



# PRÜFBERICHT

über die Untersuchung eines nichtmetallischen Materials  
auf Reaktionsfähigkeit mit Sauerstoff

12200 Berlin  
T: +49 30 8104-0  
F: +49 30 8104-7 2222

<b>Aktenzeichen</b>	16031283
<b>Ausfertigung</b>	1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen
<b>Auftraggeber</b>	Rich. Klinger Dichtungstechnik GmbH & Co. KG Am Kanal 8 - 10 2352 Gumpoldskirchen Österreich
<b>Anfrage vom</b>	27. Juni 2016
<b>Zeichen</b>	Eb
<b>Eingang der Auftragserteilung am</b>	22. September 2016
<b>Prüfmuster</b>	KLINGER® top-chem 2005, Charge 5161; BAM Auftrags-Nr.: 2.1/53 227
<b>Eingang Prüfmuster</b>	1. September 2016
<b>Prüfzeitraum</b>	27. September 2016 bis 25. Januar 2017
<b>Prüfort</b>	BAM – Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“ Haus 41
<b>Prüfung in Anlehnung an</b> (In der zum Zeitpunkt der Prüfung gültigen Version)	DIN EN 1797 und ISO 21010 „Cryogenic Vessels - Gas/Material Compatibility“; Anhang des Merkblatts M034-1 (BGI 617-1) "Liste der nichtmetallischen Materialien", Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie; TRGS 407 Technische Regeln für Gefahrstoffe „Tätigkeiten mit Gasen - Gefährdungsbeurteilung“ Kapitel 3 „Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung“ und Kapitel 4 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gasen“

Alle im Bericht angegebenen Drücke sind Überdrücke.  
Dieser Prüfbericht besteht aus Seite 1 bis 9 und den Anhängen 1 bis 4.

Dieser Prüfbericht darf nur in vollem Wortlaut und ohne Zusätze veröffentlicht werden. Für veränderte Wiedergabe und für Auszüge ist vorher die widerrufliche, schriftliche Einwilligung der BAM einzuholen. Der Inhalt des Prüfberichts bezieht sich ausschließlich auf die untersuchten Gegenstände/Materialien.

2015-05 / 2015-09-17

## **1 Unterlagen und Prüfmuster**

Die Firma hat folgendes eingereicht:

- 1 Prüfauftrag  
„Prüfung und Beurteilung des nichtmetallischen Materials KLINGER® top-chem 2005, Charge 5161, für den Einsatz als Flachdichtung in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 200 °C und 100 bar sowie in flüssigem Sauerstoff.“
- 1 Sicherheitsinformation KLINGER® top-chem 2005  
(6 Seiten, Erstelldatum: 20.01.2011)
- 15 KLINGER® top-chem 2005, Charge 5161,  
Abmessungen: Ø 140 mm, Dicke 2 mm  
Farbe: Rotbraun

## **2 Angewandte Prüfverfahren zur sicherheitstechnischen Beurteilung**

Da im praktischen Einsatz des Flachdichtungsmaterials nach Angaben des Antragstellers schnelle Sauerstoffdruckänderungen – sogenannte Sauerstoffdruckstöße – sicher ausgeschlossen werden können, wird keine Druckstoßprüfung durchgeführt

Das nichtmetallische Material soll als Dichtungsmaterial für Flanschdichtungen in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 200 °C und Drücken bis 100 bar sowie in flüssigem Sauerstoff eingesetzt werden.

### **2.1 Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff**

Die Prüfung wird immer dann durchgeführt, wenn das Material bei Temperaturen oberhalb von 60 °C eingesetzt werden soll.

Die Zündtemperatur ist eine sicherheitstechnische Kenngröße und gibt die Temperatur an, bei der sich das Material in Gegenwart von Sauerstoff ohne eine Zündquelle von selbst entzündet. Sie ist daher maßgebend für die maximale Betriebstemperatur, die im Regelfall bei Dichtungsmaterialien 100 °C unter der Zündtemperatur festgelegt wird.

### **2.2 Prüfung der Alterungsbeständigkeit in verdichtetem Sauerstoff**

Die Prüfung wird immer dann durchgeführt, wenn das Material bei Temperaturen oberhalb von 60 °C eingesetzt werden soll. Dabei wird der Einsatz des Materials in der Praxis simuliert und untersucht, ob sich die Zündtemperatur oder Eigenschaften des Materials durch Alterung verändern.

### 2.3 Prüfung von Flanschdichtungen in verdichtetem Sauerstoff

Diese Untersuchung simuliert den in der Praxis nicht auszuschließenden fehlerhaften Einbau einer Flachdichtung in eine Flanschverbindung, wobei das Dichtungsmaterial in die lichte Weite des Rohres hineinragt. Bei dieser Prüfung wird das Brandverhalten einer Dichtungsplatte nach künstlich eingeleiteter Zündung in einem Standardflansch untersucht. Es soll festgestellt werden, ob der Brand der Dichtung auf das Metall der Flanschverbindung übertragen wird oder ob die Flanschverbindung undicht wird.

### 2.4 Prüfung des Reaktionsverhaltens mit flüssigem Sauerstoff bei mechanischer Einwirkung

Diese Prüfung ist immer dann erforderlich, wenn im praktischen Einsatz der direkte Kontakt des Materials mit flüssigem Sauerstoff und mechanische Einwirkungen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können.

## 3 Probenvorbereitung

Da das Dichtungsmaterial elektrisch nichtleitend ist, wurden die Ronden gemäß der Mustervorlage in Bild 1 vorbereitet.

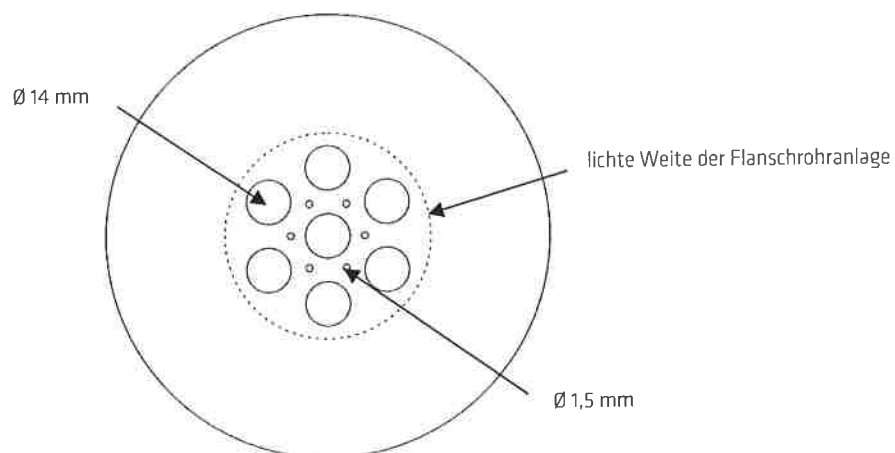


Bild 1: Mustervorlage für elektrisch nichtleitende Flachdichtungsmaterialien

Bei der Probenvorbereitung für die anderen Prüfverfahren wurde das Dichtungsmaterial in ca. 1 mm<sup>3</sup> bis 2 mm<sup>3</sup> große Teile zerschnitten und für die Prüfungen verwendet.

## 4 Prüfungen

### 4.1 Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird im Anhang 1 beschrieben. Auf Grund der vom Antragsteller angegebenen Einsatzbedingungen wurde die Bestimmung der Zündtemperatur bei einem Sauerstoffenddruck von etwa 100 bar durchgeführt.

#### 4.1.1 Beurteilungskriterium

Das Kriterium für eine eindeutige Reaktion des Probenmaterials mit Sauerstoff ist ein plötzlicher Druckanstieg und ein mehr oder weniger steiler Temperaturanstieg.

#### 4.1.2 Ergebnisse

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	40	102	462
2	40	103	465
3	40	104	464
4	40	104	467
5	40	105	469

Bei fünf Versuchen konnten beim angegebenen mittleren Sauerstoffdruck  $p_e$  für die Probe folgende mittlere Zündtemperatur und Standardabweichung festgestellt werden:

Mittlerer Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Mittlere Zündtemperatur [°C]	Standardabweichung [°C]
104	465	$\pm 3$

### 4.2 Verhalten bei künstlicher Alterung

Das Prüfverfahren wird im Anhang 2 beschrieben. Üblicherweise wird das Verhalten bei künstlicher Alterung beim maximalen Betriebsdruck sowie bei erhöhter Temperatur, in der Regel 25 °C oberhalb der vorgesehenen Betriebstemperatur, untersucht. In diesem Fall wurde die Prüfung daher bei einem Sauerstoffenddruck von 100 bar und einer Temperatur von 225 °C durchgeführt.

#### 4.2.1 Beurteilungskriterium

Für die sicherheitstechnische Beurteilung des Alterungsverhaltens werden drei Kriterien berücksichtigt:

Bei einer Massenänderung  $\Delta m \leq 1\%$  gilt die Probe als alterungsbeständig, bei  $\Delta m > 1\%$  und  $\Delta m \leq 2\%$  gilt die Probe als ausreichend alterungsbeständig, bei  $\Delta m > 2\%$  gilt die Probe als nicht alterungsbeständig.

Weist die Probe nach der Prüfung Veränderungen der Farbe, der Konsistenz, der Form oder der Oberflächenbeschaffenheit auf oder werden Ausgasungen festgestellt, wird dies aus sicherheitstechnischer Sicht bei der Beurteilung von der BAM berücksichtigt.

Die Zündtemperatur der gealterten Probe wird bestimmt und mit der der nichtgealterten Probe verglichen. Für den Fall, dass sich die Zündtemperaturen der gealterten und der nichtgealterten Probe unterscheiden, wird der niedrigere Wert berücksichtigt.

#### 4.2.2 Ergebnisse

##### 4.2.2.1 Prüfung auf Änderung der Masse bzw. der äußeren Beschaffenheit

Zeitdauer [h]	Prüftemperatur [°C]	Sauerstoffprüfdruck [bar]	Massenänderung $\Delta m$ [%]
100	225	100	0

Die Probenmasse blieb unverändert, die Probe war nach der Alterung augenscheinlich unverändert.

##### 4.2.2.2 Bestimmung der Zündtemperatur des gealterten Materials in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird im Anhang 1 beschrieben. Die Bestimmung der Zündtemperatur des gealterten Materials wurde bei gleichen Prüfbedingungen wie unter 4.1 beschrieben durchgeführt.

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	40	103	470
2	40	103	465
3	40	102	464
4	40	103	464
5	40	103	463

Bei fünf Versuchen konnten beim angegebenen mittleren Sauerstoffdruck  $p_e$  für die gealterte Probe folgende mittlere Zündtemperatur und Standardabweichung festgestellt werden:

Mittlerer Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Mittlere Zündtemperatur [°C]	Standardabweichung [°C]
103	465	$\pm 3$

### 4.3 Prüfung von Flanschdichtungen in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird im Anhang 3 beschrieben. Auf Grund der vom Antragsteller angegebenen maximalen Betriebsbedingungen wurde die Flanschprüfung bei einem Sauerstoffenddruck von 100 bar und einer Temperatur von 200 °C durchgeführt.

#### 4.3.1 Beurteilungskriterium

Verbrennen nach der künstlich eingeleiteten Zündung des Prüfmusters bei fünf Einzelversuchen nur die ins Rohrinne hineintragenden Teile des Dichtungsmaterials, ohne dass sich der Brand zwischen den Flanschflächen fortsetzt, und bleibt die Verbindung gasdicht, bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung des Dichtungsmaterials als Flachdichtung bei diesen Betriebsbedingungen.

Zeigen die Versuche hingegen, dass sich der Brand des Prüfmusters zwischen den Flanschflächen fortsetzt oder dass die Flanschverbindung undicht wird, hat das Material die Prüfung nicht bestanden. In diesem Fall kann die Prüfung nach Rücksprache mit dem Antragsteller gegebenenfalls bei niedrigeren Temperaturen und/oder Sauerstoffdrücken fortgesetzt werden.

#### 4.3.2 Ergebnisse

Versuch Nr.	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Bemerkungen
1	200	100	Die Flanschdichtung reagiert innerhalb der lichten Weite vollständig; Es treten keine Undichtigkeiten auf.
2	200	100	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
3	200	100	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
4	200	100	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
5	200	100	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1

Bei fünf Versuchen mit einer Temperatur von 200 °C und einem Sauerstoffdruck von 100 bar verbrannten nur die ins Rohrinne hineintragenden Teile des Prüfmusters innerhalb der lichten Weite des Flansches. Der Brand wurde weder auf den Stahl übertragen, noch brannte das Prüfmuster zwischen den Flanschen. Die Flanschverbindung blieb gasdicht. Die geprüften Prüfmuster hatten nach den Versuchen im Bereich der Dichtflächen eine Dicke von etwa 2,0 mm.

#### 4.4 Reaktionsverhalten mit flüssigem Sauerstoff bei mechanischer Einwirkung

Das Prüfverfahren wird im Anhang 4 beschrieben.

##### 4.4.1 Beurteilungskriterium

Gemäß des BAM-Standards "Prüfung auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung" gilt ein nichtmetallisches Material grundsätzlich als ungeeignet für den Einsatz in flüssigem Sauerstoff, wenn bei einer Fallhöhe von 0,17 m (Schlagenergie 125 Nm) oder weniger Reaktionen mit dem flüssigen Sauerstoff beobachtet werden.

##### 4.1.2 Ergebnis

Versuch Nr.	Fallhöhe [m]	Schlagenergie [Nm]	Reaktion
1	0,83	625	heftige
2	0,67	500	keine
3	0,67	500	keine
4	0,67	500	heftige
5	0,50	375	heftige
6	0,33	250	keine
7	0,33	250	heftige
8	0,17	125	keine
9	0,17	125	keine
10	0,17	125	keine
11	0,17	125	keine
12	0,17	125	keine
13	0,17	125	keine
14	0,17	125	keine
15	0,17	125	keine
16	0,17	125	keine
17	0,17	125	keine

Bei 0,17 m Fallhöhe des Hammers (Schlagenergie 125 Nm) konnten bei zehn Einzelversuchen weder Explosionen noch sonstige Reaktionen der Probe mit dem flüssigen Sauerstoff beobachtet werden.

## 5 Zusammenfassung und Beurteilung

Das Produkt KLINGER® top-chem 2005, Charge 5161, soll als Flachdichtung in Armaturen und Anlagenteilen für gasförmigen und flüssigen Sauerstoff eingesetzt werden.

Bei 225 °C und 100 bar Sauerstoffdruck erwies sich das Flachdichtungsmaterial als alterungsbeständig.

Auf Grund der Prüfergebnisse bestehen keine Bedenken gegen den Einsatz des nichtmetallischen Materials KLINGER® top-chem 2005, Charge 5161, als Flachdichtung mit einer Dicke von 2 mm in Flanschverbindungen aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl für gasförmigen Sauerstoff bei den folgenden Betriebsbedingungen:

maximale Temperatur [°C]	maximaler Sauerstoffdruck [bar]
200	100

Dies gilt für Flansche mit glatter Dichtleiste und auch für Flansche mit Vor- und Rücksprung oder mit Nut und Feder.

Es bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht auch keine Bedenken gegen eine Verwendung des Flachdichtungsmaterials KLINGER® top-chem 2005, Charge 5161, mit einer maximalen Dicke von 2 mm, in flüssigem Sauerstoff. Da ein auf den flüssigen Sauerstoff ausgeübter Druck keine wesentliche Konzentrationsänderung bewirkt, also auch keinen merklichen Einfluss auf die Reaktionsfähigkeit des nichtmetallischen Materials hat, ist eine Begrenzung auf einen bestimmten Druckbereich nicht erforderlich.

## 6 Hinweise

Bei der sicherheitstechnischen Beurteilung des Dichtungsmaterials für den Einsatz in Sauerstoffarmaturen und -anlagenteilen wird berücksichtigt, dass im praktischen Einsatz schnelle Sauerstoff-Druckänderungen - sogenannte Sauerstoffdruckstöße - mit Sicherheit an dem Material ausgeschlossen werden können. Der direkte Kontakt des Materials mit flüssigem Sauerstoff und mechanische Einwirkung können hingegen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf das geprüfte Muster einer bestimmten Charge.

Falls bei einem in den Handel gebrachten Produkt der Hinweis auf eine BAM-Prüfung erfolgt, muss ersichtlich sein, dass nur die Probe einer Charge auf Eignung für den Einsatz in Sauerstoff durch die BAM geprüft und sicherheitstechnisch beurteilt worden ist. Der Hinweis darf keine Vermutungswirkung erzeugen, dass es sich hierbei um eine Zertifizierung handelt, die zum Beispiel eine regelmäßige Überwachung der Produktion beinhaltet.



Das Produkt ist für den genannten Verwendungszweck in gasförmigem und flüssigem Sauerstoff einsetzbar. Maximal zulässiger Sauerstoffdruck, maximale Betriebstemperatur sowie eventuell andere Einschränkungen beim Gebrauch müssen deutlich angegeben sein.

**Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)**  
**12200 Berlin**

7. März 2017

Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“

Im Auftrag



Dipl.-Ing. Peter Hartwig

Verteiler:	1. Ausfertigung:	Rich. Klinger Dichtungstechnik GmbH & Co. KG
	2. Ausfertigung:	BAM - Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“