

| | | |
|--|---|--------------------------------|
| Bühler Alzenau GmbH  | Sicherheit von Maschinen Sicherheitsmaßnahmen bei Einsatz von Sauerstoff in Vakuumbeschichtungsanlagen | LHH-N 090.302 Seite 1 von 9 |
|--|---|--------------------------------|

1 Geltungsbereich

Diese Werknorm gilt für alle Vakuumbeschichtungsanlagen, in denen Sauerstoff als Prozessgas eingelassen wird.

2 Zweck

Diese Werksnorm regelt das Vorgehen zur Risikobewertung von Sauerstoff in Vakuumbeschichtungsanlagen und legt in Kombination mit dem Ergebnis der Risikobeurteilung angemessene Schutzkonzepte fest.

3 Begriffe und Definitionen

Fomblin® : Markenname für ein Perfluorpolyether, das u. a. als Schmieröl und Füllflüssigkeit eingesetzt wird, z. B. für Vakuumpumpen
 Gleiche Stoffe sind auch unter anderen Markennamen im Handel

Anderol555® Markenname für ein Schmierstoff auf Basis organischer Di-Ester eingesetzt wird, z. B. für Vakuumpumpen
 Gleiches Öl ist auch unter anderen Markennamen im Handel.

4 Gefährdungs- und Risikobeurteilung

4.1 Gefahrenpotenzial

Das Gefahrenpotenzial beim Einsatz von Sauerstoff (O₂) umfasst die nachfolgenden Gefahren- und Gefährdungsaspekte:

- Erhöhung der Brandgefahr bei störungsbedingter Freisetzung pyrophorer Gase (Sauerstoff),
- Bildung und Zündung Gas/Luft- bzw. Nebel/Luft-Gemischen (Brand- und Explosionsgefährdung durch gleichzeitige Anwesenheit brennbarer Gase bzw. oxidierbarer Schmier-/Dichtöle).

Im Zusammenhang mit dem Errichten und Betreiben von Vakuumbeschichtungsanlagen bestehen folgende anlagenspezifische Gefahren:

- unbeabsichtigtes Fluten der Vakuumkammer mit O₂:
 - Gefahr beim Öffnen für das Personal durch brandfördernde Wirkung.
 - Gefahr durch Förderung von O₂ in hoher Konzentration mit ölgedichteten Pumpen.
 - Gefahr durch hohe O₂-Konzentration im Auspuffsystem.

| | | | |
|---------|-----------|--------------------|-----------------------------------|
| Normung | erstellt: | Dr. Stephan Küper | Ausgabe: Mrz.16 |
| | geprüft: | Andreas Zimmermann | 090302_werknorm_o2_kurz v1.0.docx |

| | | |
|--|---|--------------------------------|
| Bühler Alzenau GmbH  | Sicherheit von Maschinen Sicherheitsmaßnahmen bei Einsatz von Sauerstoff in Vakuumbeschichtungsanlagen | LHH-N 090.302 Seite 2 von 9 |
|--|---|--------------------------------|

- Sauerstoffeinlass während des Betriebs der Anlage:
 - Gefahr durch Förderung von O₂ in hoher Konzentration mit ölgedichteten gefüllten Pumpen (→ Gefahr der gefährlichen Oxidation und Selbstentzündung).
 - Gefahr durch hohe O₂-Konzentration im Auspuffsystem.
- Bauteile in der O₂-Versorgung/Verteilung
 - Gefahr der Selbstentzündung an geölten oder gefetteten Bauteilen.

Diese Norm legt fest, wie die folgenden Gefahren, die beim Errichten und Betreiben von Vakuumbeschichtungsanlagen bestehen, zu bewerten und zu vermeiden sind:

- Brand / Explosion bei Überschreiten der Zünd-/Explosionsgrenzen während Prozess oder Fehlerfall in
 - Vakuumkessel
 - Pumpen
 - Abgasleitung
- unbeabsichtigtes Fluten der Vakuumkammer mit Sauerstoff und damit Gefahr beim Öffnen durch Freisetzen großer Mengen brandfördernder Gase.

4.2 Prozess

Sauerstoff wird in verschiedenen Maschinen als Reaktivgas zum Sputtern oder Glimmen verwendet.

5 Sicherheitsmaßnahmen

Alle im Einzelnen anzuwendenden Sicherheitsmaßnahmen ergeben sich aus der Risikobeurteilung. In der Risikobeurteilung werden folgende detaillierte Informationen herangezogen und systematisch bewertet:

- Gefahrstoffdaten von Sauerstoff
 - Zündtemperaturen von Sauerstoff und Pumpen-Füllmitteln
 - Prozessgrenzen
- Anlagenteile und relevante Komponenten
- Prozessfolge im Normalbetrieb
- Vernünftigerweise anzunehmende Fehlerzustände

| | | | |
|---------|-----------|--------------------|-----------------------------------|
| Normung | erstellt: | Dr. Stephan Küper | Ausgabe: Mrz.16 |
| | geprüft: | Andreas Zimmermann | 090302_werknorm_o2_kurz v1.0.docx |

| | | |
|--|---|--------------------------------|
| Bühler Alzenau GmbH  | Sicherheit von Maschinen Sicherheitsmaßnahmen bei Einsatz von Sauerstoff in Vakuumbeschichtungsanlagen | LHH-N 090.302 Seite 3 von 9 |
|--|---|--------------------------------|

Danach werden alle relevanten Anlagenteile und Komponenten in allen möglichen Normal- und Fehlerzuständen untersucht, das Risiko bewertet und die nötigen Maßnahmen und Verantwortlichkeiten festgelegt.

Zur Risikobeurteilung der Gefahren beim Einsatz von Sauerstoff in Vakuum-Beschichtungsanlagen wird das Dokument

„Muster-Risikobeurteilung Sauerstoff.xlt“

herangezogen, ausgefüllt und als zusätzliches Blatt an die Risikobeurteilung der gesamten Anlage angehängt, sofern das aufgrund des Einsatzes von Sauerstoff im Prozess erforderlich ist.

Der Einsatz von Sauerstoff in der Anlage verpflichtet zur o.a. Risikobewertung.

| | | | |
|---------|-----------|--------------------|-----------------------------------|
| Normung | erstellt: | Dr. Stephan Küper | Ausgabe: Mrz.16 |
| | geprüft: | Andreas Zimmermann | 090302_werknorm_o2_kurz v1.0.docx |

Anhang I – Abkürzungen

| | | |
|-----------|---|--|
| ASTM | : | American Society for Testing and Materials |
| ATEX | : | Atmosphères Explosibles |
| barü | : | bar Überdruck |
| BetrSichV | : | Betriebssicherheitsverordnung |
| BG | : | Berufsgenossenschaft |
| BGR | : | Berufsgenossenschaftliche Regel |
| BMAS | : | Bundesministerium für Arbeit und Soziales |
| CGA | : | Compressed Gas Association |
| DGUV | : | Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung |
| DIN | : | Deutsches Institut für Normung |
| DN | : | Nenndurchmesser |
| EU | : | Europäische Union |
| Ex-RL | : | Explosionsschutz-Regeln |
| GB | : | Gasballast |
| g. e. A. | : | gefährliche explosionsfähige Atmosphäre |
| GefStoffV | : | Gefahrstoffverordnung |
| IFA | : | Institut für Arbeitsschutz |
| IPL | : | Ignition Protection Level (Zündschutzniveau) |
| MFC | : | Mass Flow Controller |
| MSR | : | Mess-, Regel- und Steuerungstechnik |
| MZE | : | Mindestzündenergie |
| MZSK | : | maximal zulässige Sauerstoffkonzentration |
| NEX | : | nicht explosionsgefährdet |
| NFPA | : | National Fire Protection Association |
| n. b. | : | nicht bestimmt / nicht bekannt |
| o. c. | : | open cup (offener Tiegel) |
| OEA | : | Oxygen-Enriched Atmosphere |
| OEG | : | Obere Explosionsgrenze |
| PB | : | zulässiger Betriebsüberdruck |
| PFPE | : | Perfluorpolyether |

- PL : Performance Level
- PTB : Physikalisch-Technische Bundesanstalt
- RI-Schema : Rohrleitungs- und Instrumenten-Schema
- SGK : Sauerstoffgrenzkonzentration
- TRBS : Technische Regeln für Betriebssicherheit
- TRGS : Technische Regeln für Gefahrstoffe
- UEG : Untere Explosionsgrenze
- VDI : Verein Deutscher Ingenieure

Anhang II - Quellen / Unterlagen

- [1] Anderol Anderol®-555 product data sheet, Anderol Specialty Lubricants, 2004
- [2] Anderol Anderol555, Sicherheitsdatenblatt gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, Version 1.2, , überarbeitet am 20.03.2014
- [3] ASTM ASTM G63-99: Standard Guide for Evaluating Nonmetallic Materials for Oxygen Service, 1999, reapproved 2007
- [4] ASTM ASTM G 88: Standard Guide for Designing Systems for Oxygen Service, 2013
- [5] ASTM ASTM G 128: Standard Guide for Control of Hazards and Risks in Oxygen Enriched Systems, 2002, reapproved 2008
- [6] BAM Bericht über die Beurteilung einer Füllflüssigkeit für Vakuumpumpen im Sauerstoffbetrieb - ANDEROL 555, Sample BN 100232357, Aktenzeichen: II-783/2009 I, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Juni 2009
- [7] BAM Bericht über die Beurteilung einer Füllflüssigkeit für Vakuumpumpen im Sauerstoffbetrieb – LVO 210, Auftrag: II.1/49614, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, März 2009
- [8] BAM Bericht über die Prüfung einer Füllflüssigkeit für Vakuumpumpen auf Reaktionsfähigkeit mit Sauerstoff - ANDEROL 555, Sample BN 100232357, Aktenzeichen: II-937/2003, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 2003
- [9] BAM Bericht über die Prüfung einer Füllflüssigkeit für Vakuumpumpen auf Reaktionsfähigkeit mit Sauerstoff - ANDEROL 555, Laufzeit 720 h, Aktenzeichen: II-4137/2004, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Januar 2005
- [10] Bartknecht, W. Explosionsschutz, Grundlagen und Anwendung, Springer Verlag 1993
- [11] BGRCI BGI 747: Sicherheitstechnische Kenngrößen Ermitteln und Bewerten, Merkblatt R 003, bisherige ZH 1/316, Stand 03/2005
- [12] BGRCI / DGUV BGR 104 / DGUV Regel 113-001 - Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) - Sammlung technischer Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen, Stand: März 2015
- [13] BGRCI / DGUV DGUV Information 213-073 (bisher BGI 617): Sauerstoff, Merkblatt M 034, Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Juni 2010

| | | | |
|---------|-----------|--------------------|-----------------------------------|
| Normung | erstellt: | Dr. Stephan Küper | Ausgabe: Mrz.16 |
| | geprüft: | Andreas Zimmermann | 090302_werknorm_o2_kurz v1.0.docx |

- [14] BGRCI / DGUV Liste der nichtmetallischen Materialien, die von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zum Einsatz in Anlagenteilen für Sauerstoff als geeignet befunden worden sind, DGUV Information 213-075 (bisher BGI 617-1), M 034-1, Stand März 2014
- [15] BMAS TRBS 2152 / TRGS 720 - Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines, (Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006)
- [16] BMAS TRBS 2152 Teil 1 / TRGS 721 - Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefahr, (Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006)
- [17] BMAS TRBS 2152 Teil 2 / TRGS 722: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, Ausgabe: März 2012 (GMBI. 2012 S. 398-410 [Nr. 22])
- [18] BMAS TRBS 2152 Teil 3: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, (GMBI. Nr. 77 vom 20. November 2009 S. 1583)
- [19] BMAS TRBS 2152 Teil 4: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken, Ausgabe: Februar 2012 (GMBI. 2012 S. 387 [Nr.21])
- [20] BMAS TRBS 2153 - Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (GMBI. Nr 15/16 vom 09.04.2009 S. 278)
- [21] BMAS TRGS 800: Brandschutzmaßnahmen, Ausgabe: Dezember 2010 GMBI 2011 Nr. 2 S. 33-42 (v. 31.1.2011)
- [22] Bühler LEYBONOL LVO 210, EC safety data sheet, version: 2.1.0, Bühler Alzenau GmbH, issued: 05.01.2015
- [23] DIN / CEN DIN EN 1012-2: Kompressoren und Vakuumpumpen - Sicherheitsanforderungen - Teil 2: Vakuumpumpen; Deutsche Fassung EN 1012-2:1996+A1:2009, Dezember 2011
- [24] DIN / CEN DIN EN 1012-3: Kompressoren und Vakuumpumpen - Sicherheitsanforderungen - Teil 3: Prozesskompressoren; Deutsche Fassung EN 1012-3:2013, April 2014
- [25] DIN / CEN DIN EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik; Deutsche Fassung EN 1127-1:2011, Oktober 2011
- [26] DIN / CEN DIN EN 13463-1: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 1: Grundlagen und Anforderungen; Deutsche Fassung EN 13463-1:2009, Juli 2009

| | | | |
|---------|-----------|--------------------|-----------------------------------|
| Normung | erstellt: | Dr. Stephan Küper | Ausgabe: Mrz.16 |
| | geprüft: | Andreas Zimmermann | 090302_werknorm_o2_kurz v1.0.docx |

| | | |
|--|---|--------------------------------|
| Bühler Alzenau GmbH  | Sicherheit von Maschinen Sicherheitsmaßnahmen bei Einsatz von Sauerstoff in Vakuumbeschichtungsanlagen | LHH-N 090.302 Seite 8 von 9 |
|--|---|--------------------------------|

- [27] DIN / CEN DIN EN 13463-6: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen -- Teil 6: Schutz durch Zündquellenüberwachung "b"; Deutsche Fassung EN 13463-6:2005, Juli 2005
- [28] DIN / CEN DIN EN 1797: Kryo-Behälter - Verträglichkeit von Gas/Werkstoffen; Deutsche Fassung EN 1797:2001, Februar 2002
- [29] DIN / CEN / ISO DIN EN ISO 13849-1: Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 13849-1:2008, Dezember 2008
- [30] DIN VDE / CENELEC / IEC DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1): Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen (IEC 60079-14:2013); Deutsche Fassung EN 60079-14:2014, Oktober 2014
- [31] DIN VDE / CENELEC / IEC DIN EN 61511/VDE 0810, Teil 1 bis 3: Funktionale Sicherheit - Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie, Mai 2005
- [32] DGUV BGR 500 - Betreiben von Arbeitsmitteln - Kapitel 2.32: Betreiben von Sauerstoffanlagen, DGUV - Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Stand April 2008
- [33] Edwards Vacuum pump and vacuum systems, safety manual, P400-40-100 Issue D, Edwards High Vacuum International, 2008
- [34] EIGA Bulk liquid oxygen, nitrogen and argon storage systems at production sites, IGC Document 127/04, 2004
- [35] EIGA Fire hazards of oxygen and oxygen enriched atmospheres, IGC Doc 04/09/E, Revision of Doc 04/00/E, EIGA, 2009
- [36] EIGA Oxygen Pipeline and Piping Systems, IGC Doc 13/12/E, Revision of IGC Doc 13/02, EIGA, 2012
- [37] EIGA Safe location of oxygen and inert gas vents, IGC Document 154/09/E, 2009
- [38] EIGA The Safe Design, Manufacture, Installation, Operation and Maintenance of Valves Used in Liquid Oxygen and Cold Gaseous Oxygen Systems, IGC Doc 200/15/E, EIGA, 2015
- [39] HSL / HSE Generation of flammable mists from high flashpoint fluids: Literature review, Research Report 980, Prepared by the Health and Safety Laboratory for the Health and Safety Executive, 2013
- [40] IFA GESTIS: Stoffdatenbank – Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Online-Nutzung
- [41] Jorisch, W. Vakuumentchnik in der Chemischen Industrie, Wiley-VCH, 1999

| | | | |
|---------|-----------|--------------------|-----------------------------------|
| Normung | erstellt: | Dr. Stephan Küper | Ausgabe: Mrz.16 |
| | geprüft: | Andreas Zimmermann | 090302_werknorm_o2_kurz v1.0.docx |

| | | |
|--|---|--------------------------------|
| Bühler Alzenau GmbH  | Sicherheit von Maschinen Sicherheitsmaßnahmen bei Einsatz von Sauerstoff in Vakuumbeschichtungsanlagen | LHH-N 090.302 Seite 9 von 9 |
|--|---|--------------------------------|

- [42] NFPA NFPA 53: Recommended Practice on Materials, Equipment, and Systems Used in Oxygen-Enriched Atmospheres, 2011 Edition
- [43] NFPA NFPA 68: Guide for Venting of Deflagrations, 2013 Edition
- [44] NFPA NFPA 69: Standard on Explosion Prevention Systems, 2014 Edition
- [45] Oerlikon Sicherheit von Vakuumpumpen und Pumpsystemen, Sicherheitsinformationen (300314311_001_A0), Oerlikon Leybold Vacuum GmbH, März 2010
- [46] OSHA Code of Federal Regulations, Title 29 CFR Part 1915.11 (OSHA), Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, DC. / <http://www.gpo.gov>
- [47] PTB Safety Characteristic Data - Volume 1: Flammable Liquids and Gases, 2nd, ext. edition, Wirtschaftsverlag NW, 2008
- [48] PTB Zündtemperaturen binärer Gemische bei erhöhten Ausgangsdrücken, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Dezember 2005
- [49] Ripper, L.J. Sicherheitstechnische Aspekte beim Bau und Betrieb wichtiger Verdichterbauarten, Fachbeitrag in Handbuch Verdichter – Teil II Vakuumpumpen, 1. Ausgabe, Vulkan-Verlag Essen, 1990
- [50] Solvay Perfluorpolyether - FOMBLIN® Y, M und Z Öle + FOMBLIN® Fette, Technische Information, Ausgabe 01/04, Solvay Solexis, 2004
- [51] Solvay FOMBLIN(R) Y LVAC, Safety Data Sheet according to Regulation (EC) No. 1907/2006, Solvay Solexis, version 1.3, Issuing date: 05.10.2009
- [52] Steen, H. Handbuch des Explosionsschutzes, Wiley-VCH Verlag 2000
- [53] Ullmann Lubricants and Lubrication, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Online Edition - DOI: 10.1002/14356007.a15 423, 2005
- [54] VDI / VDE VDI/VDE 2180, Blatt 1 bis 5: Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Prozessleittechnik (PLT), April 2007 (Blatt 1 bis 3) / Mai 2010 (Blatt 5) / Juli 2010 (Blatt 4), Juni 2013 (Blatt 6)

| | | | |
|---------|-----------|--------------------|-----------------------------------|
| Normung | erstellt: | Dr. Stephan Küper | Ausgabe: Mrz.16 |
| | geprüft: | Andreas Zimmermann | 090302_werknorm_o2_kurz v1.0.docx |