

**BAM****Bundesanstalt für  
Materialforschung  
und -prüfung**12200 Berlin  
Telefon: 030 8104-0  
Telefax: 030 8112029

# Bericht

über die Prüfung eines Dichtungsmaterials auf Reaktionsfähigkeit mit Sauerstoff

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Aktenzeichen</b>                | II-611/2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Ausfertigung</b>                | 1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b><u>1 Auftrag</u></b>            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Auftraggeber</b>                | Rich. Klinger Dichtungstechnik GmbH & Co. KG<br>Am Kanal 8 – 10<br>2352 Gumpoldskirchen<br>Österreich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Auftrag vom</b>                 | 6. März 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Zeichen</b>                     | Eb                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Eingegangen am</b>              | 10. März 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Prüf-/<br/>Versuchsmaterial</b> | Dichtungsmaterial KLINGER®Quantum für den Einsatz<br>als Flachdichtung in Flanschverbindungen an/in Sauer-<br>stoffleitungen/-anlagenteilen und -armaturen für gas-<br>förmigen Sauerstoff bei Temperaturen bis 90 °C und<br>Sauerstoffdrücken bis 160 bar und für flüssigen Sauer-<br>stoff.<br>BAM-Auftrags-Nr. II.1/49 565                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Eingegangen am</b>              | 9. März 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Prüfdatum</b>                   | 31. März 2009 bis 9. Juli 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Prüfort</b>                     | BAM-Arbeitsgruppe „Sicherer Umgang mit Sauerstoff“,<br>Haus 41, Raum 073                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Prüfung gemäß</b>               | DIN EN 1797:2002-02<br>Kryo-Behälter – Verträglichkeit von Gas/Werkstoffen und<br>Anhang vom Merkblatt M034-I (BGI 617-1)<br>„Liste der nichtmetallischen Materialien, die von der Bundes-<br>anstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zum Einsatz in<br>Anlagenteilen für Sauerstoff als geeignet befunden worden sind.“,<br>zu Merkblatt M 034 „Sauerstoff“ (BGI 617),<br>Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie<br>Stand: Oktober 2008;<br>nach Kapitel 3.17 „Gleitmittel und Dichtwerkstoffe“<br>der Berufsgenossenschaftlichen Regel BGR 500<br>Betreiben von Arbeitsmitteln, Teil 2,<br>Kapitel 2.32 „Betreiben von Sauerstoffanlagen“,<br>Stand: September 2008. |

Alle im Bericht angegebenen Drücke sind Überdrücke.

Dieser Prüfbericht besteht aus Seite 1 bis 5 und den Anhängen 1 bis 4.

Prüfberichte dürfen nur in vollem Wortlaut und ohne Zusätze veröffentlicht werden. Für veränderte Wiedergabe und Auszüge ist vorher die widerrufliche schriftliche Einwilligung der BAM einzuholen. Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf die untersuchten Gegenstände.

**PRÜFBERICHT**

## 2 Unterlagen und Prüfmuster

Die Firma hat folgende Unterlagen und Prüfmuster eingereicht:

- 1 Prüfauftrag
- 1 Materialbeschreibung
- 14 Ronden KLINGER®Quantum  
Abmessungen: Ø 140 mm x 2 mm dick  
Farbe: beige

## 3 Prüfverfahren und -ergebnisse

### 3.1 Zündtemperatur

Das Prüfverfahren ist im Anhang 1 beschrieben.

Ergebnis:

| Versuch Nr. | Sauerstoffanfangsdruck<br>$p_a$ [bar] | Sauerstoffenddruck<br>$p_e$ [bar] | Zündtemperatur<br>[°C] |
|-------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 1           | 121                                   | 166                               | 133                    |
| 2           | 121                                   | 164                               | 125                    |
| 3           | 121                                   | 162                               | 120                    |
| 4           | 121                                   | 162                               | 122                    |
| 5           | 121                                   | 161                               | 118                    |

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck  $p_a = 121$  bar wurde eine Zündtemperatur von 124 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 6$  °C ermittelt. Der zugehörige Sauerstoffdruck  $p_e$  beträgt etwa 163 bar.

### 3.2 Verhalten bei künstlicher Alterung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 2 beschrieben.

Ergebnis:

| Zeit<br>[h] | Temperatur<br>[°C] | Sauerstoffdruck<br>[bar] | Massenänderung<br>[%] |
|-------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| 100         | 90                 | 160                      | + 0,8                 |

Nach der Alterung des Dichtungsmaterials KLINGER®Quantum bei 90 °C und 160 bar Sauerstoffdruck war die Probe leicht versprödet und bräunlich verfärbt. Die Probenmasse nahm um 0,8 % zu.

### 3.2.1 Zündtemperatur nach Alterung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 1 beschrieben.

Ergebnis:

| Versuch Nr. | Sauerstoffanfangsdruck<br>$p_a$ [bar] | Sauerstoffenddruck<br>$p_e$ [bar] | Zündtemperatur<br>[°C] |
|-------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 1           | 121                                   | 175                               | 155                    |
| 2           | 121                                   | 176                               | 156                    |
| 3           | 121                                   | 173                               | 147                    |
| 4           | 121                                   | 173                               | 147                    |
| 5           | 121                                   | 180                               | 165                    |

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck  $p_a = 121$  bar wurde eine Zündtemperatur von 154 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 7$  °C für das gealterte Dichtungsmaterial ermittelt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt etwa 175 bar.

Die Zündtemperatur der gealterten Probe war somit etwas höher als die, die bei der nicht gealterten Probe ermittelt worden war.

### 3.3 Flanschprüfung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 3 beschrieben.

Ergebnis:

| Versuch Nr. | Druck [bar] | Temperatur [°C] | Bemerkungen                                                                      |
|-------------|-------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | 160         | 65              | Dichtung brennt nur innerhalb der lichten Weite. Die Verbindung bleibt gasdicht. |
| 2           | 160         | 65              | Dichtung reagiert wie bei Versuch Nr. 1                                          |
| 3           | 160         | 65              | Dichtung reagiert wie bei Versuch Nr. 1                                          |
| 4           | 160         | 65              | Dichtung reagiert wie bei Versuch Nr. 1                                          |
| 5           | 160         | 65              | Dichtung reagiert wie bei Versuch Nr. 1                                          |

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffdruck von 160 bar und einer Temperatur von 65 °C verbrannten nur die ins Rohrinne hineinragenden Teile des Dichtungsmaterials KLINGER® Quantum innerhalb der lichten Weite des Flansches. Der Brand wurde weder auf den Stahl übertragen noch brannte die Dichtung zwischen den Flanschen. Die Flanschverbindung blieb gasdicht.

### 3.4 Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 4 beschrieben.

Ergebnis:

| Versuch<br>Nr. | Fallhöhe<br>[m] | Schlagenergie<br>[Nm] | Reaktionen              |
|----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| 1              | 0,67            | 500                   | heftige<br>Zündreaktion |
| 2              | 0,33            | 250                   | heftige<br>Zündreaktion |
| 3              | 0,17            | 125                   | heftige<br>Zündreaktion |

Bei Fallhöhen des Hammers von 0,67 m, 0,33 m und 0,17 m (Schlagenergie 500 Nm, 250 Nm und 125 Nm) wurden bei allen Versuchen heftige Zündreaktionen des Dichtungsmaterials KLINGER®Quantum mit dem flüssigen Sauerstoff beobachtet.

## 4 Zusammenfassung und Beurteilung

Das Dichtungsmaterial KLINGER®Quantum hat bei einem Sauerstoffdruck  $p_e$  von etwa 163 bar eine Zündtemperatur von 124 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 6$  °C.

Nach der Alterung bei 90 °C und 160 bar Sauerstoffdruck erwies sich das Dichtungsmaterial KLINGER®Quantum als nicht alterungsbeständig. Die festgestellte leichte Verfärbung sowie die festgestellte Erhöhung der Zündtemperatur nach der Alterung auf 154 °C sind in sicherheitstechnischer Hinsicht nicht von Bedeutung.

Auf Grund der festgestellten leichten Versprödung des Materials nach der Alterung in verdichtetem Sauerstoff, kann ein Einsatz des Dichtungsmaterials KLINGER®Quantum jedoch nur für Flanschverbindungen befürwortet werden, die keinen dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt sind.

Unter Berücksichtigung dieser Forderung und der Versuchsergebnisse sowie der Ergebnisse der Flanschprüfung bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung des Dichtungsmaterials KLINGER®Quantum zum Abdichten von Flanschverbindungen aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl für gasförmigen Sauerstoff, und zwar sowohl in Flanschen mit glatter Dichtleiste als auch in Flanschen mit Vor- und Rücksprung oder mit Nut und Feder, bei folgenden Betriebsbedingungen:

|                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| maximale Temperatur | maximaler Sauerstoffdruck |
| 65 °C               | 160 bar                   |

Auf Grund der Prüfergebnisse der Dichtung KLINGER®Quantum mit flüssigem Sauerstoff ist diese sicherheitstechnisch nicht geeignet für die Verwendung in Anlagen oder Anlagenteilen für flüssigen Sauerstoff.

**5 Hinweise**

Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf das untersuchte Probenmaterial.

Ein in den Handel gebrachtes Produkt, von dem eine Probe auf Eignung für den Einsatz in Sauerstoff geprüft worden ist und bei dem der Hinweis auf eine BAM-Prüfung erfolgt, muss entsprechend unserer Beurteilung im BAM-Prüfbericht gekennzeichnet werden.

Das Anführen unserer Tagebuch-Nr. ohne zusätzliche Angabe des Verwendungszwecks und der zulässigen Betriebsbedingungen ist in sicherheitstechnischer Hinsicht nicht zu verantworten.

Es muss eindeutig erkennbar sein, dass das Produkt für den genannten Verwendungszweck nur in gasförmigem Sauerstoff verwendbar ist. Maximal zulässiger Sauerstoffdruck, maximale Betriebstemperatur sowie eventuell andere Einschränkungen beim Gebrauch müssen deutlich angegeben sein.

**BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung**  
12200 Berlin, 31. Juli 2009

**Fachgruppe II.1**  
**„Gase, Gasanlagen“**

im Auftrag



Dr. Chr. Binder  
Leiter der Arbeitsgruppe

**Arbeitsgruppe**  
**„Sicherer Umgang mit Sauerstoff“**

im Auftrag



Dipl.-Ing. K. Arlt  
Sachbearbeiter

Verteiler:

1. Ausfertigung: Rich. Klinger Dichtungstechnik GmbH & Co KG
2. Ausfertigung: BAM-Arbeitsgruppe „Sicherer Umgang mit Sauerstoff“



- Arbeitsgruppe „Sicherer Umgang mit Sauerstoff“ -

## Anhang 1

### Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff

Etwa 0,2 g bis 0,5 g des pastösen oder zerkleinerten festen oder auf Keramikfaser aufgetragenen flüssigen Versuchsmaterials werden in einen mit Chromnickelstahl ausgekleideten Autoklaven mit einem Volumen von 34 cm<sup>3</sup> gegeben. Nach dem gasdichten Verschließen wird der Autoklav mit Sauerstoff bis zum Anfangsdruck  $p_a$  gefüllt und induktiv aufgeheizt, wobei die Temperatur fast linear um etwa 110 K/min ansteigt.

Der Temperaturverlauf wird mit Hilfe eines Thermoelementes am Ort der Probe gemessen. Gleichzeitig wird auch der Druckverlauf mit Hilfe eines Druckaufnehmers über ein PC-System erfasst. Mit steigender Temperatur erhöht sich kontinuierlich der Sauerstoffdruck im Autoklaven. Die Entzündung der Probe ist an einem plötzlichen Druckanstieg und einem mehr oder weniger steilen Temperaturanstieg erkennbar. Der bei der Zündtemperatur vorliegende Sauerstoffenddruck  $p_e$  wird berechnet.

Die Angabe des Sauerstoffdrucks  $p_e$  ist insofern von Bedeutung, als die Zündtemperatur eines Stoffes druckabhängig ist. Die Zündtemperatur sinkt mit steigendem Sauerstoffdruck.



**BAM**

Bundesanstalt für  
Materialforschung  
und -prüfung

- Arbeitsgruppe „Sicherer Umgang mit Sauerstoff“ -

## Anhang 2

### Prüfung auf Alterungsbeständigkeit in verdichtetem Sauerstoff

Eine Probe des Versuchsmaterials mit bekannter Masse wird in einer Chrom-Nickel-Stahl-Hülse in einem Autoklaven 100 Stunden der Einwirkung verdichteten Sauerstoffs ausgesetzt. Die Versuchstemperatur liegt in der Regel 25 °C über der Betriebstemperatur.

Bei dieser künstlichen Alterung wird ermittelt, ob die Probe allmählich mit Sauerstoff reagiert oder sonstige erkennbare Veränderungen auftreten. Kriterien für eine Beständigkeit gegen Sauerstoff unter den jeweiligen Versuchsbedingungen sind – unter Berücksichtigung gewisser Toleranzen – die Beibehaltung der äußeren Beschaffenheit der Probe, der Vergleich der Probenmasse und der Zündtemperaturwerte vor und nach der Alterung.





### Anhang 3

#### Prüfung von Flanschdichtungen für Sauerstoff-Stahlrohrleitungen

Die Prüfapparatur besteht aus zwei je etwa 2 m langen Stahlrohren DN 65 PN 160, an die entsprechende Normflansche angeschweißt sind. Diese werden unter Verwendung der zu prüfenden Dichtung gasdicht geflanscht. Die Dichtung ist so bemessen, dass sie in das Rohrinne hineintragt. Die Prüfapparatur wird durch Heizmanschetten auf die jeweils vorgesehene Versuchstemperatur erwärmt, die mindestens 50 °C niedriger sein muss als die Zündtemperatur des Dichtungswerkstoffes. Die geschlossene Apparatur wird bis zum vorgesehenen Prüfdruck mit Sauerstoff gefüllt und der ins Rohrinne hineinragende Teil der Dichtung dann durch einen elektrischen Glühdraht gezündet. Für den Fall, dass die Dichtung elektrisch leitfähig ist, z. B. bei Spiraldichtungen oder Graphitfolien, wird eine nicht leitfähige Zündpille aus organischem Werkstoff, z. B. PTFE oder Gummi, verwendet, deren Flamme auf die Dichtung einwirkt.

Maßgebend für die Beurteilung der Dichtung ist ihr Verhalten nach Zündeinleitung. Verbrennt die Dichtung mit so heißer Flamme, dass der Brand auf den Stahl übertragen wird, so gilt die Dichtung als ungeeignet. Sofern nur die ins Rohrinne hineinragenden Teile der Dichtung verbrennen, der Brand nicht auf die Rohrleitung bzw. auf die Flansche übertragen wird, die Dichtung auch nicht zwischen den Flanschen weiterbrennt und die Flanschverbindung gasdicht bleibt, gilt die Dichtung als geeignet. Kann dieses positive Prüfergebnis in vier weiteren Versuchen unter den gleichen Prüfbedingungen bestätigt werden, bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung der Dichtung bis zu dem angewendeten Prüfdruck und der vorgegebenen Versuchstemperatur.

Besteht die Flanschdichtung die Prüfung dagegen nicht, so wird die Prüfung bei niedrigeren Temperaturen und Sauerstoffdrücken fortgesetzt, bis bei fünf Versuchen das oben beschriebene günstige Ergebnis erhalten wird.



## Anhang 4

### Prüfung auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung

Jeweils etwa 0,5 g des pastenartigen oder zerkleinerten festen Versuchsmaterials werden in einen schalenförmigen Probenbehälter von 10 mm Höhe und 30 mm Durchmesser und 0,01 mm dickem Kupferblech gegeben. Der Probenbehälter wird mit flüssigem Sauerstoff gefüllt und der Schlagwirkung eines Fallhammers mit einer Masse von 76,5 kg ausgesetzt. Die Fallhöhe des Hammers ist veränderlich. Als Unterlage für den Probenbehälter dient ein Stahlamboss mit einem Einsatz aus Chrom-Nickel-Stahl.

Eine Reaktion der zu untersuchenden Probe mit dem flüssigen Sauerstoff ist in der Regel an einer Flammenbildung zu erkennen, die messtechnisch durch Photoelemente erfasst und auf einem Speicheroszilloskop registriert wird. Es ist gleichzeitig ein mehr oder weniger heftiger Explosionsknall wahrnehmbar. Durch Verändern der Fallhöhe des Hammers wird jene Schlagenergie ermittelt, bei der gerade noch keine Reaktion eintritt. Dieses Ergebnis muss durch zehn Einzelversuche unter gleichen Bedingungen bestätigt werden.

Die Versuche werden abgebrochen, falls bei einer Schlagenergie von 125 Nm oder weniger, entsprechend einer Fallhöhe des Hammers von 0,17 m, Reaktionen beobachtet werden. In diesem Fall gilt der Werkstoff sicherheitstechnisch als ungeeignet für Flüssigsauerstoff-Anlagen.

