LNG aus dem Anlagenteil
„Verflüssigungsanlage“

Flow rate	600 max	Nm ³
Type of vent	NG and vaporized LNG from liquefaction with below composition	
Methane	88.423	% mol
Ethane	7.056	% mol
Propane	1.575	% mol
i-Butane	0.206	% mol
n-Butane	0.236	% mol
i-Pentane	0.051	% mol
n-Pentane	0.040	% mol
neo-Pentane	0.002	% mol
C6+	0.053	% mol
Nitrogen	2.341	% mol
Carbon dioxide	< 40	ppm
Hydrogen	0.016	% mol
Water	< 1	ppm
Temperature	-168	°C

Nach der Entspannung wird die Anlage mit Stickstoff gespült und gefüllt.

Zur Verbrennung der über den Ausbläser emittierten Gasmenge, um Methan in weniger klimaschädliches CO₂ zu überführen, ist der kontinuierliche Betrieb eines Pilotbrenners erforderlich.

Ein entsprechender Pilotbrenner verbrennt ca. 5 kg/h Erdgas und emittiert dabei ca. 120t/a CO₂, unter der konservativen Annahme, dass das Erdgas zu 100 % aus Methan besteht.

Bei einer sehr selten eintretenden Notentspannung werden ca. 1.150 Nm³ Gas entspannt. Unter der konservativen Annahme, dass dabei zu 100 % Methan emittiert wird und eine Dichte von 1 kg/Nm³ vorliegt, wird je Entspannvorgang ca. 1,15 t Methan emittiert. Das entspricht bei einem relativen Treibhauspotential von 25 einem CO₂-Äquivalent in Höhe von ca. 29 t.

Selbst bei der unwahrscheinlichen Annahme, dass pro Jahr Anlagenbetrieb ein Notentspannungsvorgang eintritt, würde der Betrieb einer Pilotflamme wesentlich mehr

klimaschädliche Gase verursachen als eine unwahrscheinliche Notentspannung. Daher wird auf den Betrieb eines Pilotbrenners am Ausbläser verzichtet.

Nach der Druckentlastung und der Spülung mit Stickstoff wird die Bodenfackel zugeschaltet, um das in den LNG-Lagertanks aufgrund von Wärmezutritt erzeugte Boil-off-Gas mit einem Volumenstrom von ca. 16 Nm³/h zu CO₂ zu verbrennen.

Sollte auf Grund einer Betriebsstörung die Bodenfackel nicht verfügbar sein, wird das entstehende Boil-off-Gas über den Ausbläser abgeleitet.

Emissionen während einer normalen Abschaltung ohne Druckentlastung

Bei Notwendigkeit eines kurzzeitigen Stillstands kann die Anlage gestoppt werden, ohne die Hochdruckteile zu entlasten. Ausnahmen bilden hier der Gas-Regenerationskompressors und der BOG-Kompressor, die bei jedem Stopp der Anlage Richtung Atmosphäre entspannt werden müssen, da es sonst zu unkontrollierten Gasaustritten im Bereich der Wellendichtungen der Kompressoren kommen würde. Die jeweils geringe Gasmenge (8 kg pro Kompressor) wird dem Ausbläser zugeführt.

Bei dieser Art der Anlagenabschaltung bleiben die Hochdruckteile von der Steuerung erfasst. Da der BOG-Kompressor gestoppt wird, wird das BOG, das aus den LNG-Lagertanks oder von den Laderampen kommt, vorläufig auf die thermische Nachverbrennungsanlage umgeschaltet, um dem Betriebspersonal die Zeit zu geben, die Bodenfackel zu starten und die Verbrennung anschließend darüber weiterzuführen.

Emissionen über die Fackelanlage während Wartungsarbeiten

Brennstoff	Erdgas	
Feuerungswärmeleistung	5	MW

Nach einem Anlagenstopp für Wartungsarbeiten werden die Hochdruckabschnitte drucklos gemacht und mit Stickstoff gespült, während die Niederdruckabschnitte nur gespült werden.

Die Anlage ist für die Instandhaltung in folgende Hochdruckabschnitte unterteilt:

- Feed-Gas-Modul,
- CO₂-Absorptionsanlage,
- Gas-Vorkühlungs- und Trocknungseinheit,
- Cold-Box.

Das Feed-Gas-Modul, die CO₂-Absorptionsanlage und die Gas-Vorkühlungs- und Trocknungseinheit können auch durch den Einsatz eines mobilen Kompressors drucklos gemacht werden, der das Gas in das vorgelagerte Netz zurückverdichtet.

Die Anlage ist für die Instandhaltung in folgende Niederdruckabschnitte unterteilt:

- LNG-Rohrleitungen zwischen Cold-Box und LNG-Lagertanks,
- LNG-Lagertanks und LNG-LKW-Ladepumpen,
- Gas-Regenerationsheizung und Rohrleitung zum Gas-Regenerationskompressor,
- Boil-off-Gasbereich der HC-Heizung
- Vorlagebehälter für schwere Kohlenwasserstoffe,
- Flash-Behälter der CO₂-Absorptionsanlage).

Die brennbaren Gase werden dabei abschnittsweise zur Bodenfackel geleitet.

Die Bodenfackel muss anschließend in Betrieb bleiben, um das kontinuierlich auf Grund der thermischen Verluste in den LNG-Lagertanks entstehende Gas aufnehmen zu können. Hierbei fällt ein Volumenstrom von ca. 16 Nm³/h an.

In Ausnahmefällen können sowohl der Gas-Regenerationskompressor als auch der BOG-Kompressor bei weiter laufender Anlage gewartet werden.

In diesen Fällen werden, wie zuvor beschrieben, die Kompressoren aus Sicherheitsgründen zunächst über den Ausbläser entspannt.

Bevor der Gas-Regenerationskompressor gestoppt wird, wird die Bodenfackel aktiviert und die Handarmaturen abströmseitig von der Gas-Regenerationsheizung in Richtung Bodenfackel geöffnet. Danach kann der Kompressor gestoppt werden und das Gas strömt zur Bodenfackel mit einem Volumenstrom von ca. 257 Nm³/h bis zu ca. 414 Nm³/h.

Bevor der BOG-Kompressor gestoppt wird, wird die Bodenfackel aktiviert und die Handarmaturen abströmseitig der HC-Heizung in Richtung Bodenfackel geöffnet. Danach kann der Kompressor gestoppt werden und das Gas strömt zur Bodenfackel mit einem Volumenstrom von ca. 64 Nm³/h bis zu ca. 88 Nm³/h.

Emissionen des Notstromaggregates

Brennstoff	Diesel	
Feuerungswärmeleistung	850	kW

Das dieselbetriebene Notstromaggregat tritt bei Ausfall der öffentlichen Stromversorgung in Funktion.

Maximale Methanemissionen der Anlage

Die Methanemissionen der Anlage betragen maximal 0,1 Prozent.

Diese Dichtigkeit wird durch folgende konstruktive Maßnahmen sichergestellt:

- Vollständig geschlossenes System,
- Betriebliche Entspannvorgänge bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten erfolgen ausschließlich über die Fackelanlage,
- Gaspendingung bei den Betankungsvorgängen,
- Durch Umsetzung eines entsprechenden Instandhaltungskonzeptes wird die technische Dichtheit der Anlagenteile durch Wartung und Überwachung ständig gewährleistet. Die Anlage ist demnach gemäß TRGS 722 als auf Dauer technisch dicht einzustufen. Durch entsprechende Auswahl der Funktionselemente bzw. Umsetzung des Instandhaltungskonzeptes wird ein Verfahrensindex nach TRGS 500 von 0,25 realisiert. Der Grenzwert zur Erkennung von Leckagen liegt damit bei einer Leckrate von 10^{-3} mbar l/s, was im Falle einer Leckage einem Gasverlust von ca. 1 cm³ pro 15 Minuten (ca. 0,0011 cm³ pro Sekunde) entspricht. Diese Leckrate kann durch eine übliche Leckortung mit schaubildenden Mitteln nach DIN EN 1779 erkannt werden.