



# 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>	16020388 II
<b>Ausfertigung</b>	1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen
<b>Auftraggeber</b>	W.L. GORE® ASSOCIATES GMBH Hermann-Oberth-Straße 26 85640 Putzbrunn
<b>Auftrag vom</b>	21. April 2016 sowie Auftragsänderung vom 15. September 2016
<b>Zeichen</b>	20560362
<b>Eingang der Auftragserteilung am</b>	26. April 2016 sowie Eingang der Auftragsänderung am 15. September 2016
<b>Prüfmuster</b>	GORE® Universelle Rohrleitungsichtung (Style 800), Charge ND00009695; BAM Auftrags-Nr.: 2.1/53 179
<b>Eingang Prüfmuster</b>	6. September 2016
<b>Prüfzeitraum</b>	27. September bis 14. Oktober 2016
<b>Prüfort</b>	BAM – Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“ Haus 41, Raum 073
<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 7 und den Anhängen 1 und 2.

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



PRÜFBERICHT

## 1 Unterlagen und Prüfmuster

Die Firma hat folgendes eingereicht:

- 1 Prüfauftrag  
„Prüfung und Beurteilung des nichtmetallischen Materials GORE® Universelle Rohrleitungsdichtung (Style 800), Charge ND00009695, für den Einsatz als Flachdichtungsmaterial in Flanschverbindungen für gasförmigen Sauerstoff bei 60 °C und 40 bar sowie für flüssigen Sauerstoff.“
- 1 Erklärung mit sicherheitsrelevanten Angaben zur Unbedenklichkeit der Materialien bei Handhabung und Lagerung sowie mit Bezug auf die Materialdatenblätter  
(1 Seite, Erstellungsdatum: 6. August 2015)
- 1 Materialdatenblatt „GORE® Universal Pipe Gasket (Style 800)“;  
SEAL-56-DSH-DE-JUN13;  
(2 Seiten)
- 1 Safety Information for GORE® Gasketing; SEAL-180-R1-TEC-US-OCT15;  
(1 Seite)
- 20 Ronden des Flachdichtungsmaterials GORE® Universelle Rohrleitungsdichtung (Style 800),  
Charge ND00009695,  
Abmessungen: Ø 140 mm, Dicke 2,7 mm  
Farbe: Weiß

## 2 Angewandte Prüfverfahren zur sicherheitstechnischen Beurteilung

Das Produkt soll als Flanschdichtung in Armaturen und Anlagenteilen für gasförmigen Sauerstoff bei Temperaturen bis 60 °C und Drücken bis 40 bar sowie in flüssigem Sauerstoff eingesetzt werden.

Eine Sauerstoffdruckstoßprüfung wurde nicht durchgeführt, da nach Herstellerangaben im praktischen Einsatz Sauerstoffdruckstöße sicher ausgeschlossen werden können.

Die Ermittlung der Zündtemperatur und die Untersuchung der Alterungsbeständigkeit in verdichtetem Sauerstoff wurden nicht durchgeführt, da das Material nicht bei Temperaturen über 60 °C eingesetzt werden soll.

Folgende Prüfverfahren wurden angewandt:

### 2.1 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. Darüber hinaus soll festgestellt werden, ob der Brand der Dichtung auf das Metall der Flanschverbindung übertragen wird oder ob die Flanschverbindung undicht wird.

### 2.2 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 für die Flanschprüfung vorbereitet.

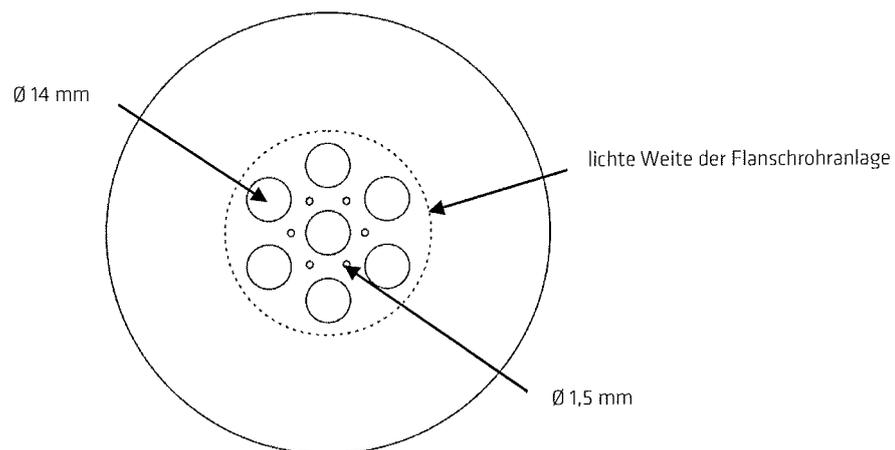


Bild 1: Mustervorlage für elektrisch nichtleitende Flachdichtungsmaterialien

Bei der Probenvorbereitung für die Prüfung mit flüssigem Sauerstoff wurde das Dichtungsmaterial in ca. 1 mm<sup>3</sup> bis 2 mm<sup>3</sup> große Teile zerkleinert.

## 4 Prüfungen

### 4.1 Prüfung von Flanschdichtungen in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird im Anhang 1 beschrieben. Auf Grund der vom Antragsteller angegebenen maximalen Betriebsbedingungen wurde die Flanschprüfung des Dichtungsmaterials bei einem Sauerstoffenddruck von 40 bar und einer Temperatur von 60 °C durchgeführt:

#### 4.1.1 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 fortzusetzen 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.

#### 4.1.2 Ergebnisse

Versuch Nr.	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Bemerkungen
1	60	40	Die Flanschdichtung reagiert innerhalb der lichten Weite vollständig; Es treten keine Undichtigkeiten auf.
2	60	40	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
2	60	40	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
4	60	40	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
5	60	40	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1

Bei fünf Versuchen mit einer Temperatur von 60 °C und einem Sauerstoffdruck von 40 bar verbrennen bei der Flanschprüfung nur die ins Rohrinne hineintragenden Teile des Flachdichtungsmaterials 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.

### 4.2 Reaktionsverhalten mit flüssigem Sauerstoff bei mechanischer Einwirkung

Das Prüfverfahren wird im Anhang 2 beschrieben.

#### 4.2.1 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.

#### 4.2.2 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	keine
8	0,33	250	heftige
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
18	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 Gore® Universelle Rohrleitungsdichtung (Style 800) soll als Flanschdichtung in Armaturen und Anlagenteilen für gasförmigen und flüssigen Sauerstoff eingesetzt werden.

Unter Berücksichtigung der Prüfergebnisse der Flanschprüfung und der Voraussetzung, dass Sauerstoffdruckstöße im praktischen Einsatz sicher ausgeschlossen werden können, bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung des Dichtungsmaterials Gore® Universelle Rohrleitungsdichtung (Style 800), Charge ND00009695, mit einer maximalen Dicke von 2,7 mm zum Abdichten von Flanschverbindungen aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl für gasförmigen Sauerstoff, bei folgenden Betriebsbedingungen:

maximale Temperatur [°C]	maximaler Sauerstoffdruck [bar]
60	40

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

Unter Berücksichtigung der Prüfergebnisse bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht auch keine Bedenken gegen eine Verwendung des Dichtungsmaterials Gore® Universelle Rohrleitungsdichtung (Style 800), Charge ND00009695, 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 des Materials schnelle Sauerstoff-Druckänderungen - sogenannte Sauerstoffdruckstöße - sicher ausgeschlossen werden können.

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.

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

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

13. Dezember 2016

Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“

Im Auftrag



Dipl.-Ing. Peter Hartwig

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



## Anhang 1

### 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 hineintragende 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 hineintragenden 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 2

### 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 Speicheroszillogoskop 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.