

**Liste der nichtmetallischen Materialien, die von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zum Einsatz in Anlagen-
teilen für Sauerstoff sicherheitstechnisch untersucht worden sind**

Sachgebiet „Industriegase“
Fachbereich „Rohstoffe und chemische Industrie“ der DGUV

Ausgabe 01/2024 (Aktualisierung der Ausgabe 12/2022)

© Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Heidelberg
Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung.

List of nonmetallic materials, which have been safety-related investigated by the Federal Institute of Material Research and Testing (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, short BAM) for use in oxygen components

Subcommittee “Industrial Gases”

Expert committee “Raw materials and chemical industry” of DGUV

Edition 01/2024 (Revision of edition 12/2022)

© Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Heidelberg

Reproduction in whole or in part is prohibited without specific written permission.

Inhalt

	Seite
Hinweis	5
1 Gleitmittel für Armaturen	6
2 Dichtungsmaterialien für Flansche	8
3 Dichtungsmaterialien für Rohrverschraubungen	12
4 Dichtungsmaterialien für Armaturen	13
5 Materialien für Kolbenringe in Verdichtern	17
6 Füllflüssigkeit für Vakuumpumpen mit $p_{\max} = 2$ bar	18
7 Sonstige nichtmetallische Materialien	19
Anhang 1: Anschriften der Hersteller bzw. Vertreiber	20
Anhang 2: Untersuchungsmethoden der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)	23

Table of contents

	Page
Note	5
1 Lubricants for valves	6
2 Gaskets for flanges	8
3 Seals for screwed pipe connections	12
4 Seals for valves and fittings	13
5 Materials for piston rings in compressors	17
6 Filling liquids for vacuum pumps with $p_{\max} = 2$ bar	18
7 Other nonmetallic materials	19
Annex 1: List of manufacturers or sales offices	20
Annex 2: Test methods used by the Federal Institute of Materials Research and -testing (BAM)	23

Hinweis

In dieser Liste werden nur jene Materialien aufgeführt, bei denen die Prüfung durch die BAM nicht länger als 10 Jahre zurückliegt.

Die in der Liste gemachten Angaben dienen nur zur Orientierung und beziehen sich auf das jeweilige Prüfmuster einer bestimmten Produktionscharge.

Einige Hersteller bzw. Vertrieber lassen regelmäßig die hier aufgeführten Produkte für den Einsatz in Sauerstoff prüfen. Erfahrungsgemäß können je Produktionscharge unterschiedliche Druckgrenzen auftreten. Daher sind die Angaben im Prüfbericht maßgebend für die maximalen Betriebsbedingungen einer bestimmten Produktionscharge. Das gilt insbesondere für Materialien, die auch für höhere Temperaturen als 60 °C sowie für die Verwendung in flüssigem Sauerstoff beurteilt worden sind. Diese Temperaturen und die jeweils dazugehörigen Sauerstoffdrücke sind hier im Einzelnen nicht aufgeführt. Der Anwenderin oder dem Anwender wird daher grundsätzlich empfohlen, beim Hersteller oder Vertrieber des Produkts nachzufragen bzw. dort eine Bestätigung zu den maximalen Betriebsbedingungen des jeweiligen Produkts für den Einsatz in Sauerstoff anzufordern.

Die Nennung eines Produkts in dieser Liste bedeutet nicht, dass es durch die BAM zertifiziert worden ist. Die Herstellung des Produkts wird durch die BAM nicht überwacht. Die Konformität des Produkts hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eignung muss vom Hersteller bzw. Vertrieber gewährleistet sein.

Note

This code of practice contains only materials that have been tested for oxygen compatibility by BAM within the last 10 years.

The intention of this code of practice is to provide preliminary information on oxygen compatibility of various products. The data refers to a certain test sample of a particular batch.

Some manufacturers or distributors check the herein mentioned products on a regular basis. Experience shows that different batches may also result in different maximum use pressures. Consequently, the maximum use conditions of a particular batch given in the safety evaluation of the particular test report are decisive. For detailed information on use temperatures greater than 60 °C or on liquid oxygen the reader is requested to check with the manufacturer or the distributor and ask for a confirmation on the maximum operating conditions of the particular material.

The entry of a product in this list does not imply a certification by BAM. Manufacturing of a product is not under surveillance by BAM. The manufacturer or distributor must ensure the conformity of a product regarding technical safety.

1 Gleitmittel für Armaturen/Lubricants for valves

Bezeichnung des Gleitmittels		Obere Druckgrenze (bar) bei 60 °C	Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreiber
Lubricant		Maximum use pressure (bar) at 60 °C	Comments	Manufacturer or sales office
Klüber Tyreno Fluid 3/6V	Flüssigkeit/liquid	140		6
Klüber Tyreno Fluid 6/14V	Flüssigkeit/liquid	100		6
Klüber Tyreno Fluid 12/25V	Flüssigkeit/liquid	160		6
Klüberalfa Tyreno Fluid 6/14V	Flüssigkeit/liquid	140		6
Klüberalfa YV 93-302	Paste	450	a)	6
Klüberalfa YV 93-1202	Paste	450	a), b)	6
Klübertemp YV 93-92	Paste	260	a), b)	6
Klübertemp YV 93-302	Paste	280	a)	6
Berulub OX 40 EP	Paste	40		8
Berulub OX 100 EP	Paste	200		8
Turmotempoil VAC 22	Flüssigkeit/liquid	140		14
Turmoxygen LCO 25	Paste	180	a)	14
Turmoxygen LCO 27	Paste	450	b)	14
Turmoxygen LCO 36	Paste	240	a)	14
Turmoxygen LCO 45 plus	Paste	420		14
Turmoxygen LCO 270	Paste	450	b)	14
Stabox 9415	Paste		b)	105
Halocarbon 4.2S	Flüssigkeit/liquid	70		121
Halocarbon 6.3S	Flüssigkeit/liquid	80		121
Halocarbon 25-5S	Paste	50	b)	121
Halocarbon 25-10M	Paste	40	b)	121
Halocarbon 27S	Flüssigkeit/liquid	70		121
Halocarbon 56S	Flüssigkeit/liquid	90		121
Halocarbon 95	Flüssigkeit/liquid	80		121
CARBAFLO 1521	Flüssigkeit/liquid	60		212
gleitmo 595	Paste	260	a), b)	212
gleitmo 935	Paste	20		212
Silikonfett/silicone grease	Paste	20		867
Weicon Silikonfett/silicone grease	Paste	20		867
Weicon Silikonfett HV/silicone grease HV	Paste	30		867
TUNGREASE 300, Charge 136618	Paste	50		1003
GRASSO FA 2028	Paste	300	a)	1200
IKV TRIBOFLON TXN 702 OX	Paste	450	a)	1337
PerFluoroLube RT15/Paste	Paste	80		1358
Voltalef 1A	Flüssigkeit/liquid	100		1574
Voltalef 1S	Flüssigkeit/liquid	90		1574
Voltalef 3A	Flüssigkeit/liquid	80		1574
Voltalef 3S	Flüssigkeit/liquid	80		1574
Voltalef 10A	Flüssigkeit/liquid	90		1574
Voltalef 10S	Flüssigkeit/liquid	80		1574
Voltalef 302	Paste	30		1574
Voltalef 901	Paste	70		1574
Fomlube OX HP	Paste	440		2032
Fomlube YNX	Paste	190		2032
Krytox GPL 205	Paste	90	b)	2041

Bezeichnung des Gleitmittels		Obere Druckgrenze (bar) bei 60 °C	Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreiber
Lubricant		Maximum use pressure (bar) at 60 °C	Comments	Manufacturer or sales office
Krytox GPL 226	Paste	80		2041
Krytox VPF 1506	Flüssigkeit/liquid	140		2041
Krytox VPF 1514	Flüssigkeit/liquid	140		2041
Krytox VPF 1525	Flüssigkeit/liquid	160		2041
Krytox NRT 8904	Paste	80		2065
Krytox NRT 8906	Paste	60		2065
Fluorine Y 108/00	Paste	60		2067
Krytox NRT 8908	Paste	260	a)	2095

- a) Diese Gleitmittel sind auch für höhere Betriebstemperaturen als 60 °C geeignet; die maximal zulässigen Sauerstoffdrücke sind dann aber in der Regel niedriger. Auskünfte hierüber können beim Hersteller oder Vertreiber eingeholt werden.
- b) Diese Gleitmittel sind zusätzlich auf Reaktionsfähigkeit mit flüsigem Sauerstoff geprüft und als geeignet befunden worden.

- a) These lubricants are also oxygen compatible at higher use temperatures than 60 °C; however, the maximum oxygen pressure is usually lower. For detailed information, please, contact manufacturer or sales office.
- b) These lubricants have been tested and qualified also for liquid oxygen compatibility.

2 Dichtungsmaterialien für Flansche/Gaskets for flanges

Hinweis: Diese Angaben gelten nur, wenn im praktischen Einsatz schnelle Sauerstoff-Druckänderungen (Druckanstiegszeit $t \leq 20$ ms) an dem Dichtungsmaterial mit Sicherheit ausgeschlossen werden können.

Note: These data are only valid if rapid oxygen pressure changes (pressure-rise time $t \leq 20$ ms), so-called oxygen pressure surges, on the gasket material can be safely excluded in usage.

**Für Flansche aus Kupfer, Kupferlegierungen oder Stahl. Für Flansche an Rohrleitungen und Armaturen, Deckeldichtungen von Armaturen/
For Flange connections made of copper, copper alloys, or steel. Flanges on piping and components, bonnet gaskets of components.**

Bezeichnung Designation	Obere Grenzwerte für Druck (bar) Temperatur (°C)		Bemerkungen Comments	Hersteller bzw. Vertreiber Manufacturer or sales office	
	Maximum use pressure (bar)	temperature (°C)			
Gore GR Dichtungsplatte Nr. 1203042800051-10	40	205	a)	4	
Gore GR	40	60	b)	4	
GORE Universelle Rohrleitungsdichtung/universal pipe sealing (Style 800)	40	60	b)	4	
Flexicarb RGS3	80	200	a)	5	
Flexitallic SF4300	100	60	m)	5	
Flexitallic SIGMA 511	40	225	a)	5	
Flexpro FG SEL Kammprofile gasket Graphit/graphite	35	300		5	
Novus 34	160	60		5	
Novus FI	80	200		5	
Novus N49 Graftec	160	60		5	
Novus TI	80	200	a)	5	
Kammprofildichtung KD08 Graphit/graphite	160	300	b), m)	16	
Kammprofildichtung LE-Safe Graphit/graphite	160	300	b), m)	16	
Uniflor WS 7451	50	250	a)	16	
Doniflon 2020	30	260		34	
GRAFILIT EM	130	200	a), b)	34	
GRAFILIT MultiForce	130	200	b)	34	
Tesnit BA-55	100	85	a), m)	34	
Tesnit BA-F	100	80	a), m)	34	
Tesnit BA-M	120	60	a), m)	34	
Tesnit BA-U	100	80	a), m)	34	
novaflon 500	30	200		47	
novapress Multi II	130	60		47	
novapress UNIVERSAL	100	80	a), m)	47	
novapress 880	80	110	a), m)	47	
TEADIT 24B PTFE-Band mit eins. Klebefläche/PTFE-tape with single-sided adhesive tape	100	100	a)	71	
TEADIT 24SH	PTFE	30	200	a)	71
	PTFE			b)	71

Bezeichnung	Obere Grenzwerte für		Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreiber	
	Druck (bar)	Temperatur (°C)			
Designation	Maximum use		Comments	Manufacturer or sales office	
	pressure (bar)	temperature (°C)			
TEADIT 30SH	20	200		71	
TEADIT 913M-OX	Spiraldichtung mit Außen- und Innenring/spiral wound gasket with outer and inner ring	250	300	b)	71
TEADIT TF 1570	PTFE	10	60		71
TEADIT TF 1580	PTFE	83	250	a)	71
SIGRAFLEX APX	Graphit/graphite	160	300	a), b), m)	90
SIGRAFLEX APX2	Graphit/graphite	160	300	a), b), m)	90
SIGRAFLEX APX2 Hochdruck	Graphit/Edelstahl graphite/stainless steel	160	300	a), b)	90
SIGRAFLEX Folie Z	Graphit/graphite	160	300	a), b)	90
SIGRAFLEX Hochdruck VZ20011Z3I	Graphit/Edelstahl graphite/stainless steel	160	300	a), b), m)	90
SIGRAFLEX Folie Typ E		130	250	a), b)	90
SIGRAFLEX UNIVERSAL V20010C2I		160	250	b)	90
CONVEX-Dichtungen	Cr-Ni-Stahl/Graphit Cr-Ni-steel/graphite	130	200	b)	98
Kammprofildichtungen B-Reihe ...	Cr-Ni-Stahl/Graphit Cr-Ni-steel/graphite	130	200	b)	98
RivaTherm Hochdruck RHD 2S305-I	Cr-Ni-Stahl/Graphit Cr-Ni-steel/graphite	130	200	b), m)	98
RivaTherm Plus RSP	Cr-Ni-Stahl/Graphit Cr-Ni-steel/graphite	130	200	b), m)	98
RivaTherm Super-Hochdruck		130	200	b), m)	98
RivaTherm Super-Plus		130	200	b)	98
RivaTherm-Compact-Dichtungen CA1...CA11	Cr-Ni-Stahl/Graphit Cr-Ni-steel/graphite	130	200	b)	98
Spiraldichtungen SpV ...SpZ	Cr-Ni- Stahl/Graphit Cr-Ni-steel/graphite	130	200	b)	98
Wellringdichtungen W-Reihe ...	Cr-Ni- Stahl/Graphit Cr-Ni-steel/graphite	130	200	b)	98
Centellen HD 3822		100	60		203
Centellen WS 3820		100	60		203
KLINGERSIL C-4400		130	60		203
KLINGERSIL C-4430		130	60		203
KLINGERSIL C-4500		130	60		203
KLINGER top-chem 2003		20	60		203
KLINGER top-chem 2005		100	200	b)	203
KLINGER top-chem 2006		100	200		203
KLINGER top-graph 2000		130	60	a), m)	203
LATTYgraf E	Graphit/graphite	100	200	a), b)	236
Kammprofildichtung LEADER KV9L (LG-413)		250	300	a), b), m)	532
Spiraldichtung LEADER SRI 316L/316L/APX/316L		250	300	a), b)	532
Wellringdichtung LEADER ELASTGRAPH		130	200	a), b)	532
KLINGER Graphit Laminat PSM150 AS		130	200	b)	545
KLINGER Graphit Laminat SLS150		130	200	a), b)	545
KWO MultiTex Band, Charge 86014391		100	60		742

Bezeichnung	Obere Grenzwerte für		Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreiber	
	Druck (bar)	Temperatur (°C)			
Designation	Maximum use		Comments	Manufacturer or sales office	
	pressure (bar)	temperature (°C)			
KWO-Universal-F Premium, Charge 82014086	100	60		742	
POWERflon 20 pink PTFE	20	150	a)	1211	
Flexigraf FGS4 – F4RGS400160	150	250	a), b)	1395	
Burasil Universal 9544/U	100	80	a), m)	1538	
Avkoseal H	16	60		1542	
Durlon 9000, batch 8619	52	260	a)	1562	
Durlon 9000, batch 8801	52	260	b)	1562	
Durlon 9200 white	52	260	a), b)	1562	
TOMBO No. 1838R-GR-HHH-K	Spiraldichtung mit Außen- und Innenring/spiral wound gasket with outer and inner ring	250	200	b)	2027
TOMBO No. 1838R-GR-MMH-K	Spiraldichtung mit Außen- und Innenring/spiral wound gasket with outer and inner ring	250	200	b)	2027
Spiral Wound Gasket Pillar No. 2600	Spiraldichtung mit Außen- und Innenring/spiral wound gasket with outer and inner ring Graphit/graphite	250	260	b)	2043
Uniflon 51		30	260	b)	2062
Uniflon 53		50	260	b)	2062
Spiraldichtung/Spiral Wound Gasket JIC3838-RSF-316L-316L(316L)	Graphit/graphite	250	300	m)	2064
Flexigraf FGS 3	Graphit/graphite	100	275	a)	2072
Flexigraf FGS 4	Graphit/graphite	100	275	a)	2072
Micatherm		5	300	m)	2072
SICHEM S11	PTFE	30	260	a)	2072
SICHEM S33	PTFE Compound	30	260	a)	2072
TOP-CHEM 3210	PTFE	100	200	a)	2074
Fluteck P 7201 GL	PTFE	25	150	b)	2077 2078
Spiral Wound Gasket Style BPG 9336, Camprofile Gasket Style BPG 9470, Corrugated Gasket Style BPG 9451 and style BPG 9452, and as Flat Gaskets Style BPG 8502 and Compressed Graphite Ring Style BPG 6531; Graphite-based gasket material BPG 8502		130	200	a), b)	2081
Spiral Wound Gasket Style BPG 9336; PTFE-based gasket material BPG 8102	Kammprofil-, Spiraldichtung	30	200	a)	2081
Spiralringdichtung Flexseal style RWI	PTFE-basiertes Dichtungsmaterial Garlock Flexseal	250	250	b)	2082

Bezeichnung		Obere Grenzwerte für		Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreiber
		Druck (bar)	Temperatur (°C)		
Designation		Maximum use		Comments	Manufacturer or sales office
		pressure (bar)	temperature (°C)		
Clipperlon 2100	PTFE-basiertes Dichtungsmaterial	55	200		2084
BELPA CSA 50		100	60		2092
TEADIT TEALON TF 1590		40	200		2097

- | | |
|--|---|
| <p>a) Dieser Werkstoff ist auch für höhere Betriebstemperaturen als angegeben geeignet; die maximal zulässigen Sauerstoffdrücke sind dann aber in der Regel niedriger. Auskünfte hierüber können beim Hersteller oder Vertreiber eingeholt werden.</p> <p>b) Dieser Werkstoff ist zusätzlich auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff geprüft und als geeignet befunden worden.</p> <p>m) Nur für den Einsatz in dynamisch nicht beanspruchten Flanschen.</p> | <p>a) This material is also oxygen compatible at higher use temperatures than stated; however, the maximum oxygen pressure is usually lower. For detailed information, please, contact manufacturer or sales office.</p> <p>b) This material has been tested and qualified also for liquid oxygen compatibility.</p> <p>m) Only for use in flanges that are not dynamically stressed.</p> |
|--|---|

3 Dichtungsmaterialien für Rohrverschraubungen/ Seals for screwed pipe connections

Bezeichnung Designation	Obere Grenzwerte für Druck (bar) Temperatur (°C)		Bemerkungen Comments	Hersteller bzw. Vertreiber Manufacturer or sales office
	pressure (bar)	temperature (°C)		
Loctite 55	20	60		39
Loctite 245	10	60		39
Loctite 271	10	60		39
Loctite 577	10	60		39
Loctite 586	15	60		39
PTFE Hochleistungsdichtband „Hi-Density“	30	60		122
WEICONLOCK AN 305-10	10	60		867
WEICONLOCK AN 305-78	10	60		867
WEICONLOCK AN 306-20	15	60		867
Tombo No. 9082 PTFE-Gewindedichtband/ PTFE-thread sealing	25	60	b)	1332
Goldband PTFE tape	25	60	b)	1439
Fermit PTFE-Dichtband Bonnaflon 12/20	30	60		2069
FRp PTFE-Gewindedichtband/PTFE-thread sealing	25	60	b)	2069
GoldexBand/GoldenBand G PTFE-Gewindedichtband/PTFE-thread sealing	30	60	b)	2069
GRp PTFE-Gewindedichtband/ PTFE-thread sealing	25	60	b)	2069
Hochleistungsdichtband PTFE-Gewindedichtband/PTFE-thread sealing	40	60		2070

- a) Dieser Werkstoff ist auch für höhere Betriebstemperaturen als angegeben geeignet; die maximal zulässigen Sauerstoffdrücke sind dann aber in der Regel niedriger. Auskünfte hierüber können beim Hersteller oder Vertreiber eingeholt werden.
- b) Dieser Werkstoff ist zusätzlich auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff geprüft und als geeignet befunden worden.

- a) This material is also oxygen compatible at higher use temperatures than stated; however, the maximum oxygen pressure is usually lower. For detailed information, please, contact manufacturer or sales office.
- b) This material has been tested and qualified also for liquid oxygen compatibility.

4 Dichtungsmaterialien für Armaturen/ Seals for valves and fittings

Sitz, Stopfbuchsen oder Dichtringe an Kolbenschiebern und Kugelhähnen/
Seat, stuffing box, or seal ring in piston slide valves, and ball valves

Bezeichnung	Obere Grenzwerte für		Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreiber	
	Druck (bar)	Temperatur (°C)			
Designation	Maximum use		Comments	Manufacturer or sales office	
	pressure (bar)	temperature (°C)			
Thermiculite TH867	450	60	a), b)	5	
Euraflon 1699	PTFE	25	60	a)	13
TFM 1600	PTFE	50	60		16
TRIPP Typ 1390	Graphit/graphite	450	60	b)	16
TRIPP Typ 1395	Graphit/graphite	20	60		16
TRIPP-UNIFLUOR Typ 2724F	PTFE	30	60		16
E7502	EPDM	15	60		41
E7518	EPDM	15	60		41
E7581	EPDM	30	60		41
E8T31	EPDM	15	60	a)	41
N7000	NBR	25	100		41
N7003	NBR	50	60		41
N7004	NBR	30	60		41
S60R1	VMQ	40	60	a)	41
V9T82	FPM/FKM	80	60	a)	41
V7002	FPM/FKM	40	60	a)	41
V70G2	FPM/FKM	50	60		41
V70G6	FPM/FKM	40	60		41
V70GA	FPM/FKM	40	150	a)	41
V80G1	FPM/FKM	40	60		41
V80G2	FPM/FKM	50	60		41
V90G1	FPM/FKM	50	150	a)	41
V90G2	FPM/FKM	60	60	a)	41
V864F	FPM/FKM	30	150	a)	41
V9005	FPM/FKM	70	60	a)	41
V9670	FPM/FKM	30	60	a)	41
VCT33	FPM/FKM	40	60	a)	41
WC704	CR	30	60		41
WC706	CR	30	60		41
V 1238-95	FPM/FKM	50	60	a)	55
V 747-75	FPM/FKM	40	60	a)	55
TEADIT 2015-OX	PTFE	40	60		71
TEADIT 30SH	PTFE	20	60	a)	71
TEADIT NA1002	NBR Compound	20	60		71
TEADIT TF1570	PTFE Compound	50	60		71
TEADIT Typ 2124	PTFE	20	60	a)	71
TEADIT Typ 2238-OX	Graphit/graphite	210	60	a), b)	71
Sigraflex APX	Graphit/graphite	280	60	a), b)	90

Dichtungsmaterialien für Armaturen/Seals for valves and fittings

Bezeichnung		Obere Grenzwerte für		Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreter
		Druck (bar)	Temperatur (°C)		
Designation		Maximum use		Comments	Manufacturer or sales office
		pressure (bar)	temperature (°C)		
Sigraflex APX2	Graphit/graphite	450	60	a), b)	90
Sigraflex Folie Typ E	Graphit/graphite	270	60	b)	90
Sigraflex Folie Typ TF	Graphit/graphite	110	60	a), b)	90
Sigraflex Folie Z	Graphit/graphite	430	60	a), b)	90
419S	PTFE	25	60		94
K80	Graphit/graphite	250	300	a), b)	98
K80S	Graphit/graphite	110	60	a), b)	98
PTFE 1462 Black	PTFE	30	150	a)	136
HS 17027	PTFE	60	60	a), b)	146
FE 45A	Elektrographit/ electrographite	25	60	a), b)	181
FE 879	Elektrographit/electro- graphite	30	60	a), b)	181
LATTYgraf 6940 EF	Graphit/graphite	140	60	a), b)	236
LATTYgraf 6950	Graphit/graphite	15	60		236
LATTYgraf 6950 S	Graphit/graphite	20	60		236
LATTYgraf 6988 EF	Graphit/graphite	20	60		236
LATTYgraf E	Graphit/graphite	430	60	b)	236
LATTYgraf EHT	Graphit/graphite	450	60	a), b)	236
LATTYgraf ETF	Graphit/graphite	260	60	a), b)	236
TEX 2014 04	Graphit/graphite	430	60	a), b)	236
VR1	FPM/FKM	30	150	a)	389
Propack Style A37	PTFE/Graphit PTFE/ graphite	20	60		507
SAS 238 TF/200	Graphit/graphite	450	60	a), b)	528
12.077/V3		40	60	a)	556
FKM 13-75 grün	FPM/FKM	50	60	a)	566
NUE 1	PTFE	50	60	b)	570
NUE 115	PTFE Compound	30	60		570
NUE 1027	PTFE Compound	40	60	a), b)	570
NUE M325E	PTFE Compound	30	60	a), b)	570
1D-0325X-K	PTFE-Compound	25	100	a), b)	616
K54F	PTFE	30	60	b)	775
70 FPM 576	FPM/FKM	30	60		997
Fusion 938	FPM/FKM	60	60	a)	1042
Chesterton 1830	PTFE/Graphit PTFE/graphite	20	60	a)	1112
Chesterton GraphMax	Graphit/graphite	20	60	a)	1112
Chesterton Mill Pack 1730	PTFE	15	60	a)	1112
Fluoroly A08	PTFE	30	60	a)	1117
Rulon LR		60	60	a), b)	1117
470.80	NBR	25	60		1227
863.80	FKM	30	60	a)	1227
864.80	FKM	30	60	a)	1227
FKM 864.70	FPM/FKM	25	60	a)	1227
FKM 865.80	FPM/FKM	30	60	a)	1227
BPG 6375	PTFE	20	60		1286
FKM 70 +/-5 IRHD-m, grün	FPM/FKM	40	60		1362

Dichtungsmaterialien für Armaturen/Seals for valves and fittings

Bezeichnung		Obere Grenzwerte für		Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreter
		Druck (bar)	Temperatur (°C)		
Designation		Maximum use		Comments	Manufacturer or sales office
		pressure (bar)	temperature (°C)		
VB075ST0.BAM	FPM/FKM	60	60	a)	1532
Buko8-16		30	60	b)	1538
Chemstar L	PTFE	25	60	b)	1538
Avkopack 1101 S	PTFE	30	60		1542
Turcon M03	PTFE Compound	60	150	b)	1545
Zurcon Z80	UHMWE PE-based bat	10	60		1545
PTFE CB.63-01	PTFE	80	60		1561
Perlast G74S	FFKM	50	60	a)	1567
TEADIT Type 2236	Stopfbuchspackung/ gland packing	130	60		2022
FKM 70 GF, N7010	FPM/FKM	40	60	a)	2023
FKM 70 NERO	FPM/FKM	30	60	a)	2023
FKM 75, N7500	FPM/FKM	40	60	a)	2023
FKM 80 NERO	FPM/FKM	25	60	a)	2023
FKM 90 A, N9000	FPM/FKM	40	60	a)	2023
Graph-Lock Rings	Graphit/graphite	420	60	a), b)	2034
Style 5898 Braided Packing	PTFE	25	100	a), b)	2034
FKM 514115	FPM/FKM	30	60		2035
FKM Compound 514790	FPM/FKM	30	60		2035
Inoflon 230	PTFE	30	60	a)	2040
Inoflon 510	PTFE	30	60	a), b)	2040
Inoflon 640	PTFE	25	60	a), b)	2040
MARK III COMBI Low Friction, Pillar No. 6710CL-S	Graphit/graphite	40	60	a), b)	2043
MARK III COMBI, Pillar No. 6710-S	Graphit/graphite	450	60	a), b)	2043
Pillarfoil, No. 6610	Graphit/graphite	450	60	a), b)	2043
PTFE TF 25% soft	PTFE	30	60	a)	2046
Supagraf RibbonPal OX	Graphit/graphite	440	60	a), b)	2060
Voltalef 302	PCTFE	25	60		2068
Armaseal 312	Graphit/graphite	440	60	a), b)	2071
OXYSAFE	Graphit/graphite	430	60	a), b)	2071
4270	EPDM	20	60		2073
CPS9905a	Graphit/graphite	450	60	a), b)	2075
CPS9905b	Graphit/graphite	450	60	a), b)	2075
F109-B85 brown	FPM/FKM	25	60		2076
Fluteck P Barite	PTFE	40	60	a), b)	2077 2078
Fluteck P MICRO	PTFE	70	60	a), b)	2077 2078
Fluteck P White	PTFE	60	60	a), b)	2077 2078
Fluteck P1000	PTFE	60	60	a), b)	2077 2078
Fluteck P1500	PTFE	70	60	a), b)	2077 2078
Fluteck P7201 GL	PTFE	70	60	a), b)	2077 2078

Bezeichnung		Obere Grenzwerte für		Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreiber
		Druck (bar)	Temperatur (°C)		
Designation		Maximum use		Comments	Manufacturer or sales office
		pressure (bar)	temperature (°C)		
Tohflon PCTFE	PTFE-Compound	40	60		2079
Tohflon PFA	PTFE-Compound	30	60		2079
BPG 6375	PTFE	30	60	b)	2081
1327 PR	Graphit/graphite	450	60	a), b)	2083
1415 PR	Graphit/graphite	450	60	a), b)	2083
F 10-15 Victrex PEEK 450G	PTFE-Compound	30	60		2085
RV70	FPM/FKM	40	60	a)	2088
CC5093	FPM/FKM	30	60		2089
Parker 0203	PTFE Compound	60	60	a), b)	2091
Parker 0224	PTFE Compound	50	150	a)	2091
Parker 0307	PTFE/Graphit PTFE/graphite	60	150	a), b)	2091
BELPA CSA 50		15	60	a)	2092
67O10V	FPM/FKM	25	60		2093
70 EPDM 291	EPDM	40	60	a)	2094
70 FKM 1811	FPM/FKM	30	60	a)	2096

- | | |
|--|--|
| <p>a) Dieser Werkstoff ist auch für höhere Betriebstemperaturen als angegeben geeignet; die maximal zulässigen Sauerstoffdrücke sind dann aber in der Regel niedriger. Auskünfte hierüber können beim Hersteller oder Vertreiber eingeholt werden.</p> <p>b) Dieser Werkstoff ist zusätzlich auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff geprüft und als geeignet befunden worden.</p> <p>n) Halbzeug (Referenzmuster) des Herstellers, hergestellt aus dem genannten Rohstoff unter Laborbedingungen im Technikum auf Basis der empfohlenen Standardprozessbedingungen.</p> | <p>a) This material is also oxygen compatible at higher use temperatures than stated; however, the maximum oxygen pressure is usually lower. For detailed information, please, contact manufacturer or sales office.</p> <p>b) This material has been tested and qualified also for liquid oxygen compatibility.</p> <p>n) Semi-finished product (reference sample) of manufacturer made of mentioned raw material under laboratory conditions in the pilot plant on basis of recommended standard process conditions.</p> |
|--|--|

5 Materialien für Kolbenringe in Verdichtern/ Materials for piston rings in compressors

Bezeichnung	Zulässiger Enddruck p_e (bar) bei $t_{max} = 175\text{ °C}$ und einem gegebenen Verdichtungsverhältnis V				Bemerkungen	Hersteller bzw. Vertreiber
	$V < 3$	$V < 4$	$V < 5$	$V < 6$		
Designation	Maximum use pressure p_e (bar) at $t_{max} = 175\text{ °C}$ and a compression ratio V of				Comments	Manufacturer or sales office
	$V < 3$	$V < 4$	$V < 5$	$V < 6$		
FE45Z2				65		181
Polytron Peek HPV PEEK	100					480
CPI 114	70					536
CPI 138	250					536
CPI 303	200	100				536
NUE 1	250	150			b)	570
NUE 105/205/315K	150				b)	570
NUE 125	150					570
SK105	100					1384
SK205	200	150	100			1384
SK305	250	200	100			1384
Persisto 68	100					1411
Persisto 680	150					1411
Persisto 861	150					1411
9802 PTFE-Compound	250				$T_{max} 180\text{ °C}$	2061
9817 PTFE-Compound	250				$T_{max} 180\text{ °C}$	2061

a) Die Temperatur T_{max} liegt bei diesen Materialien höher; Einzelheiten sind beim Hersteller oder Vertreiber zu erfragen.

b) Dieser Werkstoff ist zusätzlich auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff geprüft und als geeignet befunden worden.

a) The maximum use temperature T_{max} of these materials is higher; for details check with manufacturer or sales office.

b) This material has been tested and qualified also for liquid oxygen compatibility.

6 Füllflüssigkeit/Filling liquids

für Vakuumpumpen mit $p_{\max} = 2 \text{ bar}$ /
for vacuum pumps with $p_{\max} = 2 \text{ bar}$

Bezeichnung	Grenzwerte für Temperatur (°C)	Hersteller bzw. Vertreiber
Designation	Maximum use temperature (°C)	Manufacturer or sales office
Fomblin Y LVAC 14/16	330	1
Klüber Tyreno Fluid 3/6V	150	6
Klüber Tyreno Fluid 6/14V	150	6
Klüber Tyreno Fluid 12/25V	370	6
Klüberalfa Tyreno Fluid 6/14V	390	6
Turmofluid VAC 81-113	70	14
Syncomp DE HSL 100 (RAXBV)	100	1176
Krytox VPF 1506	400	2041
Krytox VPF 1514	400	2041
Krytox VPF 1525	400	2041
Vacutop DI Special ICO	70	2086
Vacutop DI Special O2 ICO	110	2086
ECOSYN VE 100	80	2087

7 Sonstige nichtmetallische Materialien/ Other nonmetallic materials

Nichtmetallische Materialien, die in den vorherigen Kapiteln nicht klassifiziert worden sind/

Nonmetallic materials which have not been classified in previous chapters

Bezeichnung Designation		Obere Grenzwerte für Druck (bar) Temperatur (°C)		Bemerkungen Comments	Hersteller bzw. Vertreiber Manufacturer or sales office
		pressure (bar)	temperature (°C)		
Armaflex Ultima	FEF flexibler Elastomerschaum/flexible elastomere foam	30	60	b)	1571
Basotect C	Melaminharz-basiertes Isoliermaterial/ Dämmstoff/Melamine resin-based insulation material			b)	2047

b) Dieser Werkstoff ist zusätzlich auf Reaktionsfähigkeit mit flüssigem Sauerstoff geprüft und als geeignet befunden worden.

b) This material has been tested and qualified also for liquid oxygen compatibility.

Anhang 1/Annex 1

Anschriften der Hersteller bzw. Vertreiber/ List of manufacturers or sales offices

1	Solvay Solexis Polymers Italy S.p.A. Viale Lombardia, 20 20021 Bollate (MI) ITALY	94	Lenzing Plastics GmbH Werkstraße 2 4860 Lenzing AUSTRIA	536	CPI Compressor Products International Ltd. Unit 5, Smitham Bridge Road RG170QP Hungerford, Berkshire UNITED KINGDOM
4	W. L. Gore & Associates GmbH Wernher-von-Braun-Straße 18 85640 Putzbrunn	98	Kempchen Dichtungstechnik GmbH Im Waldteich 21 46147 Oberhausen-Holten	545	Klinger AG Egliswil Industrie Nord 5704 Egliswil SWITZERLAND
5	Flexitallic Ltd Skandinavia Mills, Hunsworth Lane BD19 4LN Cleckheaton, West Yorkshire UNITED KINGDOM	105	Axel Christiernsson AB P.O. Box 2100 44911 Nol SWEDEN	556	Kautasit-Gummitechnik mbH Robert-Berndt-Straße 2 01257 Dresden
6	Klüber Lubrication München SE & Co. KG Geisenhausener Straße 7 81379 München	121	Solvadis specialities GmbH Königsberger Straße 1 60487 Frankfurt	566	IDG-Dichtungstechnik GmbH Heinkelstraße 1 73230 Kirchheim unter Teck
8	Carl Bechem GmbH Weststraße 120 58089 Hagen	122	CHETRA GmbH Dichtungstechnik Carl-Zeiss-Straße 2 85748 Garching-Hochbrück	570	PTFE Nünchritz GmbH & Co. KG Industriestr. C 9 01612 Glaubitz
13	Hecker Werke GmbH Arthur-Hecker-Straße 1 71093 Weil im Schönbuch	136	Freudenberg Sealing Technologies GmbH Höhnerweg 2–4 69469 Weinheim	616	Heute + Comp. GmbH & Co. Kaiserstraße 186 42477 Radevormwald
14	Lubricant Consult GmbH Gutenbergstraße 13 63477 Maintal	146	ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH Etzelstraße 10 74321 Bietigheim-Bissingen	742	KWO Dichtungstechnik-GmbH Hofgartenstraße 8 83071 Stephanskirchen
16	IDT Industrie- und Dichtungstechnik GmbH Liebigstraße 5 85551 Kirchheim bei München	181	Schunk Kohlenstofftechnik GmbH Rodheimer Straße 59 35452 Heuchelheim	775	Klinger International Ltd. The Klinger Building Wharfedale Road Euroway Trading Estate BD4 6SG Bradford West Yorkshire UNITED KINGDOM
34	Donit Tesniti d.d. Cesta komandanta Staneta 38 1215 Medvode SLOVENIA	203	Rich. Klinger Dichtungstechnik GmbH & Co. KG Am Kanal 8–10 2352 Gumpoldskirchen AUSTRIA	867	WEICON GmbH & Co. KG Königsberger Straße 255 48157 Münster
39	Henkel KGaA, Standort München Gutenbergstraße 3 85748 Garching bei München	212	FUCHS LUBRICANTS GERMANY GMBH Werner-Heisenberg-Straße 1 67661 Kaiserslautern	997	Carl Schlösser GmbH & Co. KG Wilhelmstraße 8 88512 Mengen
41	Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH Handwerkstraße 5–7 70565 Stuttgart	236	LATTY international S.A. 1, rue Xavier Latty 28160 Brou FRANCE	1003	TUNAP Deutschland Vertriebs GmbH & Co. Betriebs KG Bürgermeister-Seidl-Straße 2 82515 Wolfratshausen
47	Frenzelit-Werke GmbH Frankenhammer 7 95460 Bad Berneck	389	Alwin Höfert Ferdinand-Harten-Straße 15 22949 Ammersbek	1042	Greene, Tweed & Co. GmbH Nordring 12 65719 Hofheim am Taunus
55	Parker Hannifin GmbH O-Ring Division Europe Stuifenstraße 55 74385 Pleidelsheim	480	POLYTRON Kunststofftechnik GmbH & Co. KG An der Zinkhütte 17 51469 Bergisch Gladbach	1112	A.W. Chesterton Company 860 Salem Street/Bldg. C Groveland, MA 01834 USA
71	TEADIT International Produktions GmbH Rosenheimer Straße 10 6330 Kufstein AUSTRIA	507	Propack Dichtungen und Packungen AG Rudolf-Diesel-Ring 28 82054 Sauerlach	1117	Saint-Gobain PPL Kontich NV Heiveldekens 22 2550 Kontich BELGIUM
90	SGL CARBON GmbH Werner-von-Siemens- Straße 18 86405 Meitingen	528	Straub Armaturen Service GmbH Swebenring 34 46286 Dorsten	1176	ANDEROL BV Punterweg 21 A 6222 NW Maastricht NETHERLANDS
		532	Eriks B.V. Toermalijnsstraat 5 1812 RL Alkmar NETHERLANDS		

1200 FAPA di Dott. Enrico Nosari S.a.s. di Paolo Nosari & C Via Pascoletto 20 24040 Lallio (BG) ITALY	1545 TRELLEBORG SEALING SOLUTIONS HELSINGØR A/S Fabriksvej 17 3000 Helsingør DENMARK	2046 S.I.G.I. s.r.l. Via Landri 13 24060 Costa di Mezzate (BG) ITALY
1211 POKORNY, spol. s.r.o. Trnkova 115 62800 Brno CZECH REPUBLIC	1561 Angst+Pfister AG Thurgauerstrasse 66 8052 Zürich SWITZERLAND	2047 BASF SE Ludwigshafen Carl-Bosch-Straße 38 67056 Ludwigshafen am Rhein
1227 Südbadische Gummiwerke GmbH Gewerbestraße 1 78166 Donaueschingen	1562 Triangle Fluid Controls Ltd. 269 University Avenue, PO Box 136 K8N 5A2 Belleville ONT CANADA	2060 James Walker and Co. Ltd. Gote Brow CA13 ONH Cockermouth UNITED KINGDOM
1286 Burgmann Packings Ltd. 48 Cookstown Industrial Estate Tallaght Dublin 24 IRELAND	1567 Precision Polymer Engineering Limited Greenbank Road BB1 3EA Blackburn UNITED KINGDOM	2061 Prosind Consulting & Engineering Pty Ltd. 4 / 120-122 Rodeo Drive 3175 Dandenong, Victoria AUSTRALIA
1332 NICHIAS FGS SDN. BHD. Plot 103, Darulaman Industrial Estate Bandar Darulaman 06000 Jitra Kedah Darul Aman MALAYSIA	1571 Armacell European Sales GmbH Robert-Bosch-Straße 10 48153 Münster	2062 Novus Sealing Technology (Shanghai) Co. Ltd. Bld 1, No 1069, Xuanzhen (E) Rd. Nanhui Indust. P 201314 Shanghai CHINA
1337 IKV Tribologie ZI de la gare 26260 Saint Donat FRANCE	1574 ARKEMA CERDATO Route de Launay 27470 Serquigny FRANCE	2064 Jeil E&S Co. Ltd. #309, Chungnyeol-Ro Yangsan-City Gyeongsangnam-do REPUBLIC OF KOREA
1358 PERFORMANCE FLUIDS LTD Suite 190 Lomeshaye Business Village Turner Road Nelson, Lancashire BB9 7DR UNITED KINGDOM	2023 MCM S.p.A. Via Catello 70 24060 Adrara S. Martino (BG) ITALY	2065 Chemours Netherlands B.V. Baanhoekweg 22 3313 LA Dordrecht NETHERLANDS
1362 Ulman Dichtungs- technik GmbH Otto-Hahn-Straße 17 71069 Sindelfingen	2027 NICHIAS CORPORATION 6-1, Hatchobori 1-Chrome 104-0032 Chuo-ku, Tokyo JAPAN	2067 Boss Lubricants GmbH & Co. KG Chemnitzer Straße 15 72458 Albstadt
1384 STASSKOL GmbH Maybachstraße 2 39418 Staßfurt	2032 FenS bv Amundsensweg 28 4462 GP Goes NETHERLANDS	2068 Beichler + Grünenwald GmbH Besigheimer Straße 1 74369 Löchgau
1395 F.M.I. S.p.A. Via Taranto 10-12 25036 S. Pancrazio di Palazzolo sull'Oglio ITALY	2034 Garlock of Canada Ltd. 4100 Rue Garlock QCJ1L 1W5 Sherbrooke Quebec CANADA	2069 Fermit GmbH Zur Heide 4 53560 Vettelschoß
1411 Burckhardt Compression AG Postfach 65 8404 Winterthur SWITZERLAND	2035 ERIKS GmbH Brönninghauser Straße 38 33729 Bielefeld	2070 METAX Kupplungs- und Dichtungs- technik GmbH Unter den Linden 34 35410 Hungen
1439 UNI GASKET SRL Via Lombardia 16 24060 Villongo ITALY	2040 GUJARAT FLUORO-CHEMICALS Limited 12/A. GIDC, Dahei Industrial Estate/ Tehsil Vagra 392130 Gujarat INDIA	2071 C.M.D. S.R.L. Via Ponte Fabbro, 104/106 25033 Cologne (BS) ITALY
1532 GITIS s.r.l. Via Colombara del Bosco 26 25031 Capriolo ITALY	2041 Chemours International Operations Sàrl; DuPont de Nemours Internatio- nal Sàrl, European Technical Center DUPONT MEYRIN LABORATORY WX36 Cpicore-gorrex/WX36 Route Du Nant D'Avril 146 1217 Geneva SWITZERLAND	2072 Planichem S.r.l Via Provinciale 1/E 25030 Adro (BS) ITALY
1538 EagleBurgmann Germany GmbH Äußere Sauerlacher Straße 6-10 82515 Wolfratshausen	2043 Nippon Pillar Packing Co., Ltd. 11-48, Nonakaminami 2-chome 532-0022 Yodogawau, Osaka JAPAN	2073 Ar-Tex S.p.A Via Rasetti 12 24060 Viadanica (BG) ITALY
1542 AVKO JSC 1 Ivan Vedar Str. 7013 Rousse BULGARIA		2074 Eynard Robin SAS ZAC des Clochettes, 1 allée de la Grange 69191 Saint Fons FRANCE
		2075 Zhejiang cps cathay packing & sealing CO., LTD. Taoyuan Village, Puyang Town, Xiaos- han, Hangzhou 311255 Hangzhou CHINA

- | | | |
|--|---|--|
| 2076 Seal Maker Produktions-
und Vertriebs GmbH
Viktor-Kaplan-Allee 7
7023 Poettelsdorf
AUSTRIA | 2084 Leader Gasket Technologies s.r.o.
Psumovicka Ulica 1026
01404 Bytca
SLOVAKIA | 2092 Montero FYE S.A.
Retuerto S/N
48903 Barakaldo
SPAIN |
| 2077 Fluoroseals S.p.A.
Via Tribolina 20
24064 Grumello del Monte (BG)
ITALY | 2085 Fluorten S.r.l.
Via Cerone 34
24060 Castelli Calepo (BG)
ITALY | 2093 Stacem
ZI de Kerovel
56390 Grandchamps
FRANCE |
| 2078 TEKU GmbH Fluorkunststoffe
Siemensstraße 49
42551 Velbert | 2086 Matrix Specialty Lubricants BV,
Typograaph 16
6921 BV Duiven
NETHERLANDS | 2094 Freudenberg Process Seals GmbH &
Co. KG
Lorscher Straße 13
69469 Weinheim |
| 2079 Toho Kasei Co., Ltd.
6-2 Imago-Cho
639-1031 Yamatokoriyama-shi, Nara
JAPAN | 2087 WIPA Chemicals International (WCI)
NV
Durmakker 7
9940 Evergem
BELGIUM | 2095 The Chemours Company
201 Discovery Blvd.
19713 Neak, Delaware
USA |
| 2081 Burgmann Packings Group GmbH
Hauptstraße 145
74638 Waldenburg | 2088 Xiamen Xlong Seal Co., Ltd.
No. 75 Tian an Road, Jimei District,
Xiamen, Fujia
361021 Xiamen
CHINA | 2096 Freudenberg Sealing Technologies AG
Thurgauerstrasse 39
8050 Zürich
SWITZERLAND |
| 2082 Garlock Sealing Technologies
250 Portwall St.,
Suite 300
77029 Houston
USA | 2089 Artech Rubber B.V.
Ijslandsestraat 8–12
7202 CL Zutphen
NETHERLANDS | 2097 TEADIT International Produktions
GmbH
Europastraße 12
6322 Kirchbichl
AUSTRIA |
| 2083 IDT Sinyuan Sealing Technology
Co.,ltd
128#xingyong rd, Jiangbei district
315021 Ningbo
CHINA | 2091 EMERSON S.R.L
Cluj Measurement Manufacturing
Center – Building M3
400638 Cluj-Napoca
ROMANIA | |

Anhang 2

Untersuchungsmethoden der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zur Beurteilung der Eignung nichtmetallischer Materialien für die Verwendung in Sauerstoff

Die folgenden Prüfmethoden berücksichtigen nur die Reaktionsfähigkeit der Materialien mit Sauerstoff.

1 Prüfung des Reaktionsverhaltens von Materialien bei Einwirkung von Sauerstoffdruckstößen

Zur Untersuchung werden Feststoffe vorher zerkleinert, Flüssigkeiten werden auf Keramikfaser aufgetragen. Etwa 0,1 g bis 0,5 g der Probe werden dann in eine heizbare Probenhülse von ca. 15 cm³ Volumen gegeben.

Über ein Rohr und ein Schnellöffnungsventil ist diese Probenhülse mit einem Sauerstoff-Druckbehälter gasdicht verbunden. Nachdem Rohr und Probenhülse mit dem gewünschten Anfangsdruck p_a die Versuchstemperatur angenommen haben, wird vorgewärmter Sauerstoff (im Regelfall 60 °C) vom höheren Druck p_e schlagartig über das Schnellöffnungsventil in Rohr und Probenhülse geleitet.

Hierbei wird der Sauerstoff in der Probenhülse quasi adiabatisch vom Anfangsdruck p_a auf den Enddruck p_e verdichtet und erwärmt. Eine mögliche Reaktion der Probe mit dem Sauerstoff wird am steilen Temperaturanstieg in der Probenhülse erkannt.

Beurteilungskriterium:

Im Falle einer eindeutigen Reaktion werden die Versuche bei einem kleineren Druckverhältnis p_e/p_a fortgesetzt, bis jenes Druckverhältnis gefunden worden ist, bei dem bei fünf aufeinanderfolgenden Druckstößen keine Reaktion festgestellt werden kann. Wird dieses Ergebnis in einer zweiten Serie von fünf aufeinanderfolgenden Druckstößen bestätigt, wird die Prüfung beendet oder bei einer anderen Proben temperatur fortgesetzt.

Annex 2

Test methods used by the Federal Institute of Materials Research and -testing (BAM) for evaluating the compatibility of nonmetallic materials for oxygen service

The following test methods refer only to the reactivity of materials with oxygen.

1 Testing of materials for ignition sensitivity to gaseous oxygen impacts

For testing, solid materials are divided and liquids are applied onto ceramic fibers. A sample mass of ca. 0.1 g to 0.5 g is placed into a heatable sample tube of 15 cm³ in volume.

The sample tube is gastightly connected by a pipe and a pneumatically operated quick opening valve to a high-pressure oxygen accumulator. After the pipe and sample tube are at initial pressure p_a and the sample has reached the test temperature, the quick opening valve is opened and preheated oxygen (generally 60 °C) of final pressure p_e flows abruptly into the pipe and sample tube.

In this way, the oxygen in the sample tube is almost adiabatically compressed from initial pressure p_a to final pressure p_e and heated. A possible reaction of the sample with oxygen is indicated by a steep temperature rise in the sample tube.

Assessment criterion:

If there is a reaction, further test series are performed at a lower pressure ratio p_e/p_a until the compression ratio is found, where no reaction of the sample with oxygen can be detected in a series of five consecutive gaseous impacts. If this result is confirmed in a second test series of five consecutive oxygen impacts, the tests can be finished or continued at a different test temperature.

If there is a reaction, further test series are performed at a lower pressure ratio p_e/p_a until the compression ratio is found, where no reaction of the sample with oxygen can be detected in a series of five consecutive gaseous impacts. If this result is confirmed in a second test series of five consecutive oxygen impacts, the tests can be finished or continued at a different test temperature.

2 Zündtemperaturbestimmung in verdichtetem Sauerstoff

Etwa 0,1 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 cm³ 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 Sauerstoffenddruck 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.

Beurteilungskriterium:

Die maximale Betriebstemperatur der Probe wird auf einen Wert festgelegt, der im Allgemeinen 100 °C unter der ermittelten Zündtemperatur liegt. Diese Sicherheitsspanne soll hauptsächlich berücksichtigen, dass die Zündtemperatur einerseits keine Konstante ist und andererseits stets von der gewählten Prüfmethode, der Probenzubereitung und anderen Parametern abhängt. Publikationen in der Fachliteratur sowie Untersuchungen in der BAM bestätigen diesen Sachverhalt.

Die Sicherheitsspanne von 100 °C hat sich in jahrzehntelanger Praxis bewährt. Bei der Verwendung von Materialien im Sauerstoffbereich bei Temperaturen bis 60 °C führt die BAM je nach angedachtem Verwendungszweck nur eine Druckstoßprüfung (Prüfmethode 1) oder eine Flanschprüfung (Prüfmethode 4) durch.

2 Autogenous ignition temperature (AIT) in high pressure oxygen

A mass of approximately 0.1 g to 0.5 g of the pasty or of the divided solid sample is placed into an autoclave (34 cm³ in volume) with a chrome/nickel lining. Liquid samples are applied onto ceramic fiber. The autoclave is pressurized to the desired initial pressure p_i at the beginning of the test. A low-frequency heater inductively heats the autoclave in an almost linear way at a rate of 110 K/min. The temperature is monitored by means of a thermocouple at the position of the sample.

The pressure in the autoclave is measured by means of a pressure transducer. Pressure and temperature are recorded. During the test, as the temperature increases, the oxygen pressure increases within the autoclave. The ignition of the sample can be recognized by a sudden rise in temperature and the final pressure p_f .

It is important to know the oxygen pressure p_f , as the autogenous ignition temperature of a material is a function of pressure. It may decrease as the oxygen pressure increases.

Assessment criterion:

Usually, the maximum use temperature of the sample is fixed at a value that is 100 °C below the determined AIT. This safety margin considers the fact, that the AIT is not a constant and depends on test method, sample preparation, and other parameters. Publications in literature as well as researches in BAM confirm this fact.

The safety margin of 100 °C has been proven over many decades. For use temperatures up to 60 °C, and depending on the intended purpose, BAM only performs oxygen impact tests (test method 1) or flange tests (test method 4).

3 Prüfung von Materialien auf Alterungsbeständigkeit

Eine Probe mit bekannter Masse wird in einem Autoklaven 100 Stunden bei erhöhter Temperatur, in der Regel 25 °C oberhalb der vorgesehenen Betriebstemperatur, verdichtetem Sauerstoff ausgesetzt.

Beurteilungskriterium:

Die Probe darf nach der Alterung keine wesentlichen Änderungen aufweisen hinsichtlich Masse, Zündtemperatur und äußerer Beschaffenheit. Andernfalls wird die Alterungsprüfung bei geringeren Drücken oder Temperaturen wiederholt.

3 Testing of materials for aging resistance

A sample with known mass is exposed to high pressure oxygen at elevated temperature, usually 25 °C above the intended use temperature, in an autoclave for 100 hours.

Assessment criterion:

The aged sample shall not show substantial changes in mass, autogenous ignition temperature, and appearance. Otherwise, the test has to be repeated at lower pressures or temperatures.

4 Prüfung von Flanschdichtungen in gasförmigem Sauerstoff

Die Prüfapparatur besteht im Wesentlichen aus zwei je etwa 1 m langen Stahlrohren, an die entsprechende Normflansche angeschweißt sind. Unter Verwendung des zu prüfenden Dichtungswerkstoffe in Form einer Scheibe werden die beiden Rohrabschnitte gasdicht geflanscht. Die Apparatur wird mit Sauerstoff bis zum Prüfdruck gefüllt und durch eine entsprechende Heizvorrichtung auf eine Prüftemperatur erwärmt, die mindestens 50 °C unter der Zündtemperatur des zu prüfenden Materials liegt. Unter Verwendung eines elektrischen Glühdrahts wird der ins Rohrinne hineinragende Teil der Dichtungsscheibe dann absichtlich gezündet.

Beurteilungskriterium:

Maßgebend ist bei dieser Prüfung das Verhalten des Dichtungsmaterials nach dessen Zündung. Verbrennt die Dichtung mit einer derartig heißen Flamme, dass der Brand auf den Stahl des Flansches oder sogar auf die Rohrleitung übertragen wird, ist das Material von vornherein ungeeignet. Bei einem positiven Prüfergebnis verbrennen nur die ins Rohrinne hineinragenden Teile der Dichtung ohne zwischen den Flanschen weiterzubrennen. Wird dieses Ergebnis auch bei viermaliger Wiederholung des Versuchs bestätigt, bestehen in sicherheitstechnischer Hinsicht keine Bedenken gegen den Einsatz der Dichtung bis zum Prüfdruck und bis zur Prüftemperatur.

Wird die Flanschverbindung undicht, weil das Dichtungsmaterial zwischen den Flanschen weiterbrennt oder erweicht, muss die Prüfung bei niedrigeren Temperaturen oder Sauerstoffdrücken fortgesetzt werden, bis letztlich bei fünf Versuchen ein positives Prüfergebnis erhalten wird.

4 Testing of flange gaskets for gaseous oxygen service

The test apparatus mainly consists of two steel pipes, each approximately 1 m in length, with corresponding standard flanges welded to each pipe. Both pipes are sealed with a disk of the gasket material to be tested. The test apparatus is then pressurized with oxygen up to the desired test pressure. The flange is heated by heating sleeves up to the test temperature, at least 50 °C lower than the ignition temperature of the gasket material. An electrical filament ignites intentionally that part of the gasket disk that projects into the pipe.

Assessment criterion:

It is decisive how the gasket material behaves after intentional ignition. If the gasket disk burns with such a hot flame that the fire is transmitted to the steel of the flanges or the pipes, the gasket material is considered unsuitable right from the beginning. In a positive test result, only those parts of the gasket disk burn that project into the pipes and the gasket disk does not burn between the flanges. If this test result is confirmed in four additional tests, there are no objections with regard to technical safety to use the gasket material up to the test pressure and test temperature.

If the flange connection leaks because the gasket material burns between the flanges or becomes soft, the test has to be repeated at lower temperatures or pressures until finally a positive result is achieved in five tests.

5 Prüfung des Reaktionsverhaltens von Materialien mit flüssigem Sauerstoff bei mechanischer Einwirkung

In einem Schälchen aus 0,01 mm dickem Kupferblech werden 0,5 g der zerkleinerten, pastösen oder mit Keramikfasern vermischten Probe mit flüssigem Sauerstoff übergossen, bis die Probe vollständig mit Flüssigkeit umgeben ist. Die Probe wird dann der Schlagwirkung eines Fallhammers mit einer Masse von 76,5 kg ausgesetzt, wobei die Fallhöhe und damit die Schlagenergie variiert werden können.

Eine Reaktion der Probe mit dem flüssigen Sauerstoff ist in der Regel an einer Flammenbildung und einem mehr oder weniger deutlichen Explosionsknall erkennbar. Durch Veränderung der Fallhöhe des Hammers wird jene Schlagenergie ermittelt, bei der in einer Folge von zehn Versuchen gerade noch keine Reaktion eintritt.

Beurteilungskriterium:

Falls bei einer Schlagenergie von 125 Nm oder weniger Reaktionen beobachtet werden, gilt das Material erfahrungsgemäß sicherheitstechnisch als ungeeignet für Flüssigsauerstoff-Anlagen.

5 Testing of materials for reactivity with liquid oxygen on mechanical impact

Approximately 0.5 g of the divided, pastied or liquid sample which is mixed with ceramic fibers is placed into a sample cup, made of 0.01 mm copper foil. Liquid oxygen is poured into the cup over the sample until it is immersed in liquid. The sample is then exposed to the mechanical impact of a plummet with a mass of 76.5 kg. The drop height and in this way the impact energy of the plummet can be varied.

A flame and a more or less strong noise of an explosion usually indicate a reaction of the sample with liquid oxygen. In varying the drop height of the plummet, the impact energy, at which no reaction occurs, is determined in a series of ten tests.

Assessment criterion:

The material is not compatible with liquid oxygen, if reactions occur at impact energies of 125 Nm or less.

6 Beispiele für den Prüfungsumfang

Die folgende Tabelle zeigt für einige ausgewählte Anwendungsbereiche, welche Prüfungen erforderlich sind:

Verwendung des Materials als	Zündtemperatur	Sauerstoff Druckstoß	Alterungsbeständigkeit	Flüssigsauerstoff ²	Flansch
Gleitmittel	+ ¹	+		+	
Flanschdichtung					
– Flachdichtung	+ ¹		+ ¹	+	+
– Wellringdichtung, Kammprofildichtung, Spiralringdichtung ³	+		+	+	
Gewindedichtung					
– Band, Garn, Schnur	+ ¹	+	+	+	
– Flüssigkeiten, Pasten	+ ¹	+		+	
Sitzdichtung	+ ¹	+	+	+	
Kolbenring	+	+	+	+	
Füllflüssigkeit					
– für Vakuumpumpen	+				
– für Messgeräte	+	+			

1) bei Betriebstemperaturen über 60 °C 2) nur wenn gewünscht 3) aufgrund der konstruktiven Ausführung der einzelnen Dichtungen ist hier die Flanschprüfung nicht erforderlich

Die maximalen Betriebsbedingungen für ein Material hinsichtlich Druck und Temperatur ergeben sich aus der Gesamtbeurteilung der einzelnen Prüfergebnisse.

6 Examples for scope of testing

The following table shows for some particular fields of application what tests are required:

Intended purpose of material	Autogenous ignition temperature	Gaseous oxygen impact	Aging resistance	Liquid oxygen ²	Flange
Lubricant	+ ¹	+		+	
Flange Gasket					
– Flat Gasket	+ ¹		+ ¹	+	+
– Corrugated Gasket, Grooved Metal Gasket, Spiral Wound Gasket ³	+		+	+	
Thread Sealant					
– Band, Yarn, Cord	+ ¹	+	+	+	
– Liquid, Paste	+ ¹	+		+	
Seat Seal	+ ¹	+	+	+	
Piston Ring	+	+	+	+	
Filling Liquid					
– for Vacuum Pumps	+				
– for Measuring Instruments	+	+			

The maximum use conditions of a material regarding pressure and temperature are the result of the overall assessment that takes into account the results of all separate tests.

7 Normen zu den Untersuchungsmethoden

In Abhängigkeit von den Prüfeinrichtungen und den Prüfparametern werden die Untersuchungen gemäß der genannten Normen oder in Anlehnung an diese durchgeführt.

- > ASTM G 114-14: Standard Practices for Evaluating the Age Resistance of Polymeric Materials used in Oxygen Service
- > ISO 11114-3: Gasflaschen – Verträglichkeit von Flaschen- und Ventilwerkstoffen mit den in Berührung kommenden Gasen
 - Teil 3: Prüfung der Selbstentzündungstemperatur von nichtmetallischen Werkstoffen in Sauerstoffatmosphäre
- > ISO 21010: Kryo-Behälter – Verträglichkeit von Gas mit Werkstoffen

7 Standards of the Test methods

Depending on the test method and the test parameters, the investigations are carried out according to the mentioned standards or based on them.

- > ASTM G 114-14: Standard Practices for Evaluating the Age Resistance of Polymeric Materials used in Oxygen Service
- > ISO 11114-3: Gas cylinders – Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents – Part 3: Autogenous ignition test for nonmetallic materials in oxygen atmosphere
- > ISO 21010: Cryogenic vessels – Gas/materials compatibility

Bildnachweis/Picture Credits

Titelfoto/Cover Picture:

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Unter den Eichen 87

12205 Berlin

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

**Glinkastraße 40
10117 Berlin
Tel.: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de**