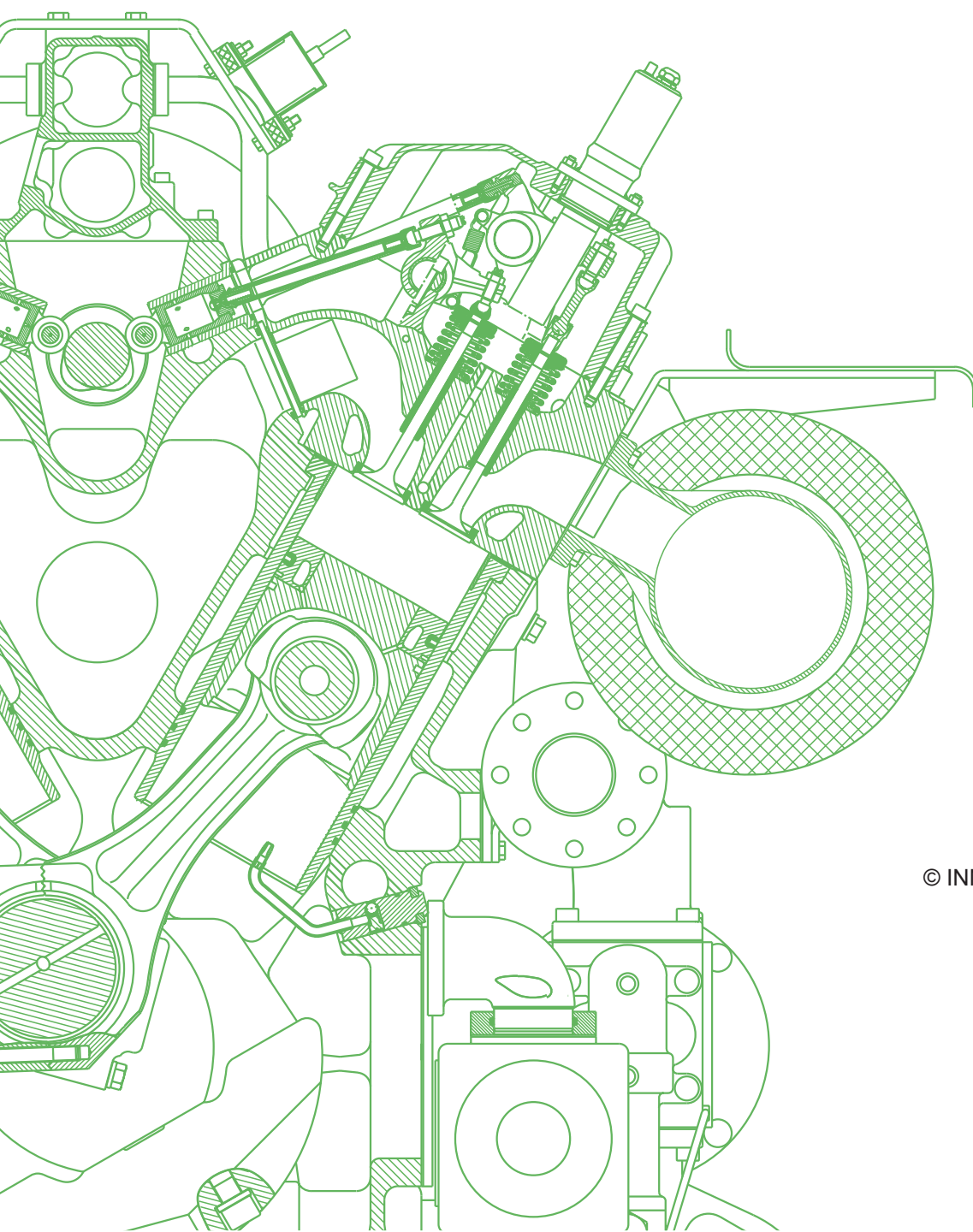




# TA 1000-0300

Technische Anweisung

## Treibgas- und Verbrennungsluftanforderungen



© INNIO Jenbacher GmbH & Co OG  
Achenseestr. 1-3  
A-6200 Jenbach, Austria  
[www.innio.com](http://www.innio.com)



<b>1</b>	<b>Anwendungsbereich</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Zweck</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Allgemeines</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Gasarten</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Anforderungen und Grenzwerte</b> .....	<b>4</b>
5.1	Anforderungen und Grenzwerte an das Treibgas.....	4
5.2	Anforderungen und Grenzwerte an die Verbrennungsluft.....	5
5.3	Anforderungen und Grenzwerte an das Gemisch.....	7
<b>6</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>13</b>
6.1	Übersicht Anforderungen und Grenzwerte an das Treibgas.....	13
6.2	Übersicht Anforderungen und Grenzwerte an die Verbrennungsluft.....	13
6.3	Übersicht Anforderungen und Grenzwerte an das Gemisch.....	13
6.4	Erläuterungen zur Kondensatfreiheit.....	15
6.5	Checkliste für Angaben zur Treibgasqualität.....	18
6.6	Siliziumorganische Verbindungen in Biogas, Klärgas und Deponiegas.....	20
6.7	Erläuterung zum Gemisch.....	21
6.8	Berechnungsbeispiele.....	22
<b>7</b>	<b>Revisionsvermerk</b> .....	<b>25</b>

#### Eigentumsrechtlicher Hinweis von INNIO: VERTRAULICH

Die Informationen in diesem Dokument sind geschützte Informationen der INNIO Jenbacher GmbH & Co OG und deren Tochtergesellschaften und vertraulich. Sie sind Eigentum von INNIO und dürfen ohne vorherige schriftliche Genehmigung nicht verwendet, an Dritte weitergeleitet oder vervielfältigt werden. Hierzu zählt auch, aber nicht ausschließlich, die Nutzung der Informationen zur Erstellung, Herstellung, Entwicklung oder Ableitung von Reparaturen, Modifizierungen, Ersatzteilen, Konstruktionen oder Konfigurationsänderungen oder deren Beantragung bei staatlichen Behörden. Wenn die vollständige oder teilweise Vervielfältigung genehmigt wurde, sind dieser Hinweis sowie der weitere Hinweis auf allen Seiten dieses Dokuments ganz oder teilweise zu vermerken.

#### GEDRUCKTE ODER ELEKTRONISCH VERMITTELTE VERSIONEN SIND NICHT KONTROLLIERT

##### Die Zielstellen dieses Dokumentes sind:

Potenzieller Kunde, Kunde, Vertriebspartner, Servicepartner, IB-Partner, Töchter/Außenstellen, Standort Jenbach

## HINWEIS



**Die Einhaltung der Bedingungen dieser Technischen Anweisung sowie die Durchführung der darin beschriebenen Tätigkeiten ist Voraussetzung für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb der Anlage.**

Die Nichtbeachtung der Bedingungen dieser Technischen Anweisung und/oder die Unterlassung der vorgeschriebenen Tätigkeiten bzw. die Abweichung von den vorgeschriebenen Tätigkeiten kann zum Verlust der Gewährleistungsansprüche führen.

Die in der vorliegenden Technischen Anweisung definierten Tätigkeiten und Bedingungen sind vom Betreiber der Anlage durchzuführen und/oder einzuhalten. Dies gilt nicht, falls die vorliegende Technische Anweisung explizit dem Verantwortungsbereich von INNIO Jenbacher GmbH & Co OG zugeordnet wird oder eine vertragliche Vereinbarung zwischen dem Betreiber und INNIO Jenbacher GmbH & Co OG eine abweichende Regelung vorsieht.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Technische Anweisung (TA) gilt für Jenbacher Motoren, die für den Betrieb mit gasförmigen Treibstoffen bestimmt sind.

## 2 Zweck

Zweck dieser Technischen Anweisung ist die Darstellung der Voraussetzungen und der Grenzen der motorischen Verwertbarkeit des Treibgases. Im Einzelnen sind dies die Grenzwerte und Anforderungen an die Gaszusammensetzung, an die Spuren- und Begleitstoffe sowie an Öl, Kondensat und Partikel die im Gemisch enthalten sein können. Darüber hinaus werden die Anforderungen an die Verbrennungsluft dargestellt.

## 3 Allgemeines

Jenbacher Motoranlagen bedienen sich einer weiten Bandbreite gasförmiger Brennstoffe als Treibgas. Im Gegensatz zu Benzin- oder Diesel- Kraftstoffen unterliegen gasförmige Kraftstoffe im Allgemeinen keiner strengen Spezifikation oder Klassifikation. Dennoch bedarf es spezieller Anforderungen an das Treibgas sowie definierter Grenzwerte. Grundsätzlich können alle motorisch nutzbaren gasförmigen Brennstoffe der Kategorie „Treibgase“ zugeordnet werden.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften gasförmiger Brennstoffe können sehr unterschiedlich sein, die Motoren sind konstruktions- bzw. verfahrensbedingt jedoch nur innerhalb bestimmter Bandbreiten einsetzbar und reagieren auf Veränderungen dieser Eigenschaften oft sehr sensibel.

Die Motoranlage ist auf die Treibgaszusammensetzung optimal abgestimmt, für die sie verkauft wurde und es darf zu keinen deutlichen Veränderungen kommen.

Das Treibgas wird gemeinsam mit der Verbrennungsluft zu einem verwertbaren Gemisch aufbereitet und dem Motor zur Verbrennung zugeführt. Dabei können auch Störstoffe aus der Verbrennungsluft in den Motor gelangen. Entsprechen das Treibgas oder die Verbrennungsluft nicht den Anforderungen, so kann dies nachteilige Auswirkungen auf den Motorbetrieb haben. Dies kann dazu führen, dass die Sicherheit der Anlage und deren Betrieb nicht gewährleistet werden können.

**Schmieröl kann durch Verunreinigungen im Treibgas sowie in der Verbrennungsluft seine Korrosionsschutzeigenschaften verlieren. Die Ergebnisse von periodischen Schmierölanalysen liefern Hinweise auf Gemischverunreinigungen. Siehe dazu folgende technische Anweisungen:**

**TA 1000-0099B** – Grenzwerte für Gebrauchtöl bei Jenbacher-Gasmotoren

**TA 1000-0099C** – Vorgangsweise zum Austesten der anlagenspezifischen Öllebensdauer

**TA 1000-0112** – Entnahme von Schmierölproben / Schmieröl – Probenentnahmeprotokoll

**TA 1000-1109** – Schmieröl für Jenbacher Gasmotoren der Baureihe 2, 3, 4 und 6

**TA 1000-1108** – Schmieröle Baureihe 9

### VORSICHT



#### **Umwelt, Gesundheit und Sicherheit**

Treibgase und deren Aufbereitung sowie die motorische Nutzung von Treibgasen können zu einer Exposition mit Substanzen führen, die gefährlich oder schädlich für die Umwelt und die Gesundheit sein können. Daher erfordert der Umgang mit Treibgasen, Ablagerungen sowie Kondensaten die Beachtung relevanter Gesundheits- und Sicherheitsanweisungen sowie Vorsichtsmaßnahmen.

#### 4 Gasarten

Die bei Jenbacher Gasmotoren eingesetzten Treibgase können in die folgend gelisteten Hauptklassen eingeteilt werden. Jenbacher Gasmotoren sind nicht auf diese Hauptklassen begrenzt. Lösungen für weitere Gasarten können mit Jenbacher ausgearbeitet werden.

##### Erdgas

Erdgas zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an Methan ( $\text{CH}_4$ ) aus und besitzt eine hohe Reinheit. Die Methankonzentration liegt zwischen 65 und 100 Vol.-%.

##### Erdölbegleitgas

Diese Treibgasklasse zeichnet sich durch einen mittleren bis hohen Methangehalt aus. Die Konzentration von Methan kann zwischen 35 und 90 Vol.-% liegen. Unter den weiteren Bestandteilen können Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) oder Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) in hohen Konzentrationen von bis zu 45 Vol.-% sowie ein erhöhter Anteil von höherwertigen Kohlenwasserstoffen auftreten.

##### Biogas, Klärgas, Deponiegas

Diese Treibgase entstehen durch die Umsetzung flüssiger oder fester organischer Substanzen durch Mikroorganismen. Sie zeichnen sich wie das Erdölbegleitgas durch einen mittleren bis hohen Methangehalt sowie den Bestandteilen  $\text{N}_2$  und  $\text{CO}_2$  aus. Da dieses Gas jedoch aus sehr heterogenen Substanzen entsteht, ist ein besonderes Augenmerk auf Spuren- und Begleitstoffe zu richten.

##### Kohlengrubengas

Diese aus Kohlengruben gewonnenen Treibgase zeichnen sich durch starke Fluktuationen im Methangehalt aus. Die Methan-Konzentration kann zwischen 25 und 95 Vol.-% liegen. Unter den weiteren Bestandteilen können  $\text{N}_2$  in einer Konzentration von bis zu 65 Vol.-%,  $\text{CO}_2$  mit bis zu 15 Vol.-% oder Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) mit bis zu 15 Vol.-% liegen. Dieses Gas enthält oft eine gewisse Staubfracht, die einer Vorabscheidung bedarf.

##### Gase aus thermischen Vergasungsprozessen

Diese Gase entstehen bei der gezielten Vergasung von Biomasse (z.B. Holz), Abfällen, Kohle oder ähnlichem und sind durch hohe Gehalte an Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) und Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) charakterisiert. Da dieses Gas aus sehr heterogenen Substanzen entsteht, ist ein besonderes Augenmerk auf Spuren- und Begleitstoffe zu richten. Diese Gasart wird auch als Synthesegas bezeichnet.

##### Prozessgase

Prozessgase fallen in der Stahlwerksindustrie an und werden auch unter der Bezeichnung Stahlgas geführt. Diese Gase umfassen folgende Hauptgruppen:

Gasbezeichnung	Hauptkomponenten	Herkunft
Koksgas	$\text{H}_2/\text{CH}_4/\text{N}_2/\text{CO}$	Kokereiprozess
Hochofengas	$\text{N}_2/\text{CO}/\text{CO}_2/\text{H}_2$	Prozessgas aus Stahlherstellung
Konvertergas	$\text{CO}/\text{N}_2/\text{CO}_2/\text{H}_2$	Prozessgas aus Stahlherstellung z.B. LD - Gas (Linz-Donawitz Prozess)

##### Flüssiggas, Propangas

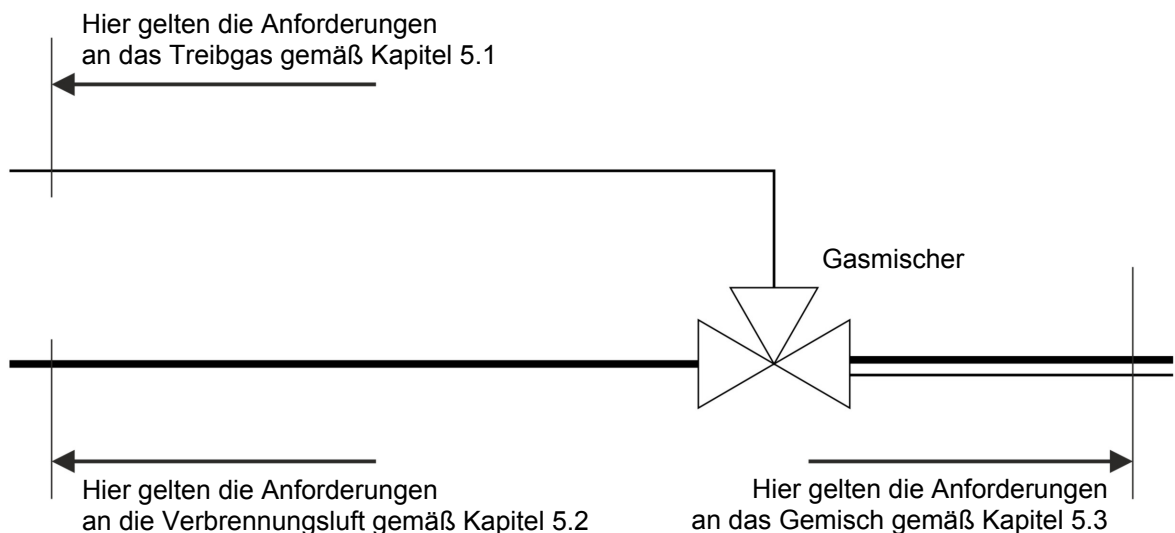
Flüssiggase sind gekennzeichnet durch einen Transport bzw. Lagerung im flüssigen Zustand. Vor ihrer Nutzung werden diese verdampft.

Verflüssigtes Erdgas (LNG) besteht ursprünglich aus Erdgas, das zur Verflüssigung auf  $-161^{\circ}\text{C}$  abgekühlt wurde. Beim Verdampfen kann es jedoch zu „Fraktionierungen“ kommen, wodurch Abweichungen und Schwankungen in der Zusammensetzung auftreten können, wie beispielsweise einer Aufkonzentration längerkettiger Kohlenwasserstoffe.

Propangas liegt bereits bei relativ niedrigen Drücken bei Normaltemperatur flüssig vor. Hauptbestandteil ist Propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) und liegt in einer Konzentration von 60 bis 100 Vol.-% vor. Als weitere Bestandteile in hoher Konzentration können Butan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) mit bis zu 10 Vol.-%, Ethan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) mit bis zu 20 Vol.-% oder Methan mit bis zu 40 Vol.-% vorliegen. Propan HD5 enthält mehr als 90% Propan und weniger als 5% Propylen ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) sowie weniger als 5 % andere Kohlenwasserstoffe.

## 5 Anforderungen und Grenzwerte

Für Jenbacher Motoranlagen gelten die in dieser Technischen Anweisung dargestellten Anforderungen und Grenzwerte für das Treibgas und für die Verbrennungsluft. Dadurch wird sichergestellt, dass das in den Motor gelangende Gemisch den Anforderungen des Motors entspricht und diesen nicht schädigt. Prinzipiell ist jeglicher Eintrag von unerwünschten Stoffen in den Motor zu vermeiden. Folgende Darstellung soll den Zusammenhang zwischen den Anforderungen an das Treibgas, die Verbrennungsluft und das Gemisch verdeutlichen.



### 5.1 Anforderungen und Grenzwerte an das Treibgas

Um einen einwandfreien Motorbetrieb sowie die angegebenen Wartungsintervalle gewährleisten zu können, sind an der Jenbacher Schnittstelle die aufgeführten Treibgasanforderungen dauerhaft einzuhalten. Eine zusammenfassende Übersicht der Anforderungen und Grenzwerte sowie der Zusatzanforderungen sind im Anhang zu finden.

Gewährleistungsansprüche in Zusammenhang mit Problemen, die in kausaler Beziehung zur Überschreitung einer oder mehrerer Grenzwerte dieser Technischen Anweisung stehen, können von Jenbacher nicht anerkannt werden.

**Physikalische Treibgas-Eigenschaften, Hauptkomponenten und thermodynamische Anforderungen**

Die Hauptkomponenten bestimmen die für den physikalischen Motorbetrieb relevanten Treibgas-Eigenschaften (z.B. Heizwert, Verbrennungsluftverhältnis, Verbrennungstemperatur, laminare Flammgeschwindigkeit, Zündgrenzen, Klopfestigkeit). Sie werden üblicherweise in Vol.-% aufgeführt und sind in Form einer vollständigen Gasanalyse anzugeben (siehe Anhang: Checkliste für Angaben zur Treibgasqualität).

In den technischen Datenblättern wird neben einer Reihe von Randbedingungen, für die das Datenblatt gilt, auch die Art des Treibgases angeführt.

In Fällen, wo das zur Verfügung stehende Treibgas nicht den Festlegungen des Standardproduktprogrammes entspricht, kann nach Maßgabe der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten im Rahmen einer Sonderfreigabe eine spezielle (Kunden-) Lösung erstellt werden.

Bei einigen Gasarten ist die Zusammensetzung üblicherweise stark veränderlich. Im Leanox - geregelten Motorbetrieb (unter Last) können diese Schwankungen weitgehend vom Motormanagement ausgeglichen werden. Zur Sicherstellung eines guten Startverhaltens ist allerdings eine bestimmte Schwankungsbreite erforderlich und dem Motormanagement eine geeignete verwertbare Information (z.B.: Heizwert, CH<sub>4</sub> Gehalt) zur aktuellen Gasqualität bereitzustellen.

**Physikalische Eigenschaften, Hauptkomponenten und thermodynamische Anforderungen**

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
		g		
Gasdruck	Schwankung	≤ 10	mbar/s	
Gastemperatur	Min.	10	°C	Höhere Temperaturen sind im Einzelfall zu prüfen!
	Max.	40	°C	
Relative Gasfeuchte	Max.	80	% rel.	Muss bei jeder Temperatur und jedem Versorgungsdruck gewährleistet sein! <sup>1)</sup>
	Max	50	% rel.	Bei Einsatz eines Jenbacher Aktivkohlesystems am Eintritt des Aktivkohlefilters. Höhere Temperaturen sind im Einzelfall zu prüfen!
Unterer Heizwert	Schwankung	≤ 4	%/min	
Methanzahl	Änderungsgeschwindigkeit	≤ 10	MZ/min	Gemäß Standardberechnungsmethode (AVL)
Wasserstoff H <sub>2</sub>	Änderungsgeschwindigkeit	≤ 4	Vol.-%/min	Insbesondere bei Prozessgasen
Zündfähigkeit		Gas darf nicht zündfähig sein. Gesetzliche Auflagen und Grenzwerte beachten!		

<sup>1)</sup> Bei Einsatz eines Vorkammergaskompressors für das Vorkammergassystem oder bei Aufstellung in den Ländern des Tropengürtels gelten die in dem Kapitel 5.3 dargestellten Grenzwerte.

**5.2 Anforderungen und Grenzwerte an die Verbrennungsluft**

Die Verbrennungsluft von Jenbacher Motorenanlagen wird in der Regel aus der unmittelbaren Umgebung der Anlage angesaugt. Umgebungsluft besteht in trockenem Zustand aus folgenden gasförmigen Bestandteilen:

Bestandteil	Volumenanteil in %
Stickstoff N <sub>2</sub>	78,08
Sauerstoff O <sub>2</sub>	20,95
Argon Ar	0,93



Bestandteil	Volumenanteil in %
Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	0,04

Der Bezugspunkt sind die Standard-Bedingungen für Temperatur und Druck (STP) mit einer Temperatur von 273,15 K und einem Druck von 101,3 kPa.

Ferner befinden sich in der Umgebungsluft sogenannte Spurengase wie Neon, Helium und Krypton.

Luft enthält auch immer einen Anteil an Wasserdampf. Dieser ist stark von den Umgebungsbedingungen abhängig und gelangt ebenso in den Motor.

Entsprechend des Wasseranteils in der Verbrennungsluft sind folgende Maßnahmen zu beachten:

Wasseranteil in gH <sub>2</sub> O/kgLuft	Auswirkung
≤ 15	Keine Kondensatbildung und daher kein Einfluss auf den Motorbetrieb erwartet
> 15	Abminderungsdiagramm prüfen

Folgende Anforderungen und Grenzwerte werden an die Verbrennungsluft gestellt:

#### Anforderungen und Grenzwerte an die Verbrennungsluft

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
		g		
Temperatur				Siehe TA 1100-0110
Partikel				BR 2 bis 6: Reinheitsklasse G3 gemäß EN779
Gesamt-Partikelgehalt		≤ 0,1	mg/Nm <sup>3</sup>	J920: Reinheitsklasse M6 gemäß EN779 (ehemals F6) Ein Filter am Verbrennungsluft-Einlass schützt das System vor Partikeln. Der angeführte Wert dient als Auslegungsbasis für den Luftfilter <sup>1)</sup>
Hochentzündliche Bestandteile				Sicherheitsgrenzwerte dürfen nicht überschritten werden. Sollte die Verbrennungsluft nicht frei von hochentzündlichen Bestandteilen sein, so ist die Verwendbarkeit mit Jenbacher abzustimmen
Säure- und Base-bildende Bestandteile				Dürfen nicht in den Motor gelangen

<sup>1)</sup> Falls die im Wartungsplan angeführte Filterstandzeit nicht erreicht wird bzw. sich die Filterstandzeiten als nicht akzeptabel ergeben, sind kundenseitig verbessernde Maßnahmen zu treffen.

Für den Fall, dass die Umgebungsluft Fremdstoffe enthält (wie beispielsweise Schwefelverbindungen, Öldämpfe, fremde gasförmige Bestandteile etc.), so ist deren Verwendbarkeit zu prüfen.

Im Bereich der Ansaugung der Verbrennungsluft ist darauf zu achten, dass diese keinem Einfluss von Mikroklimata unterliegt wie beispielsweise feuchtwarmen Zonen bei Gewächshausanwendungen. Ebenso muss sichergestellt sein, dass Emissionen aus verschiedensten Quellen wie beispielsweise industrieller Abluft, Emissionen biogener Prozesse oder Lösemittel nicht mit der Ansaugluft in den Motor gelangen



können und somit keinen Einfluss auf den Motorbetrieb haben können. Jenbacher Motoranlagen erfordern ein spezielles Ansaugluftsystem, welches neben weiteren Randbedingungen in folgender technischen Anweisung dargestellt ist:

- TA 1100-0110: Randbedingungen für GE Jenbacher Gasmotoren

### **⚠ VORSICHT**



#### **Sogwirkung**

Bei Stillstand des Motors ist zu beachten, dass je nach Ausführung des Abgastraktes und der Sogwirkung des Kamins, permanent Luft durch den Motor gesaugt werden kann. Dabei ist der Motor auch im Stillstand der Umgebungsluft ausgesetzt und es kann bei unzureichender Luftqualität zu Schäden kommen.

## **5.3 Anforderungen und Grenzwerte an das Gemisch**

Jenbacher Motoranlagen müssen vor einem Gesamteintrag unerwünschter Stoffe über das Treibgas als auch die Verbrennungsluft in das Gemisch geschützt werden.

### **Grenzwerte für Spuren- und Begleitstoffe sowie für Öl, Kondensat und Partikel**

Spuren- bzw. Begleitstoffe gelangen meist beim Gasentstehungsprozess in den Stoffstrom, können aber auch aus der Umgebungsluft kommen. Es sind im Regelfall im ppm - Bereich auftretende Verunreinigungen. Die Wirkungen von Spuren- oder Begleitstoffen sind gewöhnlich erst nach einer gewissen Laufzeit des Motors beobachtbar (kumulative Wirkung). Gleiches gilt für Öl, Kondensat sowie Partikel. Da diese Wirkungen überwiegend nachteilig sind, sollten die Treibgase als auch die Umgebungsluft möglichst frei von Spuren- bzw. Begleitstoffen sein. Bei sehr hohem Auftreten von Begleitstoffen im Treibgas ist eine geeignete Treibgasreinigung unter Umständen die beste Methode, die wirtschaftliche Nutzung des Treibgases zu gewährleisten.

Zur Beurteilung der Eignung eines Treibgases für die motorische Nutzung ist die Kenntnis der vollständigen Gasanalyse notwendig. Wie Felderfahrungen zeigen, können die Ergebnisse selbst unter ähnlichen Einsatzbedingungen erheblich streuen. Daher ist die Wirkung der Spurenstoffe nur eingeschränkt vorhersagbar, da hier oft sehr komplexe Quereinflüsse und Verkettungen einer Vielzahl von Einflussfaktoren vorliegen. Tendenziell ist die Wirkung der Spurenstoffe im Wesentlichen proportional zu der im Laufe der Betriebszeit in den Motor eingebrachten Menge. Bei einem Treibgas mit hohem Heizwert ist der Gasstrom zum Motor geringer als bei einem Gas mit niedrigem Heizwert. Dadurch ist der Spurenstoffeintrag in den Motor und damit die Wirkung bei gleicher Konzentration an Spurenelementen im Treibgas unterschiedlich. Um unterschiedliche Gase vergleichen zu können, müssen daher die Werte für die Spurenstoffkonzentration auf einen bestimmten Brennstoffenergieinhalt bezogen werden (die Brennstoffleistung zur Erzeugung einer bestimmten Motorleistung ist für alle Gasarten sehr ähnlich).

Seitens Jenbacher wurde dafür der Energieinhalt von 1 Normkubikmeter Methan: 10 kWh (gerundet) gewählt.

Der Verbrennungsluftbedarf ist ebenso vom Treibgas und dessen Heizwert abhängig. Hieraus resultiert ein für die Gasarten spezifisches Mischungsverhältnis des Treibgases zur Verbrennungsluft und kann dem Anhang entnommen werden.

Spuren- oder Begleitstoffe, welche in dieser TA nicht spezifiziert oder limitiert sind, können die Eigenschaften des Gases verändern. Beinhaltet das Gas derartige Spuren- oder Begleitstoffe, so haftet Jenbacher weder hinsichtlich reduzierter Leistung, reduziertem Wirkungsgrad noch hinsichtlich reduzierter Verfügbarkeit oder etwaiger auftretender Schäden. Für Jenbacher entfällt in diesem Fall jedwede Gewährleistungsverpflichtung.

### **Grenzwerte für Spuren- und Begleitstoffe <sup>1)</sup>**

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung g	Einheit	Bemerkung
Summe Schwefel	S	≤ 700 ≤ 1200	mg/10kWh mg/10kWh	Einfluss auf die Ölstandzeit beachten <sup>2)</sup> Mit eingeschränkter Gewährleistung <sup>3)</sup>
Halogenverbindungen	Summe Cl + 2 * F	≤ 100 ≤ 400	mg/10kWh mg/10kWh	Teillastbetrieb beachten <sup>4)</sup> Mit eingeschränkter Gewährleistung <sup>3)</sup>
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	≤ 50	mg/10kWh	Höhere NH <sub>3</sub> Werte im Treibgas können zu Überschreitungen der in der Spezifikation angegebenen NO <sub>x</sub> Werte für das Motorabgas führen.
VOSC als Gesamt-Silizium	Summe Silizium, Si <sub>BG</sub> (Silizium-Betriebs-Grenzwert)	≤ 0,02		Mittels Ölanalyse präzise zu bestimmender Silizium-Betriebskennwert Si <sub>B</sub> <sup>5)</sup>
Hochentzündliche Komponenten	Acetylen (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) Carbonylsulfid (COS)	≤ 0,02 ≤ 0,02	Vol-% Vol-%	Diese Stoffe können zu unkontrollierten Selbstentzündungen im System führen!

<sup>1)</sup> Bei Einsatz von Jenbacher Treibgas- oder Abgas-Behandlungssystemen, bei Motoren mit Vorkammergassystem oder bei Aufstellung in Ländern des Tropengürtels gelten die in den folgenden Kapiteln dargestellten Grenzwerte.

<sup>2)</sup> Bereits ab einem Gesamtschwefelgehalt von etwa 50 mg/10 kWh, sowie ab einem Gesamthalogengehalt von ca. 20 mg/10 kWh tritt eine merkliche Verkürzung der Ölstandzeiten auf (siehe TA-Nr.: 1000-0099 B und C). Beim Einsatz von Entschwefelungsanlagen ist zu beachten, dass bei Defekten sehr hohe Schwefelkonzentrationen in den Motor gelangen und in kurzer Zeit zu Schäden führen können.

Unter diese Kategorie fallen auch die Grenzwerte für Flusssäure (HF) und Salzsäure (HCl). Siehe dazu das Berechnungsbeispiel für Konvertergas im Anhang.

<sup>3)</sup> Unter Inkaufnahme einer Beeinträchtigung der Lebensdauer von Motor- oder Anlagenkomponenten, die mit dem Treibgas, Motoröl oder dem Abgas in Berührung kommen, sowie bei entsprechend erhöhtem Wartungsaufwand, können die Grenzen angehoben werden. Zur Erreichung einer ausreichend langen Mindest-Ölstandzeit (ca. 500 Bh) muss ein geeignet großer Schmierölzusatzbehälter vorgesehen werden. Die Auslegung erfolgt durch Jenbacher.

<sup>4)</sup> Bei Anlagen mit Abwärmenutzung ist darauf zu achten, dass der Säuretaupunkt im Abhitzekessel, auch unter Berücksichtigung von Teillastbetrieb, nicht unterschritten wird.

<sup>5)</sup> Bei Einsatz eines Treibgases mit Spuren von flüchtigen oxidierbaren Siliziumverbindungen ist aufgrund starker Schwankungen und schwieriger Analyse keine Grenzwert-Angabe im Treibgas möglich. Als Maß für die in den Motor eingebrachte Siliziummenge dient der Betriebskennwert Si<sub>B</sub>, der mittels zweier Ölanalysen bestimmt wird. Dieser darf den Betriebsgrenzwert Si<sub>BG</sub> nicht überschreiten. Die Berechnung ist im Anhang erläutert.

#### Grenzwerte für Öl, Kondensat und Partikel

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung g	Einheit	Bemerkung
Partikel				Ein Filter in der Gasdruckregelstrecke schützt das System vor Partikeln. Dieser Filter in der Gasdruckregelstrecke dient nicht als Arbeitsfilter <sup>6)</sup>
Gesamt-Ölgehalt		≤ 0,2	mg/10kWh	

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
		g		
Teer	$C_xH_yR_z$	kein Teer im Ansaugtrakt		Bei teerhaltigen Gasen (insbesondere Holzgas) muss die Gasregelstrecke mit einer Begleitheizung inklusive Wärmeisolierung ausgeführt werden! <sup>7)</sup>
Kondensat oder Sublimat		Kein Kondensat und keine Sublimation von Wasser bzw. Teeren in gas- bzw. gemischberührten Bauteilen! <sup>8)</sup>		

<sup>6)</sup> Falls die im Wartungsplan angeführte Filterstandzeit nicht erreicht wird bzw. sich die Filterstandzeiten als nicht akzeptabel ergeben oder die Funktion der Gasregelstrecke beeinträchtigt wird, sind kundenseitig verbessernde Maßnahmen zu treffen.

Sollte ein Arbeitsfilter erforderlich sein, so muss dieser einen Abscheidegrad von mindestens 99,99% bei Partikeldurchmessern größer als  $3\mu m$  aufweisen.

<sup>7)</sup> Fallen in Gasen bzw. Gemischen bei Abkühlung unter deren Taupunkt Kohlenwasserstoffe als feste, flüssige oder hochviskose Produkte aus, bezeichnet man die Kondensations- bzw. Sublimationsprodukte als Teer. Dies betrifft alle Kohlenwasserstoffe ( $C_xH_yR_z$ ) ab 6 Kohlenstoffatomen und einer molaren Masse ( $M$ )  $\geq$  Benzol (78,11 g/mol) mit jeder möglichen Substitutionsgruppe ( $R_z$ ).

Teere führen beim Auskondensieren zu Problemen im gas- bzw. gemischseitigen Ansaugtrakt.

Falls Teere in gas- bzw. gemischberührten Bauteilen kondensieren bzw. sublimieren, ergeben sich unter anderem folgende Probleme:

- Verblockung der Armaturen (Filter, Druckregler, Magnetventile etc.) in der Gasregelstrecke
- Verblockung des Gasmischers und Verdichterrades des Abgasturboladers
- Verblockung des Gemischkühlers

Bei der Mischung teerhaltiger Gase mit kälterer Verbrennungsluft darf die Gemischtemperatur nicht so weit sinken, dass der Teertaupunkt unterschritten wird. In diesem Fall muss der Teertaupunkt des Treibgases dementsprechend tiefer liegen, um Kondensate und/oder Sublimate in gas- bzw. gemischberührten Bauteilen zu vermeiden!

## VORSICHT



### Kondensierte und/oder sublimierte Teere

Die Folgen von kondensierten und/oder sublimierten Teeren können neben kürzeren Standzeiten der Bauteile, erhöhten Wartungskosten, eingeschränktem Motorbetrieb auch eine beeinträchtigte Sicherheit der Gasregelstrecke sein!

<sup>8)</sup> Kondensat oder Sublimat im Bereich der Gas/Luftzumischung (Gasmischer) kann zum Teil auch durch zu kalte Verbrennungsluft verursacht werden. In diesem Fall kann gegebenenfalls durch bauseitige Vorwärmung der Verbrennungsluft beispielsweise mittels Rezirkulation der Raumlüftung Abhilfe geschaffen werden!

Entscheidend für die Beurteilung von Spurenstoffen ist die in den Motor eingetragene absolute Stoffmenge. Die Grenzwerte sind unter der Annahme gültig, dass die Verbrennungsluft frei von Begleitstoffen ist.

Unter Inkaufnahme einer Beeinträchtigung der Lebensdauer von Motor- oder Anlagenkomponenten, die mit dem Treibgas, Motoröl oder dem Abgas in Berührung kommen, sowie bei entsprechend erhöhtem Wartungsaufwand, können die Grenzen in Absprache mit Jenbacher angehoben werden. Darüber hinaus können zusätzliche Maßnahmen wie beispielsweise die Auslegung und Anbringung eines geeigneten Schmierölzusatzbehälters zur Verlängerung der Mindest-Ölstandzeit durch Jenbacher erfolgen.

**Zusatz-Anforderungen bei Verwendung von Jenbacher Treibgas- oder Abgas-Behandlungssystemen**

Jenbacher bietet für die Motoranlagen eigens entwickelte und abgestimmte Behandlungssysteme des Treibgas und des Abgas in verschiedenen Ausführungen an. Bei den Motoranlagen, wo ein solches Behandlungssystem eingesetzt wird, gelten die in folgender Tabelle dargestellten zusätzlichen Anforderungen für die Gesamtanlage.

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
Summe Schwefel	S	≤ 500 ≤ 200 ≤ 20	mg/10kWh mg/10kWh mg/10kWh	Bei Einsatz Jenbacher Aktivkohlesystem Bei Einsatz Jenbacher CO-Katalysator <sup>9)</sup> Bei Einsatz Jenbacher Formaldehyd-Katalysator <sup>9)</sup>
Halogenverbindungen	Summe Cl + 2 * F	≤ 200 ≤ 200 ≤ 20	mg/10kWh mg/10kWh mg/10kWh	Bei Einsatz Jenbacher Aktivkohlesystem Bei Einsatz Jenbacher ClAir-System Bei Einsatz Jenbacher CO-Katalysator oder Jenbacher Formaldehyd-Katalysator
VOSC als Gesamt-Silizium	Summe Silizium, Si <sub>BG</sub>	≤ 0,0005		Bei Einsatz Jenbacher CO-Katalysator oder Jenbacher Formaldehyd-Katalysator
Summe Spurenstoffe bei Katalysatoreinsatz	Die beispielhaft angeführten Metalle und Schwermetalle wirken deaktivierend auf den Katalysator. Die Standzeit wird dadurch entsprechend verringert. ▪ Schwefel, Phosphor, Blei, Quecksilber, Arsen, Antimon, Zink, Kupfer, Zinn, Eisen, Nickel, Chrom etc. ▪ Die Garantie erlischt falls die kumulierte Menge dieser Elemente 350g/Nm <sup>3</sup> Katalysatorwabe überschreitet. Der Nachweis erfolgt durch quantitative Analyse eines Gebrauchsmusters. Das Abgas muss auf jeden Fall frei von Siliziumverbindungen wie z.B. Siloxanen sein.			

<sup>9)</sup> Im Katalysator wird SO<sub>2</sub> zu SO<sub>3</sub> umgewandelt. Mit Kondensat bildet sich schwefelige Säure bzw. Schwefelsäure. Daher gilt eine eingeschränkte Gewährleistung bei Schäden von Abhitzeessel, Katalysator und Abgassystem bei Abgasaustrittstemperaturen < 180 °C.

**Zusatz-Anforderungen für Motoren mit Vorkammergassystem**

Für Motoren mit einem Vorkammergassystem gelten folgende zusätzlichen Grenzwerte für das Treibgas.

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
Summe Schwefel	S	≤ 200	mg/10kWh	

Motoren die mit einem Vorkammergassystem ausgerüstet sind, benötigen hierfür ein erhöhtes Druckniveau des Treibgases. Bei Veränderungen des Druckniveaus kann es zur Kondensation und Sublimation von Spurenstoffen im Treibgas kommen. Wird die Erhöhung des Druckniveaus mit Hilfe eines Kompressors erreicht, so gelten für diesen folgende zusätzlichen Anforderungen.

**Zusatz-Anforderungen an das Treibgas bei Verwendung eines Vorkammergaskompressors für das Vorkammersystem**

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
		g		
Gastemperatur am Eingang Vorkammergaskompressor	Min. Max.	10 40	°C °C	Höhere Temperaturen sind im Einzelfall zu prüfen! Falls die Maschinenraumtemperatur <30°C beträgt, kann die gesamte Gasdruckregelstrecke isoliert und beheizt werden, um einer Kondensation oder Sublimation sicher vorzubeugen.
Relative Gasfeuchte am Eingang Vorkammergaskompressor	Max.	15	% rel.	Keinesfalls Kondensat in der Gasstrecke bis zum Vorkammergasventil!

#### Zusatz-Anforderungen an das Treibgas für Anwendungen mit Kohlengrubengas in Ländern des Tropengürtels

Im sogenannten Tropengürtel, der sich zwischen 30° nördlicher und 30° südlicher Breite erstreckt, gelten spezielle Anforderungen an Kohlengrubengas-Anwendungen. Dies betrifft beispielsweise Mittelamerika (inkl. Mexico), Südamerika (außer Uruguay, Argentinien und Chile), Afrika, Arabische Halbinsel (inkl. Israel), Indischer Subkontinent (Pakistan, Bangladesch, Indien, Sri Lanka), gesamte Südostasien (inkl. China), Australien (nördlich des 30° Breitengrades) und Ozeanien. Um eine Kondensation in treibgas- und gemischführenden Bauteilen zu vermeiden, gelten in diesen Ländern folgende Anforderungen für den Betrieb von Jenbacher Motoranlagen mit Kohlengrubengas.

#### Zusatz-Anforderungen in Ländern des Tropengürtels zwischen 30° nördlicher und 30° südlicher Breite

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
		g		
Relative Gasfeuchte des Kohlengrubengas	Max.	50	% rel.	Keinesfalls Kondensat in der Gasstrecke bis zum Gasmischer!

#### Anforderungen an Kondensatfreiheit des Treibgas – Luft – Gemisch

Viele Gasarten enthalten neben Wasserdampf auch andere kondensierbare Stoffe, die einer besonderen Betrachtung bedürfen. Kondensationsprozesse können einen negativen Einfluss auf den Motorbetrieb haben. Insbesondere Gase aus Vergasungsprozessen können je nach Vergasungsprozess und Gasaufbereitungssystem kondensierbare organische Komponenten wie Teer, wasserlösliche Naphthalene und viele andere enthalten. Dies kann zu Konsequenzen und möglichen Auswirkungen insbesondere für die treibgasführenden Bauteile führen.

### HINWEIS



#### Gefahr eines Maschinenschadens

Durch unzureichend trockenes Gas treten Betriebsstörungen erfahrungsgemäß zunächst meist nur in Armaturen, Geräten und Rohrleitungen außerhalb des eigentlichen Motors auf. Wird die Ursache nicht behoben, so können Motorschäden nicht ausgeschlossen werden.

Betriebsstörungen, die auf unzureichende Kondensatfreiheit der zur Verfügung gestellten Treibgase zurückzuführen sind, sind von der Gewährleistung ausgeschlossen. Dieser Gewährleistungs-Ausschluss kommt nicht zum Tragen, wenn der vertragliche Lieferumfang seitens Jenbacher ausdrücklich eine eigene Gastrockeneinrichtung enthält.

Im Anhang sind weitere Erläuterungen zur Kondensatfreiheit aufgeführt.

## 6 Anhang

## 6.1 Übersicht Anforderungen und Grenzwerte an das Treibgas

Physikalische Eigenschaften, Hauptkomponenten und thermodynamische Anforderungen

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
		g		
Gasdruck	Schwankung	≤ 10	mbar/s	
Gastemperatur	Min.	10	°C	Höhere Temperaturen sind im Einzelfall zu prüfen!
	Max.	40	°C	
Relative Gasfeuchte	Max.	80	%	Muss bei jeder Temperatur und jedem Versorgungsdruck gewährleistet sein!
Unterer Heizwert	Schwankung	≤ 4	%/min	
Methanzahl	Änderungsgeschwindigkeit	≤ 10	MZ/min	Gemäß Standardberechnungsmethode (AVL)
Wasserstoff H <sub>2</sub>	Änderungsgeschwindigkeit	≤ 4	Vol-%/min	Insbesondere bei Prozessgasen
Zündfähigkeit		Gas darf nicht zündfähig sein. Gesetzliche Auflagen und Grenzwerte beachten!		

## 6.2 Übersicht Anforderungen und Grenzwerte an die Verbrennungsluft

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
		g		
Temperatur				Siehe TA 1100-0110
Partikel				Reinheitsklasse G3 gemäß EN779
Gesamt-Partikelgehalt		≤ 0,1	mg/Nm <sup>3</sup>	Ein Filter am Verbrennungsluft-Einlass schützt das System vor Partikeln. Der angeführte Wert dient als Auslegungsbasis für den Luftfilter
Hochentzündliche Bestandteile				Sicherheitsgrenzwerte dürfen nicht überschritten werden. Sollte die Verbrennungsluft nicht frei von hochentzündlichen Bestandteilen sein, so ist die Verwendbarkeit mit GEJ abzustimmen
Säure- und Basebildende Bestandteile				Dürfen nicht in den Motor gelangen

Die dargestellte Tabelle stellt lediglich einen Auszug dar. Details sind den einzelnen Kapiteln zu entnehmen.

## 6.3 Übersicht Anforderungen und Grenzwerte an das Gemisch

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
		g		
<b>Grenzwerte für Spuren- und Begleitstoffe</b>				
Summe Schwefel	S	≤ 700 ≤ 1200	mg/10kWh mg/10kWh	Einfluss auf die Ölstandzeit beachten Mit eingeschränkter Gewährleistung



Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung g	Einheit	Bemerkung
Halogenverbindungen	Summe Cl + 2 * F	$\leq 100$ $\leq 400$	mg/10kWh mg/10kWh	Teillastbetrieb beachten Mit eingeschränkter Gewährleistung
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	$\leq 50$	mg/10kWh	Höhere NH <sub>3</sub> Werte im Treibgas können zu Überschreitungen der in der Spezifikation angegebenen NO <sub>x</sub> Werte für das Motorabgas führen.
VOSC als Gesamt-Silizium	Summe Silizium, Si <sub>BG</sub> (Silizium-Betriebs-Grenzwert)	$\leq 0,02$		Mittels Ölanalyse präzise zu bestimmender Silizium-Betriebswert Si <sub>B</sub>
Hochentzündliche Komponenten	Acetylen (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) Carbonylsulfid (COS)	$\leq 0,02$ $\leq 0,02$	Vol-% Vol-%	Diese Stoffe können zu unkontrollierten Selbstentzündungen im System führen!

**Grenzwerte für Öl, Kondensat und Partikel**

Partikel		-		Ein Filter in der Gasdruckregelstrecke schützt das System vor Partikeln. Dieser Filter in der Gasdruckregelstrecke dient nicht als Arbeitsfilter
Gesamt-Ölgehalt		$\leq 0,2$	mg/10kWh	
Teer	CxHyRz	kein Teer in gas- bzw. gemischberührten Bauteilen		Bei teerhaltigen Gasen (insbesondere Holzgas) muss die Gasregelstrecke mit einer Begleitheizung inklusive Wärmeisolierung ausgeführt werden!
Kondensat oder Sublimat		-		Kein Kondensat und keine Sublimation von Wasser bzw. Teeren in gas- bzw. gemischberührten Bauteilen!

**Zusatz-Anforderungen bei Verwendung von GE-Jenbacher Treibgas- oder Abgas-Behandlungssystemen**

Summe Schwefel	S	$\leq 500$ $\leq 200$ $\leq 20$	mg/10kWh mg/10kWh mg/10kWh	Bei Einsatz GEJ Aktivkohlesystem Bei Einsatz GEJ CO-Katalysator Bei Einsatz GEJ Formaldehyd-Katalysator
Halogenverbindungen	Summe Cl + 2 * F	$\leq 200$ $\leq 200$ $\leq 20$	mg/10kWh mg/10kWh mg/10kWh	Bei Einsatz GEJ Aktivkohlesystem Bei Einsatz GEJ ClAir-System Bei Einsatz GEJ CO-Katalysator oder GEJ Formaldehyd-Katalysator
VOSC als Gesamt-Silizium	Summe Silizium, Si <sub>BG</sub>	$\leq 0,0005$		Bei Einsatz GEJ CO-Katalysator oder GEJ Formaldehyd-Katalysator
Summe Spurenstoffe bei Katalysatoreinsatz	Die beispielhaft angeführten Metalle und Schwermetalle wirken deaktivierend auf den Katalysator. Die Standzeit wird dadurch entsprechend verringert. <ul style="list-style-type: none"> <li>Schwefel, Phosphor, Blei, Quecksilber, Arsen, Antimon, Zink, Kupfer, Zinn, Eisen, Nickel, Chrom etc.</li> <li>Die Garantie erlischt falls die kumulierte Menge dieser Elemente 350g/Nm<sup>3</sup> Katalysator überschreitet. Der Nachweis erfolgt durch quantitative Analyse eines Gebrauchsmusters. Das Abgas muss auf jeden Fall frei von Siliziumverbindungen wie z.B. Siloxanen sein.</li> </ul>			

**Zusatz-Anforderungen an das Treibgas für Motoren mit Vorkammersystem**

Bezeichnung	Zusatz	Begrenzung	Einheit	Bemerkung
Summe Schwefel	S	≤ 200	mg/10kWh	
<b>Zusatz-Anforderungen an das Treibgas bei Verwendung eines Vorkammergaskompressors für das Vorkammersystem</b>				
Gastemperatur am Vorkammergaskompressor	Min. Max.	10 40	°C °C	Höhere Temperaturen sind im Einzelfall zu prüfen! Falls die Maschinenraumtemperatur <30°C beträgt, kann die gesamte Gasdruckregelstrecke isoliert und beheizt werden, um einer Kondensation oder Sublimation sicher vorzubeugen.
Relative Gasfeuchte am Eingang Vorkammergaskompressor	Max.	15	% rel.	Keinesfalls Kondensat in der Gasstrecke bis zum Vorkammergasventil!
<b>Zusatz-Anforderungen an das Treibgas für Kohlengrubengas im Tropengürtel zwischen 30° nördlicher und 30° südlicher Breite</b>				
Diese Zusatzanforderung für Kohlengrubengas-Anwendungen gilt beispielsweise in den Ländern Mittelamerika (inkl. Mexico), Südamerika (außer Uruguay, Argentinien und Chile), Afrika, Arabische Halbinsel (inkl. Israel), Indischer Subkontinent (Pakistan, Bangladesch, Indien, Sri Lanka), gesamt Südostasien (inkl. China), Australien (nördlich des 30° Breitengrades) und Ozeanien.				
Relative Gasfeuchte des Kohlengrubengas	Max.	50	% rel.	Keinesfalls Kondensat in der Gasstrecke bis zum Gasmischer!

Die Dargestellte Tabelle stellt lediglich einen Auszug dar. Details sind den einzelnen Kapiteln zu entnehmen.

## 6.4 Erläuterungen zur Kondensatfreiheit

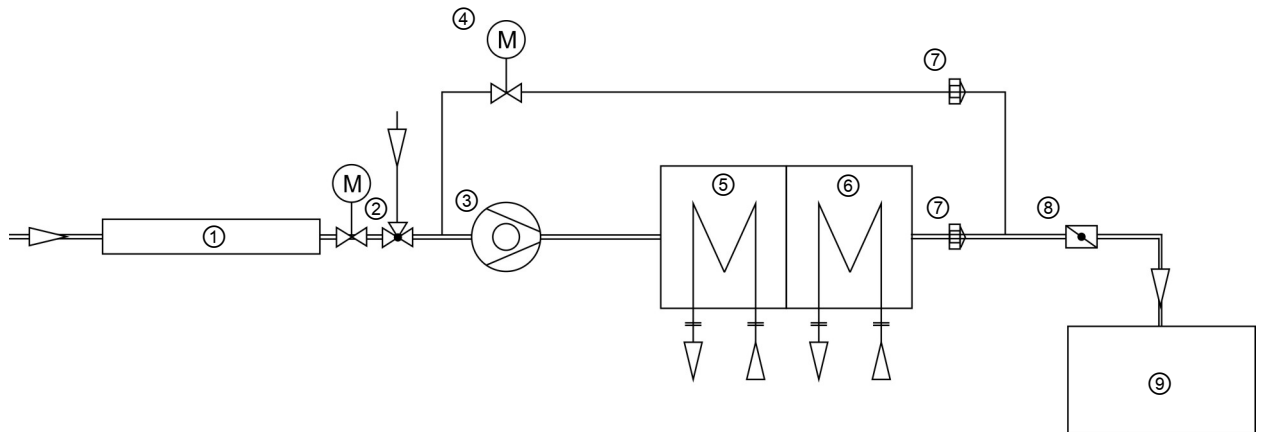
Bei Einhaltung dieser TA sollte an keiner Stelle der treibgas- und gemischführenden Bauteile Kondensat anfallen. Kommt es dennoch zu Kondensationsprozessen, so können folgende Erläuterungen für eine Fehlersuche dienlich sein.

### Häufigste Arten an Kondensatanfall

Gas	Kondensatbeschaffenheit	Häufigste Folgen für die Motoren
Biogas, Klärgas und Deponiegas	Saures Wasser, auch als Emulsion mit dem Schmieröl des Gasverdichters	Korrosion (→ Verschleiß)
		TAN-Anreicherung bzw. pH-Absenkung im Schmieröl
		Kohleablagerung an Ventilen Kolbenringnuten und Schlitzen
Erdölbegleitgas	Flüssige, höhere Kohlenwasserstoffverbindungen	Abwaschen des Schmierölfilmes (Fresser) Klopfende Verbrennung Kantenabbrand
	Rohöl und/oder flüssige, höhere Kohlenwasserstoffverbindungen	Kohleablagerungen an: Ventilen Kolbenringnuten und Schlitzen

Gas	Kondensatbeschaffenheit	Häufigste Folgen für die Motoren
Flüssiggas, Propangas	Flüssiges Propan/Butan	Abwaschen des Schmierölfilmes (Fresser) Klopfende Verbrennung Kantenabbrand
Gas aus Vergasungsprozessen, Prozessgase	Wie für alle anderen Gase	Wie für alle anderen Gase

### Einfluss auf den Motorbetrieb



Komponente	Auswirkung	Behebung	Erkennung
Nr. ① Gasregelstrecke	Verschmutzung des Gasfilters, Quellen von Membranen, Ablagerungen von Kondensat oder Sublimat	Reinigung oder Austausch betroffener Teile gemäß Wartungsanweisung	Visuelle Kontrolle bei 10.000 Betriebsstunden (BH) oder bei Störung
Nr. ② Gasmischer	Keine Konsequenzen bekannt		
Nr. ③ Turbolader	Ablagerungen auf Kompressorrad oder auf Diffuser	Reinigung gemäß Wartungsplan bei 10.000 BH oder nach Bedarf	Schwierigkeiten Volllast zu erreichen / Leistungsreduktion
Nr. ④ Turbolader Bypassventil	Zusetzen durch Teer-Ablagerungen; im schlimmsten Fall Ausfallen des Ventils	Reinigung mit Lösemittel, Kann gemeinsam mit Gemischkühler gereinigt werden (10.000 BH)	Visuelle Kontrolle bei 10.000 BH oder bei Störung
Nr. ⑤ Gemischkühler 1. Stufe	Keine Konsequenzen bekannt		

Komponente	Auswirkung	Behebung	Erkennung
Nr. ⑥ Gemischkühler 2. Stufe	Zusetzen durch Teer- Ablagerungen und Kondensat; aufgrund steigendem Druckverlust mögliche Leistungsreduktion	Reinigung mit Gemischkühler- Reinigungsvorrichtung;	Hoher Druckabfall kann durch Turboladerreserven begrenzt kompensiert werden; Indikation: Anstieg des Ladedrucks
Nr. ⑦ Flammensperr e	Zusetzen durch Teer- Ablagerungen; mögliche Leistungsreduktion	Mechanische Reinigung; Kann gemeinsam mit Gemischkühler gereinigt werden (10.000 BH)	Hoher Druckabfall kann durch Turboladerreserven begrenzt kompensiert werden; Indikation: Anstieg des Ladedrucks; Komponenten-Temperatur ist höher als z.B. Gemischkühler- Temperatur (~80-90°C)
Nr. ⑧ Drosselklappe	Zusetzen durch Teer- Ablagerungen; im schlimmsten Fall Ausfallen der Drosselklappe	Reinigung mit Lösemittel, Kann gemeinsam mit Gemischkühler gereinigt werden (10.000 BH)	Visuelle Kontrolle bei 10.000 BH oder bei Störung
Nr. ⑨ Motor	-	-	-

#### Prinzip zur Vermeidung von Störungen infolge Kondensat im Treibgas

- Generell ist die technische Projektabwicklung von Jenbacher bei möglichem Kondensatanfall zu kontaktieren
- Kondensieren des Dampfes durch Abkühlen und/oder Entspannen.
- Mechanisches Abscheiden (z.B. Zyklon oder Abscheidefilter) und gasdichtes Abführen des Kondensates.
- Die weiterführende Gasleitung zum Motor ist so zu gestalten, dass das Gas nicht weiter abkühlt (und auch nicht mehr durch Widerstände oder nachgeschaltete Druckreduzierer entspannt). Gegebenenfalls muss die Treibgasleitung isoliert oder eventuell mit Begleitheizung versehen werden.
- Da trotz Kondensatfreiheit an den Kondensat-Prüfstellen eine gewisse Kondensatmenge in den Motor gelangen kann, ist es wichtig, dass das Kondensat weitgehend frei von Säurebildnern ist. Um sich davon überzeugen zu können, ist der wässrige Auszug, der bei den Kondensatabscheidern anfällt, auf seinen pH-Wert zu überprüfen. Je stärker die Säure, umso wirkungsvoller die schädigende Wirkung auch bei kaum mehr nachweisbar kleinen Kondensatmengen.

#### **⚠ VORSICHT**



#### **Gefährdung der Haut durch chemische Stoffe! Ätzendes Kondensat**

Beim Ableiten von Kondensat aus dem Gassystem unbedingt Sicherheitshinweise beachten. Beim Umgang mit Kondensat entsprechende säurebeständige Handschuhe tragen.



## 6.5 Checkliste für Angaben zur Treibgasqualität

## Allgemeine Informationen

Name des Projektes oder der Anlage	
Standort (Land und/oder Stadt) der Anlage	
Name der Ansprechperson beim Kunden	
Erreichbar über (Telefon)	
Herkunft des Gases	
Zuordnung der Gasart: Erdgas ( <b>NG</b> ) Erdölbegleitgas ( <b>APG</b> ) Biogas, Klärgas, Deponiegas ( <b>BG</b> ) Kohlengrubengas ( <b>CMG</b> ) Gase aus Vergasungsprozessen ( <b>GG</b> ) Prozessgase ( <b>PG</b> ) Flüssiggas, Propangas ( <b>LG</b> )	

## Physikalische Eigenschaften

Gasdruck (von - bis)	-	mbar(ü)
Gastemperatur (von - bis)	-	°C
Relative Gasfeuchte (von - bis)	-	%
Atmosphärendruck (von - bis)	-	mbar

Hauptkomponenten	Relevant für folgende Gasarten *							Vol.-%	Messmethode
------------------	----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--------	-------------

	N G	A P G	B G	C M G	G G	P G	L G		
Methan CH <sub>4</sub>	X	X	X	X	X	X	X		
Ethan C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	X	X					X		
Propan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	X	X			X		X		
Butan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	X	X					X		
Pentan C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	X	X					X		
Hexan C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	X	X					X		
Kohlenmonoxid CO			X		X	X			
Wasserstoff H <sub>2</sub>					X	X			
Kohlendioxid CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X			
Stickstoff N <sub>2</sub>		X	X	X	X	X			
Sauerstoff O <sub>2</sub>			X	X	X	X			
Sonstiges	X	X	X	X	X	X	X		

Spuren- und Begleitstoffe		Relevant für folgende Gasarten							Menge	mg/10kWh Messmethode		
		N G	A P G	B G	C M G	G G	P G	L G				
Ammoniak NH <sub>3</sub>				X		X	X					
Summe Chlor				X		X	X					
Summe Fluor				X		X	X					
Cyanwasserstoff HCN						X						
Schwefelwasserstoff H <sub>2</sub> S			X	X		X	X					
Summe Siliziumorganische Verbindungen				X								
Summe Schwefel			X	X		X	X					
Acetylen C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>						X	X					
Carbonylsulfid COS						X	X					
Teer	Benzol					X	X					
	Naphthalin					X	X					
	Teertaupunkt					X	X		Temperatur	°C		
Sonstiges		X	X	X	X	X	X	X				
Partikel												
< 3 µm					X	X	X					
> 3 µm					X	X	X					
Sonstiges		X	X	X	X	X	X	X				

\* Einzelne Positionen sind dann relevant, wenn diese Komponente im Gas vorkommt oder vorkommen kann. Einer Gasart zugeordnete Positionen sind mit X gekennzeichnet und in jedem Falle erforderlich.

#### Weitere Informationen:

Analyseinstitute können, soweit bei Jenbacher bekannt, empfohlen werden.

## **6.6 Siliziumorganische Verbindungen in Biogas, Klärgas und Deponiegas**

### **Siliziumorganische Verbindungen**

Siliziumorganische Verbindungen treten in Treibgasen aus Mülldeponien, Klärwerken und Biogasanlagen (je nach Quelle der Biomasse) auf. Bei der Nutzung in Verbrennungskraftmaschinen entstehen Siliziumoxide (Quarzpartikel), die zu erhöhtem Wartungsaufwand an den Maschinen und gegebenenfalls zur Deaktivierung eines Abgaskatalysators führen können.

Zur Stoffgruppe siliziumorganischer Verbindungen zählen Siloxane, Silane und Silanole. Siloxane werden zunehmend in Kosmetik, Reinigungsmitteln und als Schaumbremser in der Industrie eingesetzt, die anderen Stoffe gelangen primär als Abbauprodukte der Siloxane in das Treibgas. Diese Stoffe sind brennbar, sehr flüchtig und entweichen wässrigen Systemen (Klärschlamm, Fermentern, Deponiesickerwasser).

Eine Abschätzung siliziumorganischer Verbindungen im Treibgas ist insbesondere bei folgenden Anwendungen durchzuführen:

- Gase aus Hausmülldeponien
- Gase aus Kläranlagen, die überwiegend Haushaltsabwässer verarbeiten
- Gase aus Biogasanlagen, je nach Herkunft der Biomasse
- Gase aus Deponien, auf denen Zwischenprodukte der Silikonchemie oder andere silikonhaltige Produkte abgelagert wurden, sowie bei Gasen aus Kläranlagen, in die entsprechende silikonhaltige Abwässer eingeleitet werden

Während bei Biogas und Klärgas das bewährte Jenbacher -Wechselaktivkohle-System siliziumorganische Verbindungen wirkungsvoll entfernt, ist der Einsatz dieser Reinigungstechnik für Deponiegas von Fall zu Fall zu entscheiden.

### **Bestimmung siliziumorganischer Verbindungen**

Aus der Summe der im Treibgas enthaltenen siliziumorganischen Verbindungen wird die Summe der im Treibgas enthaltenen Siliziumatome in  $[\text{mg}/\text{Nm}^3]$  berechnet. Mit der Angabe des Methangehaltes kann dieser Wert in den Gehalt an Siliziumatomen aus siliziumorganischen Verbindungen in  $[\text{mg}/10 \text{ kWh}]$  umgerechnet werden.

Im Projektstatus empfiehlt Jenbacher, insbesondere Treibgase aus Mülldeponien auf den Gehalt siliziumorganischer Verbindungen zu analysieren, um den zu erwartenden Wartungsaufwand abzuschätzen. Weiterhin liefert das Analysenergebnis für Jenbacher eine Entscheidungsgrundlage, um auf der Basis von Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit eine Empfehlung für Gasreinigungstechniken abgeben zu können.

Die Probenahme und Analyse siliziumorganischer Verbindungen in den üblicherweise auftretenden Konzentrationen sind nicht allgemein verfügbarer Stand der Technik. Jenbacher bietet eine selbst entwickelte, bewährte Analysentechnik an. Die Probenahme sollte nur durch von Jenbacher unterwiesenes Fachpersonal durchgeführt werden.

Im Anlagenbetrieb erfolgt die Bestimmung der Siliziumbelastung über den Siliziumgrenzwert im Öl. Die Einhaltung dieses Grenzwertes ist Grundlage für die Gültigkeit eines Servicevertrages. Dieser Grenzwert gibt nicht den Momentanwert der Siliziumbelastung an, sondern zeigt den kumulierten Siliziumeintrag über die Laufzeit zwischen zwei genommen Ölanalysen auf.

### **Voraussetzungen für die Probenahme und Auswahl der Probenahmestelle**

Eine Ermittlung der siliziumorganischen Verbindungen im Treibgas stellt immer eine Momentsituation zum Zeitpunkt der Probenahme dar. Die Probenahme kann nur verwertbare Ergebnisse liefern, wenn die zu beprobende Treibgasquelle folgende Bedingungen aufweist:



1. Die Entnahmestelle muss in einem ständig durchströmten Leitungsabschnitt liegen und **kondensatfrei** sein. Gut geeignet sind fallende bzw. steigende Rohre. Bei waagerechten Rohren muss die Probenamestelle unbedingt von dem Rohr nach oben abzweigen. Andernfalls sammelt sich in den Abzweigungen Kondensat. Dies verfälscht die Probenahme auch noch, wenn das Kondensat abgelassen wurde und das Gas optisch trocken ist.
2. Die Treibgasförderung muss mindestens seit 3 Stunden annähernd stationär laufen. Der Gasvolumenstrom soll mindestens 75 % des Betriebsvolumenstromes betragen, der sich bei Volllastbetrieb der geplanten Gasmotorenanlage einstellen würde. In Gasleitungen, die während der Probenahme nur geringfügig durchströmt werden, besteht die Gefahr einer Fehlmessung, wenn Spurenkomponenten an kalten Oberflächen kondensieren, bzw. wenn siliziumorganische Verbindungen in anderen kondensierten Spurenkomponenten absorbiert werden.
3. Die Entnahmestelle sollte sich vorteilhaft im Überdruckbereich der Treibgasleitung vor dem geplanten Motor befinden. Aber auch in Unterdruckleitungen ist die Probenahme möglich.
4. Bei Deponiegasanlagen soll zusätzlich gewährleistet sein, dass der Saugdruck während dieser Zeit in ähnlicher Größenordnung liegt wie der Saugdruck im geplanten Volllastbetrieb. Mülldeponien, bei denen noch keine Gasströme in Größenordnung des geplanten Motorbetriebes erfasst werden, können nicht sinnvoll beprobt werden. Bei Mülldeponien ist nur die Probenahme in einer Gassammelleitung brauchbar. Die Beprobung einzelner Gasbrunnen führt nicht zu Ergebnissen, die im Sinne dieser Richtlinie verwertbar sind.
5. Während der Probenahme sollten an der laufenden Gasförderanlage keine Veränderungen stattfinden, so dass weitestgehend eine konstante Spurenstoffbeladung des Treibgases angenommen werden kann.

## 6.7 Erläuterung zum Gemisch

In einzelnen Fällen kann eine belastete Verbrennungsluft zum Einsatz kommen, sofern die darin enthaltenen Schadstoffe nicht schon im Treibgas in maximal erlaubter Konzentration vorliegen. Hierbei ist zu beachten, dass das Mischungsverhältnis von der Zusammensetzung des Treibgases abhängig ist und den jeweiligen Verbrennungsluftbedarf bestimmt. Das Mischungsverhältnis liegt bei Gasen aus Vergasungsprozessen bei etwa 4 und bedeutet, dass dem Treibgas das Vierfache Volumen an Verbrennungsluft zu-gemischt wird. Bei Erdgas oder Propangas liegt dieses Verhältnis bei mehr als 20. In folgender Tabelle sind die Mischungsverhältnisse der einzelnen Gasarten näherungsweise dargestellt:

Treibgas	Mischungsverhältnis Verbrennungsluft zu Treibgas (näherungsweise, projektabhängig)
Erdgas (NG)	22
Erdölbegleitgas (APG)	13
Biogas, Klärgas, Deponiegas (BG)	8
Kohlengrubengas (CMG)	10
Gase aus Vergasungsprozessen (GG)	4
Prozessgase (PG)	8
Flüssiggas, Propangas (LG)	24

Hieraus wird ersichtlich, dass Schadstoffeinträge über die Verbrennungsluft bei gleicher Konzentration wie im Treibgas zu einer deutlich stärkeren Schädigung des Motors führen können.

Daraus resultiert, dass der für das Treibgas gültige Schwefelgrenzwert von 700 mg/10kWh über das Mischungsverhältnis auf die Verbrennungsluft umgerechnet werden kann. So kann für einen mit Biogas betriebenen Motor ein Schwefelgrenzwert von 88mg/Nm<sup>3</sup> für die Verbrennungsluft ermittelt werden, sofern das Treibgas gänzlich frei von Schwefel ist! Das Mischungsverhältnis enthält die Umrechnung von [mg/10 kWh] in [mg/Nm<sup>3</sup>].

Im folgenden Anhang befindet sich ein Berechnungsbeispiel für eine Anlage mit belastetem Treibgas und belasteter Verbrennungsluft.

## 6.8 Berechnungsbeispiele

### Berechnungsbeispiel Spurenstoffkonzentration SK

$$SK = \frac{\text{Gemessene Konzentration [mg/Nm}^3\text{]}}{\text{Heizwert [kWh/Nm}^3\text{]}} \times 10$$

Häufig sind Konzentrationen in volumenbezogenen Größen z.B. ppm (parts per million) angegeben, diese müssen in einem Zwischenschritt über die Dichte bei Normalbedingungen auf mg/Nm<sup>3</sup> umgerechnet werden.

$$SK' \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = \text{Gemessene Konzentration [ppm]} \times \text{Dichte des Elements [kg/Nm}^3\text{]}$$

Bemerkung: Die Angabe in ppm (=10<sup>-6</sup>) und Umrechnung von kg auf mg (10<sup>+6</sup>) heben sich gegenseitig auf.

### Berechnungsbeispiel Biogas

CO <sub>2</sub>	40%
CH <sub>4</sub>	60%
H <sub>2</sub> S	260 ppm (Dichte bei Normalbedingung = 1,52 kg/Nm <sup>3</sup> )
Unterer Heizwert	6 kWh/Nm <sup>3</sup> (= 60% von 100% CH <sub>4</sub> = 10 kWh/Nm <sup>3</sup> )

Schritt 1: Umrechnung von Messwert in ppm auf mg/Nm<sup>3</sup>, bezogen auf H<sub>2</sub>S

$$SK'_1 \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = 260 \text{ [ppm]} \times 1,52 \text{ [kg/Nm}^3\text{]} \quad SK'_1 = 395 \text{ mg/Nm}^3$$

Schritt 2: Umrechnung des auf H<sub>2</sub>S bezogenen Wertes auf den limitierten Schwefelwert in mg/Nm<sup>3</sup>

$$SK' \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = \frac{\text{Molmasse Schwefel}}{\text{Molmasse H}_2\text{S}} \times SK'_1 \quad SK' \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = \frac{32}{34} \times 395 \text{ [mg/Nm}^3\text{]}$$

$$SK' = 372 \text{ mg/Nm}^3$$

Schritt 3: Umrechnung von Messwert in mg/Nm<sup>3</sup> auf den Vergleichswert (mg/10 kWh).

$$SK = \frac{372 \text{ [mg/Nm}^3\text{]}}{6 \text{ [kWh/Nm}^3\text{]}} \times 10 \Rightarrow SK = 620 \text{ mg/10 kWh Istwert}$$

$$\text{Ohne Katalysator} \Rightarrow SK_G = 700 \text{ mg/10 kWh} \quad SK < SK_G \Rightarrow \text{in Ordnung}$$

Dieses Berechnungsbeispiel gilt sinngemäß für alle in mg/10 kWh angegebenen Grenzwerte.

**Berechnungsbeispiel für eine Anlage mit belastetem Treibgas und belasteter Verbrennungsluft**

Die Verbrennungsluft der Biogasanlage aus obigem Beispiel enthält Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) in einer Konzentration von 12 mg/Nm<sup>3</sup>.

Schritt 1: Umrechnung des auf SO<sub>2</sub> bezogenen Wertes auf den limitierten Schwefelwert in mg/Nm<sup>3</sup>

$$SK'' \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = \frac{\text{Molmasse Schwefel}}{\text{Molmasse SO}_2} \times SK''_1 \quad SK'' \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = \frac{32}{64} \times 12 \text{ [mg/Nm}^3\text{]}$$

$$SK'' = 6 \text{ mg/Nm}^3$$

Schritt 2: Berechnung des zusätzlichen Schwefel-Eintrags über die Verbrennungsluft

Bei Biogas liegt ein Mischungsverhältnis der Verbrennungsluft zu Treibgas von 8 vor. Das Mischungsverhältnis enthält die Umrechnung von [mg/Nm<sup>3</sup>] in [mg/10 kWh].

$$SK_{\text{Luft}} \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = SK'' \times \text{Mischungsverhältnis} \quad SK_{\text{Luft}} = 6 \text{ [mg/Nm}^3\text{]} \times 8 \text{ [mg/10 kWh]} / \text{[mg/Nm}^3\text{]}$$

$$SK_{\text{Luft}} = 48 \text{ mg/10 kWh}$$

Schritt 3: Berechnung des Gesamt-Schwefeleintrags

$$SK_{\text{tot}} = SK + SK_{\text{Luft}} \quad SK_{\text{tot}} = 620 \text{ [mg/10 kWh]} + 48 \text{ [mg/10 kWh]}$$

$$SK_{\text{tot}} = 668 \text{ mg/10 kWh}$$

$$SK_{\text{tot}} < SK_G \Rightarrow \text{in Ordnung}$$

**Berechnungsbeispiel Konvertergas**

Hauptgaskomponenten	Wert	Einheit
Acetylen C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	< 0,1	Vol-%
Höherwertige HC (> C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	< 0,2	Vol-%
CO	67,75	Vol-%
N <sub>2</sub>	13,21	Vol-%
CO <sub>2</sub>	16,22	Vol-%
H <sub>2</sub> O	2,52	Vol-%
Spuren- und Begleitstoffe	Wert	Einheit
H <sub>2</sub> S	80	ppm
HF	7,1	mg/10kWh
HCl	4,0	mg/10kWh
Gaseigenschaften	Wert	Einheit
Unterer Heizwert	2,38	kWh/Nm <sup>3</sup>

**Fluss- und Salzsäure**

Schritt 1: Berechnung der gesamten Chlormenge

$$Cl \text{ [mg/10kWh]} = \frac{\text{Molmasse Chlor}}{\text{Molmasse HCl}} \times Cl' \quad Cl \text{ [mg/10kWh]} = \frac{35,4}{36,4} \times 4 \text{ [mg/10kWh]}$$

$$Cl = 3,9 \text{ [mg/10kWh]}$$

Schritt 2: Berechnung der gesamten Fluormenge

$$F \text{ [mg/10kWh]} = \frac{\text{Molmasse Fluor}}{\text{Molmasse HF}} \times F' \qquad F \text{ [mg/10kWh]} = \frac{19}{20} \times 7,1 \text{ [mg/10kWh]}$$

$$F = 6,7 \text{ [mg/10kWh]}$$

Schritt 3: Berechnung der gesamten Halogenmenge

$$\text{Hal [mg/10kWh]} = \text{Cl} + 2 \times F \qquad \text{Hal [mg/10kWh]} = 3,9 \text{ [mg/10kWh]} + 2 \times 6,7 \text{ [mg/10kWh]}$$

$$\text{Hal} = 17,3 \text{ [mg/10kWh]}$$

Schritt 4: Vergleich von Ist- und Sollwert

$$\text{Ohne Katalysator} \rightarrow \text{Hal}_G = 100 \text{ mg/10kWh} \qquad \text{Hal} < \text{Hal}_G \rightarrow \text{in Ordnung}$$

Diese Berechnungsbeispiele gelten sinngemäß für alle in mg/10kWh angegebenen Grenzwerte.

#### Berechnungsbeispiel Silizium-Betriebskennwert $\text{Si}_B$

Bestimmung mittels zweier Ölanalysen:

$\Delta \text{Si}_{\text{Gehalt im Motoröl}}$ : Zunahme des Si Gehalts im Motoröl in ppm zwischen zwei Analysen, und

$\Delta \text{Öleinsatzdauer}$ : der Betriebszeit in Stunden zwischen den beiden Ölanalysen.

$$\text{Si}_{\text{Betriebskennwert}} [\text{Si}_B] = \frac{\Delta \text{Si}_{\text{Gehalt im Motoröl}} [\text{ppm}] \times \text{Gesamtes Ölbetriebsvolumen (l)}}{\text{Mittlere Motorleistung [kW]} \times \Delta \text{Öleinsatzdauer (h)}} \times 1.1$$

Gesamtes Ölbetriebsvolumen, beinhaltet Ölvolumen in der Ölwanne plus Ölvolumen von zusätzlichen Öltanks, wenn installiert.

Nachfüllvolumen ist definitiv ausgenommen.

#### Berechnungsbeispiel

Zunahme des Si-Gehalts im Motoröl zwischen 2 Ölproben	40 ppm
Gesamtes Ölbetriebsvolumen	500 l
Motorleistung	2000 kW
Öleinsatzdauer zwischen den Analysen	600 h

$$\text{Si}_B = \frac{40 \text{ ppm} \times 500 \text{ l}}{2000 \text{ kW} \times 600 \text{ h}} \times 1.1$$

$$\text{Si}_B = 0.018 \quad \text{Istwert}$$

$$Si_{BG}=0.02 \quad Si_B < Si_{BG} \Rightarrow \text{in Ordnung}$$

## 7 Revisionsvermerk

Revisionsverlauf			
Index	Datum	Beschreibung / Änderungszusammenfassung	Experte Prüfer
9	30.04.2019	GE durch INNIO ersetzt / GE replaced by INNIO	<b>Opoku</b> <i>Pichler R.</i>
8	30.11.2015	Ergänzung „Klassifizierung – Potenzieller Kunde“ / Additional „Classification - Prospective Customers“	<b>Bilek</b> <i>Kelly</i>
		Geringfügige Änderungen (Formatierung, Terminologie, Übersetzung)/ Minor Changes (formatting, terminology, translation)	<b>Provin</b> <i>Nübling</i>
		Ergänzung Verbrennungsluft und Gemisch / Extension for intake air and mixture	<b>Provin</b> <i>Nübling, Wall</i>
7	30.04.2015	Implementierung TA 1000-0301, TA 1000-0302, TA 1400-0091 und Umbenennung Treibgasanforderungen/ Implementation TA 1000-0301, TA 1000-0302, TA 1400-0091 and renaming Fuel gas requirements	<b>Provin</b> <i>Nübling, Wall</i>
6	06.11.2014	Hinweis zur Einhaltung der Bedingungen / Information on observing the conditions	<b>Bilek</b> <i>Lippert</i>
5	06.12.2013	Verbesserte Erläuterung der Ölfüllmenge / Improved explanation of the oil capacity	<b>Kecht</b> <i>Wall</i>

