



# 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>	16034352
<b>Ausfertigung</b>	1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen
<b>Auftraggeber</b>	SGL Carbon GmbH Werner-von-Siemens-Str. 18 86405 Meitingen
<b>Auftrag vom</b>	19. Juli 2016
<b>Zeichen</b>	GMS-EG UNIVERSAL-PRO
<b>Eingang der Auftragserteilung am</b>	9. August 2016
<b>Prüfmuster</b>	Sigraflex Universal Pro V20010C2I-P, Dicke 2 mm, unbekannte Chargennummer; BAM Auftrags-Nr.: 2.1/53 240
<b>Eingang Prüfmuster</b>	29. August 2016
<b>Prüfzeitraum</b>	11. November 2016 bis 10. Februar 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 8 und den Anhängen 1 bis 3.

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.

## 1 Unterlagen und Prüfmuster

Die Firma hat folgendes eingereicht:

- 1 Prüfauftrag  
„Prüfung und Beurteilung des nichtmetallischen Materials Sigraflex Universal Pro V20010C2I-P, Dicke 2 mm, unbekannt Charge, für den Einsatz als Flachdichtung in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 300 °C und 160 bar.“
- 1 Sicherheitsdatenblatt Sigraflex Universal Pro V20010C2I-P, Dicke 2 mm (OB\_MEI2045006, 5 Seiten, Erstelldatum: 13.01.2016)
- 1 Materialdatenblatt  
Sigraflex Universal Pro TDS UNIVERSAL\_PRO\_Sheet\_DE.00 (4 Seiten, Erstelldatum: 04.2015)
- 18 Sigraflex Universal Pro V20010C2I-P, Dicke 2 mm, unbekannt Charge, Abmessungen: Ø 140 mm, Dicke 2 mm  
Farbe: Grau, mit blauem Aufdruck

## 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 300 °C und Drücken bis 160 bar 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.

## 3 Probenvorbereitung

Da die Flachdichtung auf Grund der darin verwendeten Edelstahlfolien elektrisch leitend ist, wurden fünf Ronden für die Flanschprüfung gemäß der Mustervorlage in Bild 1 vorbereitet.

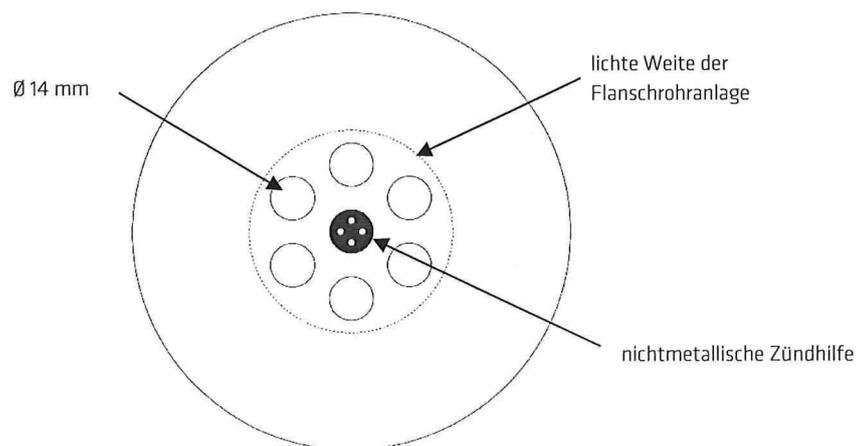


Bild 1: Mustervorlage für elektrisch leitende Flachdichtungsmaterialien

Bei der Probenvorbereitung für die anderen Prüfverfahren wurde das Dichtungsmaterial der Flachdichtungen von den Edelstahlfolien getrennt, in ca.  $1 \text{ mm}^3$  bis  $2 \text{ mm}^3$  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 160 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	62	165	>500
2	62	166	>500
3	62	166	>500
4	62	166	>500
5	62	166	>500

Bei fünf Versuchen wurde bei einem Sauerstoffenddruck  $p_e$  von etwa 166 bar keine Entzündung des Materials bis 500 °C festgestellt.

Die Bestimmung der Zündtemperatur in Sauerstoff kann nur bis 500 °C durchgeführt werden, da dies die maximale Betriebstemperatur der Prüfanlage ist.

### 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 160 bar und einer Temperatur von 325 °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	325	160	- 5,3

Die Probenmasse nahm um 5,3 % ab und 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	62	165	>500
2	62	166	>500
3	62	166	>500
4	62	166	>500
5	62	164	>500

Bei fünf Versuchen wurde bei einem Sauerstoffenddruck  $p_e$  von etwa 165 bar keine Entzündung des gealterten Materials bis 500 °C festgestellt. Dies zeigt, dass bei der gealterten Probe sowie bei der nicht gealterten Probe keine Entzündung des Materials bis 500 °C festgestellt worden war.

Die Bestimmung der Zündtemperatur in Sauerstoff kann nur bis 500 °C durchgeführt werden, da dies die maximale Betriebstemperatur der Prüfanlage ist.

### 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 160 bar und einer Temperatur von 300 °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	300	160	Die Flanschdichtung reagiert innerhalb der lichten Weite vollständig; Es treten keine Undichtigkeiten auf.
2	300	160	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
3	300	160	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
4	300	160	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
5	300	160	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1

Bei fünf Versuchen mit einer Temperatur von 300 °C und einem Sauerstoffdruck von 160 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 1,7 mm.

## 5 Zusammenfassung und Beurteilung

Das Produkt Sigraflex Universal Pro V20010C2I-P mit einer Dicke von 2 mm, unbekannt Charge, soll als Flachdichtung in Armaturen und Anlagenteilen für gasförmigen Sauerstoff eingesetzt werden.

Bei 325 °C und 160 bar Sauerstoffdruck erwies sich das Flachdichtungsmaterial als nicht alterungsbeständig. Es ist daher zu beachten, dass das ungünstige Alterungsverhalten die praktische Verwendung der Flachdichtung einschränken kann.

Auf Grund der Prüfergebnisse der Flanschprüfung bestehen keine Bedenken gegen den Einsatz des nichtmetallischen Materials Sigraflex Universal Pro V20010C2I-P, unbekannt Charge, als Flachdichtung mit einer Dicke von 2 mm in Flanschverbindungen aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl für gasförmigen Sauerstoff bei den folgenden Betriebsbedingungen, wenn das ungünstige Alterungsverhalten bei der praktischen Verwendung berücksichtigt wird:

maximale Temperatur [°C]	maximaler Sauerstoffdruck [bar]
300	160

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

Diese Beurteilung gilt nicht für eine Verwendung des Flachdichtungsmaterials Sigraflex Universal Pro V20010C2I-P, unbekannt Charge, mit einer maximalen Dicke von 2 mm, in Anlagen oder Anlagenteilen für flüssigen Sauerstoff. Hierfür ist eine besondere Prüfung auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff 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 - mit Sicherheit an dem Material 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.

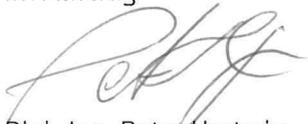
Es muss eindeutig erkennbar sein, dass das Produkt für den genannten Verwendungszweck nur in gasförmigem Sauerstoff einsetzbar ist. Maximal zulässiger Sauerstoffdruck, maximale Betriebstemperatur sowie eventuell andere Einschränkungen beim Gebrauch müssen deutlich angegeben sein.

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

1. März 2017

Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“

Im Auftrag



Dipl.-Ing. Peter Hartwig

Verteiler:	1. Ausfertigung:	SGL Carbon GmbH
	2. Ausfertigung:	BAM - Fachbereich 2.1 „Gase, Gasanlagen“