

# Sicherheit von Sauerstoffsystemen

Die Auslegung und der Betrieb von Sauerstoffsystemen liegen in der Verantwortung der Betreiber, die fachgerechte Hilfe einholen müssen, um den sicheren Umgang mit Sauerstoff zu gewährleisten.

## Umfang

Dieser technische Bericht gibt einen Überblick hinsichtlich der speziellen Vorkehrungen, die für eine sichere Handhabung von Sauerstoff notwendig sind. Er beruht auf Informationen aus den vielen Quellen, die über die aufgeführten Verlage erhältlich sind, und soll als Service für unsere Kunden betrachtet werden. Wir sind weder Experten für Sauerstoff noch technische Berater.

## Gefahren

Sauerstoff stellt eine Brandgefahr dar, da es die Verbrennung fördert. Es ist allgemein bekannt, welche Auswirkungen Feuer bei normaler Luft hat, die nur 21 % Sauerstoff enthält. Eine Erhöhung der Sauerstoffkonzentration über 21 % hinaus erhöht die Brandgefahr erheblich. Viele Werkstoffe, die in der Atmosphäre nicht brennbar sind, brennen in einer mit Sauerstoff angereicherten Atmosphäre. Brennbar Werkstoffe lassen sich leichter entzünden und brennen schneller und heißer. Feuer breiten sich schneller aus, oft mit scheinbar explosiven Ergebnissen. Zündquellen, die in normaler Luft keine Auswirkung haben, können in Sauerstoffsystemen kritisch sein.

## Feuer in Sauerstoffsystemen

Drei Elemente werden benötigt um einen Brand auszulösen: Sauerstoffträger, Brennstoff und Zündenergie. Brände in Umgebungsluft können verhindert werden, wenn eines der drei Elemente entfernt wird, sie sind jedoch in einem Sauerstoffsystem untrennbar. Der Sauerstoff ist im System eingeschlossen, üblicherweise unter erheblichem Druck. Die Ventile, Druckregler, Rohrleitungen, Rohrverschraubungen und andere Bauteile, die Sauerstoff enthalten, sind der Brennstoff. Die Zündenergie kommt aus dem System, oft über Mechanismen, die unter anderen Umständen keine Zündung verursachen. Deshalb kann die Brandgefahr in Sauerstoffsystemen nicht eliminiert, sondern nur durch ein Risikomanagement auf der Grundlage einer sorgfältigen Analyse der Gefahren und Risiken vermieden werden. Systemauslegung, Bauteilwahl, Werkstoffwahl, Herstellungsmethoden sowie Betrieb und Wartung der Anlage müssen sorgfältig für jeden speziellen Anwendungszweck entwickelt bzw. gewählt werden.

## Entflammungskette

Die Entflammungskette beginnt, wenn eine geringe Menge Energie in einem System abgegeben wird und sich ein Werkstoff mit einer niedrigen Zündtemperatur oder ein Teilchen mit einer kleinen Masse und einer großen Oberfläche entzündet. Sobald ein kleines Objekt entzündet wurde, entzündet die Hitze, die es generiert, größere Objekte mit höherer Zündtemperatur, die ihrerseits noch mehr Hitze generieren. Der Brand wird selbsterhaltend. Im Folgenden werden vier übliche Zündmechanismen beschrieben:

## Mechanischer Aufprall

Wenn ein Objekt mit einem anderen zusammenprallt, wird am Aufschlagort Hitze erzeugt, so zum Beispiel wenn ein Hammer auf eine Oberfläche trifft. Die bei diesem mechanischen Aufprall erzeugte Hitze kann als Zündquelle wirken. In einem Sauerstoffsystem kann ein mechanisches Bauteil abbrechen und einen unter Druck stehenden Behälter treffen. Beim Aufprall entsteht Hitze. Wenn die Oberfläche des Behälters mit Öl verschmutzt war, kann das Öl gezündet werden und die Entflammungskette auslösen.

## Aufprall von Teilchen

Im Sauerstoffstrom können kleine Teilchen oft mit hoher Geschwindigkeit mittransportiert werden. Wenn ein solches Teilchen auf eine Oberfläche im System prallt, wird die Aufprallenergie als Hitze abgegeben. Wegen ihrer kleinen Masse werden die Teilchen heiß genug, um größere Objekte zu entzünden.

## Reibung

Wenn zwei feste Werkstoffe aneinander reiben, erzeugen sie Hitze, die andere Werkstoffe entzünden kann.

## Druckerhitzung

Wenn ein Gas aus einer Öffnung aus einem Bereich hohen Drucks in einen Bereich niedrigen Drucks strömt, dehnt es sich aus und kann dabei Schallgeschwindigkeit erreichen. Wird das Gas blockiert, verdichtet es sich wieder zu seinem Ursprungsdruck und erhitzt sich. Je größer der Druckunterschied, desto größer die Gastemperatur. Dieser Effekt ist jedem bekannt, der einen Fahrradreifen aufgepumpt hat. Während der Druck im Reifen ansteigt, wird die Pumpe heißer. In einem Sauerstoffsystem kann die Sauerstofftemperatur hoch genug sein, um die Entzündungskette auszulösen.

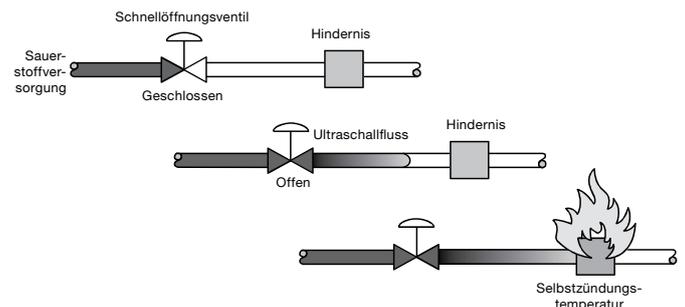


Abb. 1

Ein typisches Beispiel für Druckerhitzung (Abb. 1) tritt in einem Sauerstoffsystem auf, wenn ein Ventil (insbesondere ein schnell öffnender Kugelhahn oder Kükenhahn) schnell geöffnet wird und der Gasstrom den Sauerstoff flussabwärts gegen ein Hindernis komprimiert. Geschlossene Ventile oder Druckregler sind offensichtliche Hindernisse. Oft ist das Hindernis jedoch nicht so offensichtlich, da es sich im Ventil selbst befinden kann. Das Hindernis kann an einem Ventilsitz sein, der gerade geöffnet wird, oder am Ausgang eines teilweise geöffneten Reglers bzw. an einer anderen kleinen Öffnung. Auch kann der Gasstrom im Winkel einer Winkelverschraubung behindert werden.

Die Entflammungskette kann ausgelöst werden, wenn der Gasstrom feine Teilchen enthält oder die Druckerhitzung an einem Polymerventilsitz, einer Elastomerdichtung oder einer Oberfläche, die mit Schmiermittel oder einem organischen Material verschmutzt ist, auftritt. Solche Werkstoffe können ihrerseits eine kleine Feder, eine dünne Membran oder ein Filter entzünden und zu einem selbsterhaltenden Feuer führen. Das ASTM-Video „Oxygen Safety“ beschreibt den Mechanismus der Druckerhitzung, einer häufigen, aber oft übersehenen Ursache von Sauerstoffbränden.

## Vermeiden von Sauerstoffbränden

Es ist nicht einfach, alle diese Zündquellen und möglichen Brandursachen zu erkennen und zu identifizieren. NFPA 53 führt eine Reihe von ernststen Sauerstoffsyste mbränden auf, die in vielen Branchen und Anwendungen aufgetreten sind, zusammen mit Hinweisen zu ihrer Auslösung und Verhinderung. ASTM G128 behandelt diese Gefahren, die zu berücksichtigenden konstruktiven Punkte und Zündquellen sehr tiefgehend, während G88 und das Handbuch MNL36 Auslegungsvorschläge machen. Der Technischulungskurs ASTM G4, „Controlling Fire Hazards in Oxygen Handling Systems“ (Handhaben der Brandgefahren in Sauerstoffsyste men“) liefert detaillierte Anweisungen zur Gefahrenanalyse und dem Risikomanagement für Sauerstoffsyste me und lehrt den Einsatz der vielen verfügbaren Werkzeuge und Informationsquellen.

Jede dieser Veröffentlichungen und viele weitere richten ihr Augenmerk auf die Hauptpunkte bei der Sauerstoffbrandverhinderung:

- Auslegung, Betrieb und Wartung der Anlage
- Bauteil auswahl
- Herstellung der Anlage
- Betrieb und Wartung der Anlage
- Sauberkeit der Anlage
- Kompatibilität der Schmiermittel
- Kompatibilität von Polymeren und anderen Nichtmetallen
- Kompatibilität von Metallen

Die Erste und wichtigste Regel für einen sicheren Umgang mit Sauerstoff: *Einen Fachmann fragen*. Die ASTM-Normen für Sauerstoffsyste me definieren Fachleute wie folgt:

*Qualifizierte technisch ausgebildete Personen* wie zum Beispiel Techniker oder Chemiker, die infolge ihrer Ausbildung, Schulung oder Erfahrung wissen, wie die physikalischen und chemischen Prinzipien anzuwenden sind, die bei Reaktionen zwischen Sauerstoff und anderen Werkstoffen auftreten.

Obwohl Sauerstoffsyste me ernste und ungewöhnliche Gefahren darstellen, werden sie im industriellen Umfeld sicher eingesetzt, da die Verletzungs- und Schadensrisiken gehandhabt und gesteuert werden können.

Das Wissen und die notwendige Technik sind gut eingeführt und dokumentiert. Sie sind über viele öffentlich zugängliche Ressourcen erhältlich. Einige davon sind in dieser Druckschrift aufgeführt. Der ASTM-Schulungskurs „Controlling Fire Hazards in Oxygen Handling Systems“ (Handhaben der Brandgefahren in Sauerstoffsyste men“) lehrt die Grundlagen der Sicherheit von Sauerstoffsyste men für System- und Ausrüstungsausleger, Einkäufer und Anwender. Personen, die sich mit dem Einsatz von Sauerstoff in irgendeiner Anwendung beschäftigen, sollten diese verfügbaren Informationsquellen nutzen.

## Literatur

Hinweis: Die Literatur liegt im Regelfall in Englisch vor. Die Übersetzungen der Titel dienen als Hilfe für den deutschen Leser.

**National Fire Protection Association, Inc.**  
**1 Batterymarch Park, Box 9101, Quincy, MA 02269-9101 USA**  
**www.nfpa.org**

NFPA 53 Recommended Practice on Materials, Equipment and Systems Used in Oxygen-Enriched Atmospheres [Empfohlene Praktiken bei Werkstoffen, Ausrüstung und Systemen, die in sauerstoffangereicherten Atmosphären eingesetzt werden]

**ASTM**  
**100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428-2959**  
**www.astm.com**

ASTM G128 Standard Guide for Control of Hazards and Risks in Oxygen Enriched Systems [Leitfaden für die Kontrolle von Gefahren und Risiken in sauerstoffangereicherten Systemen]

ASTM G88 Standard Guide for Designing Systems for Oxygen Service [Leitfaden zur Auslegung von Systemen für den Sauerstoffbetrieb]

ASTM G-4 Standard-Technischulungskurs „Controlling Fire Hazards in Oxygen Handling Systems“ [Beherrschen von Brandgefahren in Sauerstoffhandhabungssystemen.]

ASTM-Video “Oxygen Safety” [Sicherheit bei Sauerstoff]

*Safe Use of Oxygen and Oxygen Systems: Guidelines for Oxygen System Design Materials Selection, Operations, Storage, and Transportation, Manual MNL36; H.D. Beeson, W.F. Stewart and S.S. Woods, Eds. 2000 [Sicherer Einsatz von Sauerstoff und Sauerstoffsyste men: Richtlinien für Werkstoffauswahl, Betrieb, Lagerung und Transport bei Sauerstoffsyste men]*

## Weitere Literatur

Im Folgenden finden sich zusätzlich Informationsquellen zu Sauerstoffsyste men, aufgeführt nach Verleger. Für aktuelle Listen der Druckschriften über den sicheren Einsatz von Sauerstoff, den jeweiligen Verleger kontaktieren.

**American National Standards Institute**  
**11 W. 42nd St., New York, NY 10036** **www.ansi.org**

ANSI/ASME B31.3 Process Piping Piping [Rohrleitungen für die Verfahrenstechnik]

**ASTM**  
**100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428-2959**  
**www.astm.com**

ASTM zusammenstellung: *Standards Related to Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres* PCN 03.704097.31. [Normen bezüglich der Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären] Diese Zusammenstellung enthält alle Normen, die bis zur Drucklegung durch ASTM in Bezug auf die Sicherheit im Umgang mit Sauerstoff veröffentlicht worden sind.

ASTM *Annual Book of Standards*, Volume 00.01, Subject Index; Alphanumeric List  
 Dieses Jahressinhaltsverzeichnis für Normen führt alle Normen auf, die im Ausgabejahr veröffentlicht wurden, einschließlich derjenigen, die in der oben aufgeführten Zusammenstellung noch nicht enthalten sind.

*Alternatives to Chlorofluorocarbon Fluids in the Cleaning of Oxygen and Aerospace Systems and Components*, STP 1181, C.J. Bryan and K. Gebert-Thompson, Ed., 1993 [Alternativen zu FCKWflüssigkeiten bei der Reinigung von Sauerstoff- sowie Luft- und Raumfahrttechnischen Systemen und Bauteilen.]

- Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*, STP 812, B.L. Werley, Ed., 1983  
[Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären]
- Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*, Vol. 2, STP 910, M.A. Benning, Ed., 1986  
[Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären]
- Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*, Vol. 3, STP 986, D.W. Schroll, Ed., 1988  
[Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären]
- Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*, Vol. 4, STP 1040, J.M. Stoltzfus, F.J. Benz, and J.S. Stradling, Ed., 1989 [Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären]
- Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*, Vol. 5, STP 1111, J.M. Stoltzfus and K. McIlroy, Ed., 1991 [Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären]
- Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*, Vol. 6, STP 1197, D.D. Janoff and J.M. Stoltzfus, Ed., 1993 [Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären]
- Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*, Vol. 7, STP 1267, D.D. Janoff, W.T. Royals, and M.V. Gunaji, Ed., 1995 [Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären]
- Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*, Vol. 8, STP 1319, W.T. Royals, T.C. Chou, and T.A. Steinberg, Ed., 1997 [Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären]
- Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*, Vol. 9, STP 1395, T.A. Steinberg, B.E. Newton, and H.D. Beeson, Ed., 2000 [Entflammbarkeit und Empfindlichkeit von Werkstoffen in sauerstoffangereicherten Atmosphären]

**American Welding Society****550 NW Lejeune Rd., Box 351040, Miami, FL 33135****www.aws.org**

- AWS Z49.1 Safety in Welding and Cutting and Allied Processes  
[Sicherheit bei Schweißen, Brennen und Artverwandte Prozesse]

**Compressed Gas Association, Inc.****1725 Jefferson Davis Highway, Suite 1004****Arlington, VA 22202****www.cganet.com**

- CGA Video AV-8 *Characteristics and Safe Handling of Cryogenic Liquid Gaseous Oxygen* [Merkmale und sichere Handhabung von flüssigen/gasförmigem Sauerstoff bei Tieftemperatur]
- CGA G-4 Oxygen [Sauerstoff]
- CGA G-4.1 Cleaning Equipment for Oxygen Service  
[Reinigungs-ausrüstung für Sauerstoff-Einsatz]
- CGA G-4.4 Industrial Practices for Gaseous Oxygen Transmission and Distribution Piping Systems [Industriepraktiken für Transport und Verteilungsleitungen für gasförmigen Sauerstoff]
- CGA P-39 Oxygen-Rich Atmospheres [Sauerstoffreiche Umgebung].  
*Handbook of Compressed Gases*, 3rd ed., 1989 [Handbuch für Druckgase]

**European Industrial Gas Association (EIGA)****Publication de la Soudure Autogene****32 Boulevard de la Chapelle, 75880 Paris Cedex 18, France****email: info@eiga.org**

- EIGA 33/86/E Cleaning of Equipment for Oxygen Service [Reinigung von Ausrüstung für Sauerstoffeinsatz]
- EIGA 6/77 Oxygen Fuel Gas Cutting Machine Safety [Sicherheit von Sauerstoffgasschneidmaschinen]
- EIGA 8/76/E Prevention of Accidents Arising from Enrichment or Deficiency of Oxygen in the Atmosphere [Verhinderung von Unfällen im Zusammenhang mit der Anreicherung an oder dem Mangel von Sauerstoff in der Atmosphäre]
- EIGA 13/82 The Transportation and Distribution of Oxygen by Pipelines. Recommendations for Design, Construction and Maintenance [Transport und Verteilung von Sauerstoff über Rohrleitungen. Empfehlung zur Auslegung, Aufstellung und Wartung]

**Factory Mutual Engineering Corp.****Box 9102, Norwood, MA 02062** **www.affiliatedfm.com****National Fire Protection Association, Inc.****1 Batterymarch Park, Box 9101, Quincy, MA 02269-9101****www.nfpa.org**

- NFPA 51 Standard for the Design and Installation of Oxygen-Fuel Gas Systems for Welding, Cutting, and Allied Processes [Norm für die Auslegung und Einrichtung von Sauerstoffgas-Brennstoffsystemen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren]
- NFPA 51B Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting and Other Hotwork [Norm für die Verhütung von Bränden beim Schweißen, Schneiden und anderen Warmbearbeitungsverfahren]
- NFPA 55 Standard for Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and Tanks [Norm für Lagerung, Benutzung und Handhabung von komprimierte Gase und Kryogene Flüssigkeiten in transportable und stationäre Zylinder].
- NFPA 99 Standard for Health Care Facilities [Norm für Gesundheitseinrichtungen]
- NFPA *Health Care Facilities Handbook* [Handbuch für Gesundheitseinrichtungen]

**National Technical Information Service****5285 Port Royal Rd., Springfield, VA 22161****www.ntis.gov**

- NASA *Safety Standard for Oxygen and Oxygen Systems—Guidelines for Oxygen System Design, Materials Selection, Operations, Storage, and Transportation*.  
288 p., 1 January 1996.  
NTIS Order Number: N96-24534/5INZ.  
[NASA Sicherheitsnorm für Sauerstoff und Sauerstoffsysteme – Richtlinien für Sauerstoffsystemauslegung, Werkstoffauswahl, Betrieb, Lagerung und Transport.] 288 S., 1 Januar 1996. NTIS Bestellnummer: N96-24534/5INZ.

**NASA Technical Report Server****http://techreports.larc.nasa.gov/cgi-bin/NTRS****Underwriters Laboratories, Inc.****333 Pfingsten Rd., Northbrook, IL 60062****www.ul.com**

**Vorsicht: Verwenden Sie niemals Kombinationen aus Teilen anderer Hersteller, und tauschen Sie keine Teile gegen solche anderer Hersteller aus.**

## Über dieses Dokument

Vielen Dank für das Herunterladen dieses elektronischen Kataloges. Es ist ein Kapitel eines größeren gedruckten Buches –dem Swagelok Produkt Katalog. Elektronische Dateien wie diese werden aktualisiert wenn neue oder überarbeitete Informationen verfügbar sind und können so aktueller als die gedruckte Version sein.

Die Swagelok Company ist ein wichtiger Entwickler und Hersteller von Fluidsystemlösungen, die Produkte, Bauteile und Dienstleistungen für die Forschung, Instrumentierung sowie die Industriezweige Biopharmazie, Öl- und Gasgewinnung, Petrochemie, alternative Kraftstoffe und Halbleiter umfassen. Mit seinen Werken für Produktion, Forschung, Service und Vertrieb unterstützt Swagelok ein weltweites Netzwerk von über 200 autorisierten Vertriebs- und Servicezentren in 57 Ländern.

Auf der Swagelok Website können Sie Ihre autorisierte Swagelok Vertriebsniederlassung finden. Dort erhalten Sie Antworten auf Ihre Fragen bezüglich Produkteigenschaften, technischen Daten, Bestellnummern und allen weiteren Produktinformationen. Auf dieser Seite erfahren Sie auch mehr über den weiten Bereich der Serviceleistungen, die Sie exklusiv bei den Swagelok Vertriebs- und Servicecentern erhalten können.

### Sichere Produktauswahl:

**Bei der Auswahl von Produkten muss das gesamte Systemdesign berücksichtigt werden, um eine sichere, störungsfreie Funktion zu gewährleisten. Der Systemdesigner und der Benutzer sind für Funktion, Materialverträglichkeit, entsprechende Leistungsdaten und Einsatzgrenzen sowie für die vorschriftsmäßige Handhabung, den Betrieb und die Wartung verantwortlich.**

## Garantieinformationen

Swagelok Produkte fallen unter die eingeschränkte Swagelok Nutzungsdauergarantie. Für eine Kopie besuchen Sie bitte die Swagelok Website oder kontaktieren Sie Ihre autorisierte Swagelok Vertretung.

Swagelok, Ferrule-Pak, Goop, Hinging-Colleting, IGC, Kenmac, Micro-Fit, Nupro, Silver Goop, Snoop, SWAK, VCO, VCR, Ultra-Torr, Whitey—TM Swagelok Company  
Aflas—TM Asahi Glass Co., Ltd.  
ASCO, El-O-Matic—TM Emerson  
AutoCAD—TM Autodesk, Inc.  
CSA—TM Canadian Standards Association  
CR-288—TM Jetaion Solutions, Inc.  
Dyneon, TFM—TM Dyneon  
Elgiloy—TM Elgiloy Limited Partnership  
FM—TM FM Global  
Grafoil—TM GrafTech International Holdings, Inc.  
Kalrez, Krytox, Viton—TM DuPont  
MAC—TM MAC Valves, Inc.  
Membralox—TM Pall Corporation  
Microsoft, Windows—TM Microsoft Corp.  
PH 15-7 Mo, 17-7 PH—TM AK Steel Corp  
picofast—Hans Turck KG  
Pillar—TM Nippon Pillar Packing Company, Ltd.  
Rapid Tap—TM Relton Corporation  
Raychem—Tyco Electronics Corp.  
SAF 2507—TM Sandvik AB  
Simriz—TM Freudenberg-NOK  
SolidWorks—TM SolidWorks Corporation  
Torlon—TM Amoco Performance Products, Inc.  
Torx—TM Textron, Inc.  
UL—Underwriters Laboratories, Inc.  
Xylan—TM Whitford Corporation