

## B e r i c h t

über die Prüfung eines nichtmetallischen Materials  
auf Reaktionsfähigkeit mit Sauerstoff

<b>Aktenzeichen</b>	2-2126/2013
<b>Ausfertigung</b>	1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen
<b>Auftraggeber</b>	W. L. GORE & ASSOCIATES GmbH Wernher-von-Braun-Straße 18 85640 Putzbrunn
<b>Auftrag vom</b>	25. Juli 2013
<b>Zeichen</b>	Auftragsnummer: 20525832
<b>Eingegangen am</b>	26. Juli 2013
<b>Prüf-/ Versuchsmaterial</b>	Gore Series 500 Dichtungsband mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888, (Herkunftsland Deutschland) für den Einsatz in Sauerstoffarmaturen und -anlagenteilen für gasförmigen Sauerstoff bei Temperaturen bis 60 °C; BAM-Auftrags-Nr.: 2.1/51 680
<b>Eingegangen am</b>	26. Juli 2013
<b>Prüfdatum</b>	13. September 2013 bis 6. Januar 2014
<b>Prüfort</b>	BAM - Arbeitsgebiet „Sicherer Umgang mit Sauerstoff“, Haus 41, Raum 073
<b>Prüfung bzw. Erfordernis gemäß</b>	DIN EN 1797: 2002-02 „Kryo-Behälter - Verträglichkeit von Gas/Werkstoffen“ ISO 21010: 2004-07 „Cryogenic Vessels - Gas/Material Compatibility“ Anhang vom Merkblatt M034-1 (BGI 617-1) „Liste der nichtmetallischen Materialien, die von der BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung zum Einsatz in Anlagenteilen für Sauerstoff als geeignet befunden worden sind.“, Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Stand: März 2013; Berufsgenossenschaftlichen Regel BGR 500 Betreiben von Arbeitsmitteln, Teil 2, Kapitel 2.32 „Betreiben von Sauerstoffanlagen“, Kapitel 3.17 „Gleitmittel und Dichtwerkstoffe“ Stand: April 2008.

Alle im Bericht angegebenen Drücke sind Überdrücke.

Dieser Prüfbericht besteht aus Blatt 1 bis 5 und den Anhängen 1 bis 3.

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



## 1 Unterlagen und Prüfmuster

Die Firma hat folgende Unterlagen und Prüfmuster eingereicht:

### 1 Prüfauftrag

„Prüfung der Reaktionsfähigkeit des Gore Series 500 Dichtungsbands mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888, aus dem Herkunftsland Deutschland mit gasförmigem Sauerstoff bei 110 °C und einem Sauerstoffdruck von 40 bar sowie zusätzliche Bestimmung der Zündtemperatur bei 6 bar Sauerstoffdruck.“

- 10 m Gore Series 500 Dichtungsband mit einseitiger Klebefläche,  
Lot-Nr. 11611888 (Herkunftsland Deutschland)  
Abmessungen: 15 x 5,5 mm  
Farbe: Weiß

## 2 Prüfverfahren

Für die sicherheitstechnische Beurteilung des Gore Series 500 Dichtungsbands mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888 (Herkunftsland Deutschland), für den Einsatz in Sauerstoffarmaturen und/oder -anlagenteilen bei Betriebsbedingungen bis 110 °C und einem Sauerstoffdruck von 40 bar wurden eine Zündtemperaturbestimmung, eine Alterungsuntersuchung, eine Zündtemperaturbestimmung des gealterten Materials und eine Flanschprüfung durchgeführt.

Gemäß Prüfauftrag wurde eine zusätzliche Bestimmung der Zündtemperatur bei 6 bar Sauerstoffdruck durchgeführt.

## 3 Prüfergebnisse

### 3.1 Zündtemperatur

Das Prüfverfahren ist im Anhang 1 beschrieben.

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	28	42	146
2	28	42	144
3	28	42	134
4	28	43	140
5	28	43	147

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck  $p_a = 28$  bar wurde eine Zündtemperatur von 142 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 5$  °C ermittelt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt etwa 42 bar.

### 3.1.1 Zündtemperatur bei 6 bar Sauerstoffdruck

Das Prüfverfahren ist im Anhang 1 beschrieben.

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	4	8	164
2	4	8	182
3	4	8	160
4	4	8	168
5	4	8	178

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck  $p_a = 4$  bar wurde eine Zündtemperatur von 170 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 9$  °C ermittelt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt 8 bar.

### 3.2 Verhalten bei künstlicher Alterung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 2 beschrieben.

Ergebnis:

Zeit [h]	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Massenänderung [%]
100	112	40	- 0,3

Nach der Alterung der Probe des Gore Series 500 Dichtungsbands mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888 (Herkunftsland Deutschland), bei 112 °C und einem Sauerstoffdruck von 40 bar war der Kleber der Klebefläche teilweise verbrannt. Die Probenmasse hat um 0,3 % abgenommen.

#### 3.2.1 Zündtemperatur nach Alterung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 1 beschrieben.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoff- anfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoff- enddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	28	52	436
2	28	54	453
3	28	54	455
4	28	55	458
5	28	54	452

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck  $p_a = 28$  bar wurde für die gealterte Probe des Gore Series 500 Dichtungsbands mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888, aus dem Herkunftsland Deutschland eine Zündtemperatur von 451 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 9$  °C ermittelt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt etwa 54 bar.

### 3.3 Flanschprüfung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 3 beschrieben.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Temperatur [°C]	Druck [bar]	Bemerkungen
1	110	40	Dichtung brennt nur innerhalb der lichten Weite. Die Verbindung bleibt gasdicht.
2	110	40	Dichtung reagiert wie bei Versuch Nr. 1
3	110	40	Dichtung reagiert wie bei Versuch Nr. 1
4	110	40	Dichtung reagiert wie bei Versuch Nr. 1
5	110	40	Dichtung reagiert wie bei Versuch Nr. 1

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffdruck von 40 bar und einer Temperatur von 110 °C verbrennen nur die ins Rohrrinnere hineinragenden Teile des Dichtungsbands Gore Series 500 Dichtungsband mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888 (Herkunftsland Deutschland), innerhalb der lichten Weite des Flansches. Der Brand wird weder auf den Stahl übertragen, noch brennt die Dichtung zwischen den Flanschen. Die Flanschverbindung bleibt gasdicht.

## 4 Zusammenfassung und Beurteilung

Das Gore Series 500 Dichtungsband mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888 aus dem Herkunftsland Deutschland hat bei einem Sauerstoffenddruck  $p_e$  von 8 bar eine Zündtemperatur von 170 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 9$  °C.

Das Gore Series 500 Dichtungsband mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888 aus dem Herkunftsland Deutschland hat bei einem Sauerstoffenddruck  $p_e$  von etwa 42 bar eine Zündtemperatur von 142 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 5$  °C.

Bei 112 °C und einem Sauerstoffdruck von 40 bar erwies sich das Dichtungsband als nicht alterungsbeständig. Die Klebefläche war nach der Alterung teilweise verbrannt. Die Probenmasse hat um 0,3 % abgenommen.

Die Zündtemperatur der gealterten Probe des Gore Series 500 Dichtungsbands mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888 (Herkunftsland Deutschland), war mit 451 °C und einer Standardabweichung von  $\pm 9$  °C bei etwa 54 bar Sauerstoffdruck wesentlich höher als die, die bei der nicht gealterten Probe ermittelt worden war.

Unter Berücksichtigung einer Sicherheitsspanne von mindestens 50 °C zwischen der maximalen Betriebstemperatur und der Zündtemperatur sowie dem Versuchsergebnis der Zündtemperaturbestimmung bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung des Gore Series 500 Dichtungsbands mit einseitiger Klebefläche, Lot-Nr. 11611888 aus dem Herkunftsland Deutschland, 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
60 °C	40 bar

Diese Beurteilung gilt nicht für eine Verwendung des nichtmetallischen Materials in Anlagen oder Anlagenteilen für flüssigen Sauerstoff. Hierfür ist eine besondere Prüfung auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff erforderlich.

## 5 Hinweise

Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf die Charge Lot-Nr. 11611888 des untersuchten Gore Series 500 Dichtungsbands mit einseitiger Klebefläche, aus dem Herkunftsland Deutschland.

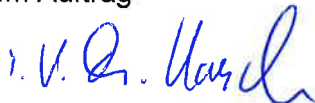
Falls bei einem in den Handel gebrachten Produkt, der Hinweis auf eine BAM-Prüfung erfolgt, muss ersichtlich sein, dass nur die Probe einer Charge auf Eignung für den Einsatz in Sauerstoff durch die BAM geprüft und sicherheitstechnisch beurteilt worden ist. Der Hinweis darf keine Vermutungswirkung erzeugen,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

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, 17. Januar 2014

### Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“

Im Auftrag



Dipl.-Ing. P. Hartwig  
Prüfleiter „Sicherer Umgang mit Sauerstoff“

Verteiler: 1. Ausfertigung: W. L. GORE & ASSOCIATES GmbH  
2. Ausfertigung: BAM - Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“

- Arbeitsgebiet „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 Thermoelements 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 Sauerstoffdruck  $p_e$  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.



- Arbeitsgebiet „Sicherer Umgang mit Sauerstoff“ -

## **Anhang 2**

### **Prüfung auf Alterungsbeständigkeit in verdichtetem Sauerstoff**

Eine Probe des Versuchsmaterials mit bekannter Masse wird in einem Becherglas 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.

