



# PRÜFBERICHT

## Untersuchung eines nichtmetallischen Materials auf Reaktionsfähigkeit mit Sauerstoff

<b>Aktenzeichen</b>	24031221
<b>Ausfertigung</b>	1. Ausfertigung von 2
<b>Auftraggeber</b>	TEADIT International Produktions GmbH Rosenheimer Straße 12 6330 Kufstein Österreich
<b>Auftrag vom</b>	24. September 2024
<b>Zeichen</b>	Holger Buschbeck
<b>Eingegangen am</b>	24. September 2024
<b>Prüfgegenstand/ Untersuchungsmaterial</b>	Teadit TF1580, Charge 202404210051-02
<b>Eingegangen am</b>	6. August 2024
<b>Prüfzeitraum</b>	27. September 2024 bis 2. April 2025
<b>Prüfort</b>	BAM, Fachbereich 2.1 „Sicherheit von Energieträgern“ (Haus 41) Unter den Eichen 87, 12205 Berlin
<b>Prüfung in Anlehnung an</b>	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“

Dieser Prüfbericht besteht aus Seite 1 bis 9 und den Anlagen 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 folgende Unterlagen und Prüfmuster eingereicht:

- 1 Prüfauftrag  
Sicherheitstechnische Untersuchung des Materials Teadit TF1580, Charge 202404210051-02, für den Einsatz als Flanschdichtungsmaterial in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 250 °C und bei Drücken bis 83 bar
- 1 Compliance Statement REACH REGULATION and SVHC  
(3 Seiten, Fa. Teadit International Produktions GmbH, 01.07.2024)
- 1 Kundendatenerfassungsbogen (CMDS) (17.09.2024)
- 20 Ronden des Materials Teadit TF1580, Charge 202404210051-02  
Abmaße: Ø 140 mm, 2 mm dick  
Farbe: Weiß



## 2 Angewandte Prüfverfahren

Das Material Teadit TF1580, Charge 202404210051-02, soll als Flanschdichtungsmaterial in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 250 °C und bei Drücken bis 83 bar eingesetzt werden.

Folgende Prüfverfahren wurden angewandt:

### 2.1 Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff

Die Bestimmung der Zündtemperatur ist immer dann erforderlich, 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 zusätzliche Zündquelle von selbst entzündet. Sie ist daher maßgebend für die maximale Betriebstemperatur, die im Regelfall bei Flanschdichtungsmaterialien 50 °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 Dichtung in eine Flanschverbindung, wobei das Dichtungsmaterial in die lichte Weite des Rohres hineinragt. Bei dieser Prüfung wird das Brandverhalten einer Dichtung 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 Probennahme

Die für die Untersuchung verwendete Materialprobe wurde vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

### 3.1 Probenvorbereitung

Für die Prüfungen nach Kapitel 2.1 wurde das Material Teadit TF1580, Charge 202404210051-02, in Teile mit einer Kantenlänge von ca. 1 bis 2 mm zerschnitten und in dieser Form verwendet.

Für die Prüfungen nach Kapitel 2.2 wurde das Material Teadit TF1580, Charge 202404210051-02, in Teile mit einer Kantenlänge von ca. 10 bis 20 mm zerschnitten und in dieser Form verwendet.

Für die Prüfungen nach Punkt 2.3 wurde das Material Teadit TF1580, Charge 202404210051-02, gemäß der Mustervorlage in Bild 1 vorbereitet.

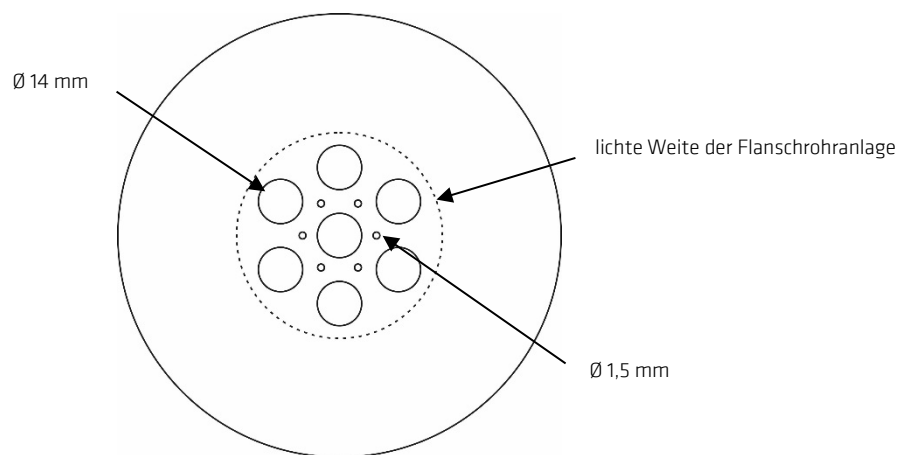


Bild 1: Mustervorlage für elektrisch nichtleitende Flachdichtungsmaterialien

## 4 Prüfungen

### 4.1 Bestimmung der Zündtemperatur in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird in Anlage 1 beschrieben.

Auf Grund des vom Antragsteller angegebenen maximalen Betriebsdrucks wurde die Bestimmung der Zündtemperatur bei einem Sauerstoffenddruck von etwa 83 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.	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	88	495
2	89	494
3	88	493
4	87	489
5	88	493

Bei fünf Versuchen konnte für die Probe folgende mittlere Zündtemperatur festgestellt werden:

Mittlerer Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Mittlere Zündtemperatur [°C]	Standardabweichung [°C]
88	493	$\pm 2$

#### 4.2 Prüfung der Alterungsbeständigkeit in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird in Anlage 2 beschrieben.

Üblicherweise wird das Verhalten bei künstlicher Alterung beim maximalen Betriebsdruck sowie bei erhöhter Temperatur, in der Regel 25 °C oberhalb der vorgesehenen maximalen Betriebstemperatur, untersucht. In diesem Fall betrug die Prüftemperatur daher 275 °C. Auf Grund des vom Antragsteller angegebenen maximalen Betriebsdrucks wurde die Bestimmung der Zündtemperatur bei einem Sauerstoffenddruck von etwa 83 bar 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 auch berücksichtigt.

Die Zündtemperatur der gealterten Probe wird bestimmt und mit der der nichtgealterten Probe verglichen. Für den Fall, dass sich die beiden Zündtemperaturen unterscheiden, wird aus sicherheitstechnischer Sicht 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	275	83	$\pm 0,0$

Die Probe war nach der Alterung augenscheinlich unverändert. Die Probenmasse änderte sich nicht.

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

Das Prüfverfahren wird in Anlage 1 beschrieben.

Die Bestimmung der Zündtemperatur des gealterten Materials wurde bei gleichen Prüfbedingungen wie unter 4.2 beschrieben durchgeführt.

Versuch Nr.	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	89	494
2	88	493
3	87	493
4	88	493
5	88	490

Bei fünf Versuchen konnte für die gealterte Probe folgende mittlere Zündtemperatur festgestellt werden:

Mittlerer Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Mittlere Zündtemperatur [°C]	Standardabweichung [°C]
88	493	$\pm 2$

## 4.3 Prüfung von Flanschdichtungen in verdichtetem Sauerstoff

Das Prüfverfahren wird in Anhang 3 beschrieben.

Auf Grund der vom Auftraggeber genannten maximalen Betriebsbedingungen wurde bei der Prüfung von Flanschdichtungen in verdichtetem Sauerstoff mit einem Druck von 83 bar und mit einer Temperatur von 250 °C begonnen.

### 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 mehr als 2 mm zwischen den Flanschflächen fortsetzt, und bleibt die Verbindung gasdicht, hat das Prüfmuster die Prüfung bestanden. Dieses positive Ergebnis muss durch vier weitere Prüfungen bestätigt werden.

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.	Sauerstoffdruck [bar]	Temperatur [°C]	Bemerkungen
1	83	250	Beim Befüllen der Anlage mit Sauerstoff wurde die Dichtung bei 60 bar und 250 °C undicht. Das Anzugsmoment der Schraubverbindung betrug 150 Nm.
2	83	250	Das Prüfmuster reagierte innerhalb der lichten Weite vollständig. Die Dichtung wurde bei der Prüfung undicht. Das Anzugsmoment der Schraubverbindung betrug nach Rücksprache mit dem Auftraggeber 250 Nm.

Wie vom Auftraggeber gewünscht wurde die Prüfung bei einem Druck von 73 bar und bei einer Temperatur von 250 °C und einem Anzugsmoment von 250 Nm wiederholt.

Versuch Nr.	Sauerstoffdruck [bar]	Temperatur [°C]	Bemerkungen
1	73	250	Das Prüfmuster reagierte innerhalb der lichten Weite vollständig. Die Flanschflächen waren unbeschädigt. Es traten keine Undichtigkeiten auf. Im Anschluss wurde festgestellt, dass sich der Brand des Prüfmusters zwischen den Flanschflächen nicht mehr als 1 mm fortgesetzt hat.
2	73	250	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
3	73	250	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
4	73	250	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1
5	73	250	Probe reagiert wie bei Versuch Nr. 1

Bei fünf Versuchen mit einer Temperatur von 250 °C und einem Sauerstoffenddruck von 73 bar verbrannten nur die ins Rohrinne hineinragenden Teile des Prüfmusters innerhalb der lichten Weite des Flansches. Die Flanschverbindung blieb gasdicht. Nach der Prüfung hatte das Prüfmuster eine Dicke von 1,8 mm.

## **5 Zusammenfassung der Prüfergebnisse**

Das Prüfmuster hat bei einem mittleren Sauerstoffenddruck  $p_e$  von 88 bar eine mittlere Zündtemperatur von 493 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 2$  °C.

Bei einer Temperatur von 275 °C und einem Sauerstoffdruck von 83 bar erwies sich das Material als alterungsbeständig. Das gealterte Prüfmuster hat bei einem mittleren Sauerstoffenddruck  $p_e$  von 88 bar eine mittlere Zündtemperatur von 493 °C mit einer Standardabweichung von  $\pm 2$  °C.

Die Untersuchung des Brandverhaltes von Rundscheiben des Materials in einem Standardflansch hat ergeben, dass bei einer Temperatur von 250 °C und einem Sauerstoffdruck von 73 bar nur die ins Rohrinne hineinragenden Teile des Prüfmusters innerhalb der lichten Weite des Flansches brennen. Die Prüfmuster brannten nicht mehr als 2 mm zwischen den Flanschdichtflächen. In allen Fällen blieb die Flanschverbindung gasdicht.

## **6 Messunsicherheit**

Die Prüfungen werden in Anlehnung an die auf dem Deckblatt dieses Berichts genannten Normen, Richtlinien bzw. Standards durchgeführt. Danach soll die Temperaturmessung eine maximale Abweichung von  $\pm 2$  K und die Druckmessung eine maximale Abweichung von  $\pm 2$  bar haben.

Für die Prüfung in Kapitel 4.1 hat die verwendete Temperatur-Messkette (gemäß Kalibrierprotokoll vom 13.05.2023) eine Messunsicherheit von 0,7 K, und die verwendete Druck-Messkette hat (gemäß Kalibrierprotokoll vom 25.01.2023) eine Messunsicherheit von 0,3 bar.

Für die Prüfung in Kapitel 4.2 hat die verwendete Temperatur-Messkette (gemäß Kalibrierprotokoll vom 23.05.2023) eine erweiterte Messunsicherheit von 1 K, und die verwendete Druck-Messkette hat (gemäß Kalibrierprotokoll vom 13.02.2023) eine Messunsicherheit von 0,3 bar.

Für die Prüfung in Kapitel 4.3 hat die verwendete Temperatur-Messkette (gemäß Kalibrierprotokoll vom 21.02.2025) eine erweiterte Messunsicherheit von 2 K, und die verwendete Druck-Messkette hat (gemäß Kalibrierprotokoll vom 24.02.2025) eine Messunsicherheit von 0,7 bar.

## **7 Aussagen zur Konformität**

Die Prüfungen werden in Anlehnung an die auf dem Deckblatt dieses Berichts genannten Normen, Richtlinien bzw. Standards durchgeführt. Abweichende oder ergänzende Prüfkriterien werden im jeweiligen Unterkapitel „Beurteilungskriterium“ im Kapitel 4 „Prüfungen“ beschrieben.

## 8 Meinung und Interpretation

Es war vorgesehen, das Material Teadit TF1580, Charge 202404210051-02 als Flanschdichtungsmaterial in gasförmigem Sauerstoff bei Temperaturen bis 250 °C und bei Drücken bis 83 bar einzusetzen.

Unter Berücksichtigung aller Prüfergebnisse sowie unter Berücksichtigung der Anforderungen an Dichtungswerkstoffe für Flansche, beschrieben im Merkblatt M034, sowie des Anhangs 2 des Merkblattes M034-1, der Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 407 sowie den im Merkblatt M034-1 und in diesem Bericht zu Grunde gelegten Beurteilungskriterien bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung des Materials Teadit TF1580, Charge 202404210051-02, als Flanschdichtungsmaterial in gasförmigem Sauerstoff bei folgenden Betriebsbedingungen:

maximale Temperatur [°C]	maximaler Sauerstoffdruck [bar]
250	73

Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf die geprüfte Probe des Materials Teadit TF1580, Charge 202404210051-02.

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

## 9 Hinweise

Die Untersuchungen des Materials berücksichtigen, dass beim praktischen Einsatz des Materials schnelle Sauerstoff-Druckänderungen - sogenannte Sauerstoffdruckstöße - am Material mit Sicherheit ausgeschlossen werden können. Außerdem berücksichtigen die Untersuchungen, dass das Material bei Temperaturen über 60 °C eingesetzt werden soll.

Die vorliegende Erfahrung zeigt, dass die sicherheitstechnischen Kenngrößen eines Produkts auch von der Produktionscharge eines Herstellers abhängen können. Daher werden heute chargenbezogene Prüfungen von Produkten, die für den Einsatz in Sauerstoff bestimmt sind, empfohlen. In diesem Zusammenhang wird auf die Veröffentlichung aus dem September 2009 verwiesen: „The Importance of Quality Assurance and Batch Testing on Nonmetallic Materials Used for Oxygen Service“, Journal of ASTM International, Vol. 6, No. 8; Paper ID JAI102309. Diese Veröffentlichung kann unter [www.astm.org](http://www.astm.org) kostenpflichtig erworben werden.

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.

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

12200 Berlin

15. April 2025

Fachbereich 2.1 „Sicherheit von Energieträgern“

Im Auftrag

Dr. Thomas Kasch  
Prüfleiter

Dr. Kai Holtappels  
Fachbereichsleiter

*Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.*

Verteiler:           1. TEADIT International Produktions GmbH  
                          2. Ausfertigung: BAM - Fachbereich 2.1

## **Anlage 1**

### **Bestimmung der Zündtemperatur nichtmetallischer Materialien in verdichtetem Sauerstoff (V 2024-01)**

0,2 g bis 0,5 g des pastenartigen, zerkleinerten festen oder auf Keramikfaser aufgetragenen flüssigen Materials werden in 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 Temperatur- und Druckverlauf werden über ein PC-System erfasst und aufgezeichnet. Mit steigender Temperatur erhöht sich kontinuierlich der Sauerstoffdruck im Autoklav. Die Entzündung des Materials ist an einem plötzlichen Temperaturanstieg und einem mehr oder weniger steilen Druckanstieg erkennbar.

Auf diese Art wird die Zündtemperatur bei einem bestimmten Sauerstoffenddruck  $p_e$  ermittelt. Grundsätzlich ist die Zündtemperatur eines Materials druckabhängig. Die Zündtemperatur sinkt mit steigendem Sauerstoffenddruck.

Bei dieser Prüfung beträgt der maximale Prüfdruck 250 bar, die maximale Prüftemperatur beträgt 500 °C.

## **Anlage 2**

### **Prüfung auf Alterungsbeständigkeit nichtmetallischer Materialien in verdichtetem Sauerstoff (V 2024-01)**

Eine Probe des festen Materials wird in einem Autoklaven 100 Stunden der Einwirkung von verdichtetem Sauerstoff und erhöhter Temperatur ausgesetzt. Vor der Prüfung wird die Probenmasse bestimmt.

Diese Prüfung soll den Einsatz des Materials in der Praxis simulieren und aufzeigen, ob sich die Materialeigenschaften wie zum Beispiel Farbe, Konsistenz, Oberflächenbeschaffenheit oder die Zündtemperatur des Materials durch den Alterungsprozess ändern.

Bei dieser Prüfeinrichtung beträgt der maximale Prüfdruck 250 bar, die maximale Prüftemperatur beträgt 325 °C.

## **Anlage 3**

### **Prüfung nichtmetallischer Flanschdichtungen für Sauerstoff-Stahlrohrleitungen (V 2024-01)**

Die Prüfapparatur besteht aus zwei je etwa 1 m langen Stahlrohren DN 65 PN 160, an die entsprechende Normflansche angeschweißt sind. Das zu untersuchende Flanschdichtungsmaterial wird in Rondenform zur Verfügung gestellt. Damit werden die Normflansche gasdicht geflanscht.

Die Prüfapparatur wird auf die vom Antragsteller vorgegebene maximale Betriebstemperatur erwärmt und bis zum vorgegebenen maximalen Betriebsdruck mit Sauerstoff gefüllt. Anschließend wird der ins Rohrinne hineinragende Teil des Flanschdichtungsmaterials gezündet.

Die Prüfung gilt nur als bestanden, wenn das Flanschdichtungsmaterial nur innerhalb der lichten Weite reagiert, sich der Brand nicht mehr als 2 mm zwischen den Dichtflächen fortsetzt und die Flanschdichtung gasdicht bleibt. Die Prüfung wird beendet, wenn keine Reaktion des Materials in fünf Einzelversuchen festgestellt wurde.

Wird dagegen eine Reaktion festgestellt, so kann die Prüfung des Flanschdichtungsmaterials nach Rücksprache mit dem Antragsteller für den Einsatz bei niedrigeren Betriebsbedingungen fortgesetzt werden.

Bei dieser Prüfung beträgt der maximale Prüfdruck 160 bar, die maximale Prüftemperatur beträgt 300 °C.