



# Bericht

über die Prüfung eines Dichtungsmaterials auf Reaktionsfähigkeit mit Sauerstoff

**Bundesanstalt für  
Materialforschung  
und -prüfung**

12200 Berlin  
Telefon: 030 8104-0  
Telefax: 030 8112029

<b>Aktenzeichen</b>	2-2775/2012
<b>Ausfertigung</b>	1. Ausfertigung von 2 Ausfertigungen
<b>Auftraggeber</b>	Möller-Metaldichtungen GmbH Brunnenweg 10 39444 Hecklingen
<b>Auftrag vom</b>	11. Oktober 2012
<b>Zeichen</b>	Bestellung: DEB0010250
<b>Eingegangen am</b>	12. Oktober 2012
<b>Prüf-/ Versuchsmaterial</b>	Möller Kammprofilichtung MMKZG (Kammprofil mit Graphitauflage), Möller Wellringdichtung MMWG (Wellringe mit Graphitauflage) und Möller Spiraldichtung MMSIAG (Spiraldichtung mit Graphit) für den Einsatz in Flanschverbindungen an/in Leitungen/Anlagenteilen und Armaturen für gasförmigen Sauerstoff bei 130 bar und bei Temperaturen bis 200 °C sowie für die Verwendung in flüssigem Sauerstoff; BAM-Auftrags-Nr. 2.1/51 295
<b>Eingegangen am</b>	7. und 20. November 2012, 7. Mai und 3. Juli 2013
<b>Prüfdatum</b>	5. März bis 18. August 2013
<b>Prüfort</b>	BAM - Arbeitsgebiet „Sicherer Umgang mit Sauerstoff“, Haus 41, Raum 073 und Raum 120
<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 Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zum Einsatz in Anlagenteilen für Sauerstoff als geeignet befunden worden sind.", Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Stand: September 2011 bzw. 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 10 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.



## 1 Unterlagen und Prüfmuster

Der Auftraggeber hat folgende Unterlagen und Prüfmuster eingereicht:

- 1 Prüfauftrag
- 1 Materialdatenblatt MMK Kammprofilichtung (4 Seiten, Rev. 0)
- 1 Materialdatenblatt MMW Wellringdichtung (4 Seiten, Rev. 0)
- 1 Materialdatenblatt MMS Spiraldichtung (4 Seiten)

### Lieferung am 7. November 2012:

- 5 St. Kammprofilichtung MMKZG  
Außen-Ø 107 mm, Innen-Ø 65 mm, Dicke 5 mm  
Farbe: Grau
- 5 St. Kammprofilichtung MMKZG  
Außen-Ø 290 mm, Innen-Ø 224 mm, Dicke 5 mm  
Farbe: Grau
- 5 St. Wellringdichtung MMWG  
Außen-Ø 109 mm, Innen-Ø 61 mm, Dicke 3,1 mm  
Farbe: Grau
- 5 St. Wellringdichtung MMWG  
Außen-Ø 293 mm, Innen-Ø 220 mm, Dicke 3,1 mm  
Farbe: Grau
- 5 St. Spiraldichtung MMSIAG  
Außen-Ø 107 mm, Innen-Ø 61 mm, Dicke 4,5 mm  
Farbe: Grau

### Lieferung am 20. November 2012:

- 5 St. Spiraldichtung MMSIAG  
Außen-Ø 290 mm, Innen-Ø 216 mm, Dicke 4,5 mm  
Farbe: Grau

### Lieferung am 7. Mai 2013:

- 5 St. Kammprofilichtung MMKZG  
Außen-Ø 290 mm, Innen-Ø 220 mm, Dicke 5 mm  
Farbe: Grau

### Lieferung am 3. Juli 2013:

- 5 St. Wellringdichtung MMWG  
Außen-Ø 90 mm, Innen-Ø 49 mm, Dicke 2,5 mm  
Farbe: Grau

## 2 Prüfverfahren

Der Auftraggeber hat der BAM zugesichert, dass die nichtmetallischen Materialien der Möller Kammprofilichtungen MMKZG (Kammprofil mit Graphitauflage), der Möller Wellringdichtungen MMWG (Wellringe mit Graphitauflage) und der Möller Spiraldichtungen MMSIAG (Spiraldichtung mit Graphit) identisch sind. Die unterschiedlichen Bezeichnungen der Dichtungen beziehen sich nur auf die unterschiedlichen Formen und Gestaltungsarten.

Für die sicherheitstechnische Beurteilung der nichtmetallischen Materialien der vorliegenden Dichtungen für den Einsatz in Flanschverbindungen an/in Leitungen/ Anlagenteilen und Armaturen für gasförmigen Sauerstoff bei den angedachten Betriebsbedingungen von 130 bar und 200 °C wurden eine Zündtemperaturbestimmung sowie eine Alterung mit anschließender erneuter Zündtemperaturbestimmung des gealterten Dichtungsmaterials durchgeführt.

Die sicherheitstechnische Eignung der nichtmetallischen Materialien der vorliegenden Dichtungen für die Verwendung in flüssigem Sauerstoff wurde durch Prüfung auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei mechanischer Einwirkung untersucht.

Zum Nachweis, dass die nichtmetallischen Materialien aller drei Dichtungen tatsächlich identisch sind, wurden alle Prüfungen jeweils mit Proben des nichtmetallischen Materials der Möller Kammprofilichtung MMKZG, der Möller Wellringdichtung MMWG und der Möller Spiraldichtung MMSIAG durchgeführt.

Zum Nachweis, dass die nichtmetallischen Materialien der Wellringdichtung MMWG aus den Lieferungen vom 7. November 2012 und vom 3. Juli 2013 tatsächlich identisch sind, wurden zu Vergleichszwecken mit den nichtmetallischen Materialien der späteren Lieferung nochmals eine Zündtemperaturbestimmung sowie eine Alterung mit anschließender erneuter Zündtemperaturbestimmung des gealterten nichtmetallischen Materials durchgeführt.

Eine Druckstoßprüfung wurde nicht durchgeführt, da nach Angaben des Auftraggebers im Betrieb keine Sauerstoffdruckstöße auftreten können.

Auf Grund der Geometrie und des Designs von Kammprofilichtungen, Wellringdichtungen und Spiraldichtungen wurde keine Flanschprüfung durchgeführt.

### **3 Prüfergebnisse**

#### **3.1 Zündtemperatur**

Das Prüfverfahren ist im Anhang 1 beschrieben.

##### **3.1.1 Möller Kammprofilichtung MMKZG**

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 7. Mai 2013 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	50	132	> 500
2	50	131	> 500
3	50	133	> 500
4	50	134	> 500
5	50	134	> 500

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck  $p_a = 50$  bar wurde bis 500 °C keine Entzündung des Prüfmaterials festgestellt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt etwa 133 bar.

**3.1.2 Möller Wellringdichtung MMWG**

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 7. November 2012 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	50	132	> 500
2	50	134	> 500
3	50	133	> 500
4	50	134	> 500
5	50	134	> 500

Für die Vergleichsprüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 3. Juli 2013 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	50	131	> 500
2	50	132	> 500
3	50	134	> 500
4	50	131	> 500
5	50	133	> 500

In beiden Fällen wurde bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck  $p_a = 50$  bar bis 500 °C keine Entzündung des Prüfmateri als festgestellt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt etwa 132 bar.

**3.1.3 Möller Spiraldichtung MMSIAG**

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferungen vom 7. und 20. November 2012 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	50	132	> 500
2	50	130	> 500
3	50	130	> 500
4	50	133	> 500
5	50	132	> 500

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck  $p_a = 50$  bar wurde bis 500 °C keine Entzündung des Prüfmateri als festgestellt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt etwa 131 bar.

### 3.2 Verhalten bei künstlicher Alterung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 2 beschrieben.

#### 3.2.1 Möller Kammprofilichtung MMKZG

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 7. Mai 2013 verwendet.

Ergebnis:

Zeit [h]	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Massenänderung [%]
100	225	130	- 0,9

Nach der Alterung des Prüfmaterials bei 225 °C und 130 bar Sauerstoffdruck war die Probe augenscheinlich unverändert. Die Probenmasse nahm um 0,9 % ab.

#### 3.2.2 Möller Wellringdichtung MMWG

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 7. November 2012 verwendet.

Ergebnis:

Zeit [h]	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Massenänderung [%]
100	225	130	± 0,0

Nach der Alterung des Prüfmaterials bei 225 °C und 130 bar Sauerstoffdruck war die Probe augenscheinlich unverändert. Die Probenmasse veränderte sich nicht.

Für die Vergleichsprüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 3. Juli 2013 verwendet.

Ergebnis:

Zeit [h]	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Massenänderung [%]
100	225	130	- 0,7

Auch hier war die Probe nach der Alterung des Prüfmaterials bei 225 °C und 130 bar Sauerstoffdruck augenscheinlich unverändert. Die Probenmasse nahm um 0,7 % ab.

#### 3.2.3 Möller Spiraldichtung MMSIAG

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferungen vom 7. und 20. November 2012 verwendet.

Ergebnis:

Zeit [h]	Temperatur [°C]	Sauerstoffdruck [bar]	Massenänderung [%]
100	225	130	± 0,0

Nach der Alterung des Prüfmaterials bei 225 °C und 130 bar Sauerstoffdruck war die Probe augenscheinlich unverändert. Die Probenmasse veränderte sich nicht.

### 3.3 Zündtemperatur nach Alterung

Das Prüfverfahren ist im Anhang 1 beschrieben.

#### 3.3.1 Möller Kammprofilichtung MMKZG

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 7. Mai 2013 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	50	132	> 500
2	50	134	> 500
3	50	133	> 500
4	50	134	> 500
5	50	132	> 500

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangsdruck  $p_a = 50$  bar wurde keine Entzündung des gealterten Prüfmaterials bis 500 °C festgestellt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt etwa 133 bar. Dies zeigt, dass sowohl die gealterte Probe wie auch die nicht gealterte Probe bis 500 °C keine Entzündung aufweisen.

#### 3.3.2 Möller Wellringdichtung MMWG

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 7. November 2012 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	50	134	> 500
2	50	134	> 500
3	50	134	> 500
4	50	134	> 500
5	50	134	> 500

Für die Vergleichsprüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 3. Juli 2013 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangsdruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	50	134	> 500
2	50	134	> 500
3	50	134	> 500
4	50	134	> 500
5	50	134	> 500

In beiden Fällen wurde bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangedruck  $p_a = 50$  bar keine Entzündung des gealterten Prüfmaterials bis 500 °C festgestellt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt 134 bar. Dies zeigt, dass sowohl die gealterten Proben wie auch die nicht gealterten Proben bis 500 °C keine Entzündung aufweisen.

### **3.3.3 Möller Spiraldichtung MMSIAG**

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferungen vom 7. und 20. November 2012 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Sauerstoffanfangedruck $p_a$ [bar]	Sauerstoffenddruck $p_e$ [bar]	Zündtemperatur [°C]
1	50	134	> 500
2	50	134	> 500
3	50	134	> 500
4	50	134	> 500
5	50	134	> 500

Bei fünf Versuchen mit einem Sauerstoffanfangedruck  $p_a = 50$  bar wurde keine Entzündung des gealterten Prüfmaterials bis 500 °C festgestellt. Der zugehörige Sauerstoffenddruck  $p_e$  beträgt 134 bar. Dies zeigt, dass sowohl die gealterte Probe wie auch die nicht gealterte Probe bis 500 °C keine Entzündung aufweisen.

### **3.4 Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung**

Das Prüfverfahren ist im Anhang 3 beschrieben.

#### **3.4.1 Möller Kammprofilichtung MMKZG**

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 7. November 2012 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Fallhöhe [m]	Schlagenergie [Nm]	Reaktionen
1	0,67	500	Keine
2	1,00	750	Keine
3	1,00	750	Keine
4	1,00	750	Keine
5	1,00	750	Keine
6	1,00	750	Keine
7	1,00	750	Keine
8	1,00	750	Keine
9	1,00	750	Keine
10	1,00	750	Keine
11	1,00	750	Keine

Bei 1,00 m Fallhöhe des Hammers (Schlagenergie 750 Nm) konnten bei zehn Einzelversuchen weder Explosionen noch sonstige Reaktionen des Prüfmaterials mit dem flüssigen Sauerstoff beobachtet werden.

### **3.4.2 Möller Wellringdichtung MMWG**

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferung vom 7. November 2012 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Fallhöhe [m]	Schlagenergie [Nm]	Reaktionen
1	0,67	500	Keine
2	1,00	750	Keine
3	1,00	750	Keine
4	1,00	750	Keine
5	1,00	750	Keine
6	1,00	750	Keine
7	1,00	750	Keine
8	1,00	750	Keine
9	1,00	750	Keine
10	1,00	750	Keine
11	1,00	750	Keine

Bei 1,00 m Fallhöhe des Hammers (Schlagenergie 750 Nm) konnten bei zehn Einzelversuchen weder Explosionen noch sonstige Reaktionen des Prüfmaterials mit dem flüssigen Sauerstoff beobachtet werden.

### **3.4.3 Möller Spiraldichtung MMSIAG**

Für die Prüfung wurde Probenmaterial der Lieferungen vom 7. und 20. November 2012 verwendet.

Ergebnis:

Versuch Nr.	Fallhöhe [m]	Schlagenergie [Nm]	Reaktionen
1	1,00	750	Keine
2	1,00	750	Keine
3	1,00	750	Keine
4	1,00	750	Keine
5	1,00	750	Keine
6	1,00	750	Keine
7	1,00	750	Keine
8	1,00	750	Keine
9	1,00	750	Keine
10	1,00	750	Keine

Bei 1,00 m Fallhöhe des Hammers (Schlagenergie 750 Nm) konnten bei zehn Einzelversuchen weder Explosionen noch sonstige Reaktionen des Prüfmaterials mit dem flüssigen Sauerstoff beobachtet werden.

#### **4 Zusammenfassung und Beurteilung**

Der Auftraggeber hat der BAM zugesichert, dass die nichtmetallischen Materialien der Möller Kammprofil dichtungen MMKZG (Kammprofil mit Graphitauflage), der Möller Wellringdichtungen MMWG (Wellringe mit Graphitauflage) und der Möller Spiraldichtungen MMSIAG (Spiraldichtung mit Graphit) identisch sind. Die unterschiedlichen Bezeichnungen der Dichtungen beziehen sich nur auf die unterschiedlichen Formen und Gestaltungsarten.

Für das untersuchte Dichtungsmaterial der vorliegenden Dichtungen wurden bei Sauerstoffendrücken  $p_a$  von 131 bar bis 134 bar keine Entzündung der gealterten wie auch der nicht gealterten Proben festgestellt.

Bei 225 °C und 130 bar Sauerstoffdruck erwies sich das untersuchte Dichtungsmaterial in diesen verschiedenen Formen und Gestaltungsarten als ausreichend alterungsbeständig. Die Probemasse veränderte sich nicht bzw. nahm um maximal 0,9 % ab.

Es wurden keine Unterschiede bei den Prüfergebnissen des Dichtungsmaterials aus den Lieferungen vom 7. November 2012 und vom 3. Juli 2013 festgestellt.

Aus sicherheitstechnischer Sicht wird grundsätzlich zwischen der maximalen Betriebstemperatur und der Zündtemperatur eine Sicherheitsspanne von 100 °C berücksichtigt. Das untersuchte Dichtungsmaterial erfüllt diese Forderung.

Auf Grund der Prüfergebnisse sowie der Voraussetzung, dass im Betrieb keine Sauerstoffdrückstöße auftreten können und sofern gleiche Qualitäten und gleiche Mengen der nichtmetallischen Materialien wie bei den von uns geprüften Dichtungen verwendet werden, bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen eine Verwendung dieser nichtmetallischen Materialien an Möller Kammprofil dichtungen MMKZG (Kammprofil mit Graphitauflage), Möller Wellringdichtungen MMWG (Wellringe mit Graphitauflage) und Möller Spiraldichtungen MMSIAG (Spiraldichtung mit Graphit) zum Abdichten von Flanschverbindungen aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl für gasförmigen Sauerstoff, und zwar sowohl in Flanschen mit Vor- und Rücksprung oder mit Nut und Feder, bei folgenden Betriebsbedingungen:

maximale Temperatur	maximaler Sauerstoffdruck
200 °C	130 bar

Spiraldichtungen, die einen Innenring aus Cr/Ni Stahl haben, sowie Wellringdichtungen mit Innenbördel aus Cr/Ni Stahl können auch in Flanschen mit glatter Dichtleiste verwendet werden.

Entsprechend der Prüfergebnisse und dem BAM-Standard "Prüfung auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff bei Schlagbeanspruchung", beschrieben im Anhang 3, bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht auch keine Bedenken gegen eine Verwendung des Dichtungsmaterials in flüssigem Sauerstoff. Da ein auf den flüssigen Sauerstoff ausgeübter Druck keine wesentliche Konzentrationsänderung bewirkt, also auch keinen merklichen Einfluss auf die Reaktionsfähigkeit des Dichtungsmaterials hat, ist eine Begrenzung auf einen bestimmten Druckbereich nicht erforderlich.

**5 Hinweise**

Der Inhalt des Prüfberichtes bezieht sich ausschließlich auf die Charge des untersuchten Prüfmaterials.

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.

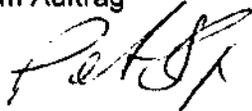
Es muss eindeutig erkennbar sein, dass das Produkt für den genannten Verwendungszweck nur in gasförmigem und/oder flüssigem Sauerstoff verwendbar ist. Maximal zulässiger Sauerstoffdruck, maximale Betriebstemperatur sowie eventuell andere Einschränkungen beim Gebrauch müssen deutlich angegeben sein.

Es muss im vorliegenden Fall eindeutig erkennbar sein, dass das Produkt nur unter der Voraussetzung, dass im Betrieb keine Sauerstoffdruckstöße auftreten, für den genannten Verwendungszweck 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, 18. September 2013**

**Fachbereich 2.1  
„Gase, Gasanlagen“**

Im Auftrag



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

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

## 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 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 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.