

1. Geltungsbereich

Diese Werknorm gilt für alle Anlagen, in die Sauerstoff (O₂)¹⁾ eingelassen wird.

Als Grenzwerte für die O₂-Konzentration zwischen Rootspumpe und Auspuffsystem werden 25 % im Dauerbetrieb, kurzzeitig 30%, festgelegt.

2. Zweck

Diese Werksnorm soll auf Gefahren beim Einlass von Sauerstoff (O₂) hinweisen und Maßnahmen zur deren Beseitigung / Minimierung festlegen.

Mögliche Gefahren sind:

- **unbeabsichtigtes Fluten der Vakuumkammer mit O₂**
 - Gefahr beim Öffnen für das Personal durch brandfördernde Wirkung.
 - Gefahr durch Förderung von O₂ in hoher Konzentration mit Mineralöl gefüllten Pumpen.
 - Gefahr durch hohe O₂ - Konzentration im Auspuffsystem.
- **Sauerstoffeinlass im Betrieb der Anlage**
 - Gefahr durch Förderung von O₂ in hoher Konzentration mit Mineralöl gefüllten Pumpen.
 - Gefahr durch hohe O₂ - Konzentration im Auspuffsystem.
- **Bauteile in der O₂ - Versorgung / Verteilung**
 - Gefahr der Selbstentzündung an geölten oder gefetteten Bauteilen.

3. Erläuterung / Beispiele zur Gefährdung

Das Öffnen einer mit Sauerstoff (Konzentration > 25 %) gefluteten Kammer stellt eine potentielle Gefahr dar. Eine Brandentzündung/-förderung kann sowohl unmittelbar, als auch zeitlich verzögert auftreten. Eine Anreicherung von O₂ im Gewebe der Kleidung findet (ohne Anzeichen) sehr schnell statt und hält längere Zeit an. Somit ist eine Entzündung (z.B. beim Anstecken einer Zigarette) zeitverzögert möglich.

Weitere Gefahren entstehen bei der Förderung von O₂ durch mögliche Reaktion des Sauerstoffs mit dem heißen Pumpenöl bzw. mit Ölen und Fetten an Bauteilen in der O₂ - Versorgung / Verteilung. Als gefährdete Bereiche sind der Ölkasten, das Auslassventil, das Auspuffsystem, Rohrleitungen, Ventile und Regler zu betrachten, da hier sowohl hohe Drücke als auch Ölnebel oder Fette vorhanden sind.

4. Sicherheitsmaßnahmen:

Die Richtlinien und Vorschriften aus:

- Berufsgenossenschaft Chemie Merkblatt M 034: Umgang mit Sauerstoff
- EG-Sicherheitsdatenblatt nach TRGS 220

sind in dieser Werknorm berücksichtigt.

¹⁾ "Sauerstoff" umfasst reinen Sauerstoff und Sauerstoff/Inertgas-Gemische mit >25 Vol.% O₂.

Normung	Bearbeitet: Roese	Ausgabe				090215.doc
	Geprüft:	Nov. 02	Juni 05			

4.1 Gegen unbeabsichtigtes Fluten der Kammer

Ansatz (Worst-case Betrachtung)

- Bei einem O₂ - Druck $\leq 0,1\text{mbar}$ in der Vakuumkammer können mit keinen anderen Gasen zündfähige Gemische entstehen.
- Eine Kammer mit $\leq 0,1\text{mbar}$ O₂ kann gefahrlos evakuiert werden, wenn der Luft-Gasballast der Vorpumpe $\Rightarrow 2\%$ des Nennsaugvermögens S_{Nenn} ist.

Dieser Wert ergibt sich unter folgenden Annahmen:

- beliebig großes Kammervolumen
- kurzzeitig (d.h. während des Evakuierens) zugelassene O₂ - Konzentration im Ölkasten : 30%
- Verdichtungsverhältnis der Rootspumpen (zweistufig): 35

Berechnungsgrundlage:

- O₂ - Fluss an Vorpumpe: $35 \times 0,1\text{mbar} \times S_{\text{Nenn}}$
- Zur Sicherstellung einer O₂ - Konzentration $\leq 30\%$ muss der Luft-GB-Fluss dem 7-fachen dieses O₂ - Flusses entsprechen
- Der Luft-GB-Fluss ist $1000\text{mbar} \times \%GB \times S_{\text{Nenn}}$
- Hieraus ergibt sich $\%GB \sim 2\%$

Vorgehensweise:

Der Anlagendruck wird durch 2 unabhängige Messgeräte überwacht (z.B. Pirani, Trigger 0,1 mbar). In der O₂-Versorgung sind 2 in Reihe geschaltete Absperrventile vorzusehen, wobei 1 Absperrventil die Sicherheitsfunktion übernimmt und hardwaremäßig von dem Trigger 0,1 mbar angesteuert wird.

Voraussetzung: Luft-GB der Vorpumpe $\Rightarrow 2\%$ des Nennsaugvermögens

- ↳ Sobald 0,1 mbar überschritten werden wird der O₂-Fluß abgeschaltet.
- ↳ Durch einen einfachen Fehler kann kein O₂-Druck von $p > 0,1\text{ mbar}$ in der Anlage entstehen.

Folgende Hinweise in die Dokumentation aufnehmen:

1. Bei längerem Stillstand ($> \text{eine Woche}$) der Anlage kann es durch die Leckrate der Absperrorgane zum Fluten der Anlage mit reinem Sauerstoff kommen. Um dies auszuschließen, ist kundenseitig die Anlage von der Sauerstoffversorgung zu trennen, wenn die Anlage längere Zeit stillgelegt werden soll.
2. Absperrrichtungen für Sauerstoff mit Sicherheitsfunktion, die selten betätigt werden, sind regelmäßig, entsprechend den Betriebserfahrungen, auf Funktionsfähigkeit zu prüfen.

Normung	Bearbeitet: Roese	Ausgabe			090215.doc
	Geprüft:	Nov. 02	Juni 05		

4.2 Gasballast bei Betrieb der Anlage mit Sauerstoff

Entfällt bei Fomblin oder Anderol 555 gefüllten Vorpumpen, wenn im Auspuffsystem Öle, Fette und andere zündfähige Gemische ausgeschlossen werden können. Ist dies nicht sicherzustellen (z.B. Einleitung in eine Sammelleitung), muss mit Gasballast gearbeitet werden.

Anderol 555 ist nach einer Prüfung durch die BAM (Prüfbericht II-4137/2004) freigegeben, wenn ein regelmäßiges Ölwechselintervall eingehalten wird. Erforderlich wird ein Ölwechsel, nachdem 10.000 bar l Sauerstoff gepumpt wurden; dies entspricht bei einer typischen Bühler Alzenau-Anlage einem jährlichen Ölwechsel bei einem 3-Schicht-Betrieb.

4.2.1 Stickstoff (N₂)-Gasballast

Mit N₂-GB ist es möglich, die O₂ - Konzentration auf den unkritischen Wert < 25% zu verdünnen.

Dazu muss der N₂-Fluss 3 mal so groß wie der O₂-Fluss sein.

4.2.2 Luft Gasballast

Die maximale zulässige O₂-Konzentration 25% wird ab einem GB-Verhältnis von 20 unterschritten. Der GB-Fluss muss also um mindestens Faktor 20 größer bemessen werden, als der maximal einstellbare O₂-Fluss.

4.2.3 Einstellung des Gasballast-Flusses

Der max. einstellbare O₂ Fluss ist durch Addition sämtlicher O₂ Flüsse (Nennwerte der Maßflowcontroller) zu ermitteln.

Der mindestens erforderliche GB ergibt sich dann aus

$$GB - Luft \Rightarrow 20 \times O_2 \text{ Fluss}$$

$$GB - N_2 \Rightarrow 3 \times O_2 \text{ Fluss}$$

Ist der GB der Pumpe größer kann er mittels Blende auf 2% des Nennsaugvermögens (siehe P. 4.1) gedrosselt werden.

Tabelle 1

Pumpe	S _{Nenn} Nm ³ /h	Luft-Gasballast		Max. O ₂ Fluss sccm
		bei Blende Ø	Nm ³ /h	
D65B	65	Ohne	?	?
		2,00	1,92	1.600
		1,65	1,3 (2% S _{Nenn})	1.100
SV300 Standard GB	250	Ohne	6,5	5.400
		3,50	5,9	4.900
		3,22	5 (2% S _{Nenn})	4.150
SV630F	630	Ohne	18	15.000
		5,50	14,5	12.100
		5,12	12,6 (2% S _{Nenn})	10.500

Normung	Bearbeitet: Roese	Ausgabe				090215.doc
	Geprüft:	Nov. 02	Juni 05			

4.2.4 Überwachung des Gasballast-Flusses

Ansatz: Ist der GB-Fluss kleiner als der Sollwert, wird die O₂-Zufuhr abgesperrt.

Vorgehensweise:

In der O₂-Versorgung sind 2 in Reihe geschaltete Durchflusswächter vorzusehen, wobei 1 Durchflusswächter die Sicherheitsfunktion übernimmt und hardwaremäßig die O₂ -Zufuhr unterbricht.

Abschaltverzögerung :

Unter bestimmten Bedingungen erscheint es sinnvoll, die O₂-Versorgung nicht sofort zu unterbrechen, wenn kein Gasballast fließt :

Um eine ungewollte Prozessunterbrechung zu vermeiden, ist es zulässig, wenn der Grenzwert des Durchflusses unterschritten wird, zunächst nur eine Warnung auszugeben, um dem Operator die Möglichkeit zu geben, den Fehler zu beheben.

Die hierfür zulässige Zeit ergibt sich aus dem max. möglichen O₂-Fluss (Flowcontroller) und dem Volumen des Ölkastens der Vorpumpe.

Kriterium: die O₂-Konzentration im Ölkasten darf 30 % nicht überschreiten. Ausgehend von GB-Betrieb und einem damit verbundenen 25% O₂-Anteil im Ölkasten darf der O₂-Anteil also um 5% zunehmen.

Tabelle 2

Pumpe	Völkasten ** [l]	zulässige O ₂ - Menge [l] *	O ₂ -Fluß [sccm] *	Verzögerungs- zeit [s]
D65 B	3,3	0,167	100	100,0
			1.000	10,0
SV 300	27,0	1,4	300	270,0
			3.000	27,0
SV 630	88,4	4,4	1.000	265,0
			10.000	27,0

* Normvolumen nach DIN 1343

** Freies Volumen SV300 = 44 l –12,2 l -15% Sicherheitsabschlag = 27,0 l
Freies Volumen SV630F = 142 l –38 l -15% Sicherheitsabschlag = 88,4 l

Das freie Volumen des Ölkastens wurde aus dem Volumen des Ölkastens minus maximaler Ölfüllung berechnet.

Die obige Betrachtung geht davon aus, dass die Pumpe vorher O₂ gefördert hat und sich im freien Volumen der Pumpe eine Konzentration von maximal 25% O₂ befindet.

Normung	Bearbeitet: Roese	Ausgabe				090215.doc
	Geprüft:	Nov. 02	Juni 05			

4.3 Bauteile in der O₂ - Versorgung / Verteilung

Es dürfen nur Bauteile und Materialien verwendet werden, die für den Betrieb mit Sauerstoff¹⁾ zugelassen sind.

Auf Öl- und Fettfreiheit ist zu achten!

Notwendige Reinigungsmaßnahmen sind in der Zeichnung anzugeben
(z.B. HV1 LHH-N 120.002 gereinigt).

Kennzeichnung nach DIN 2403

Schilder, Aufkleber oder Farbringe sind an betriebswichtigen Punkten, z.B. Anfang, Ende, Abzweige, Wanddurchführungen, Armaturen, anzubringen.

Zugelassene Materialien (Auszug aus der "Liste der nichtmetallischen Materialien, die von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zum Einsatz in Anlagenteilen für Sauerstoff als geeignet befunden worden sind"):

Gleit- und Schmiermittel: Fomblin, Barrierta, Gleitmo, Krytox,

Dichtungsmaterialien: PTFE, CrNi-Stähle, NBR (Perbunan), Viton, Kalrez

Falls Gleit- und Schmiermittel verwendet werden, sind diese auf der Zeichnung aufzuführen.

Hinweis für Kaufteile: Im Technischen Text ist der Hinweis auf Sauerstoffeignung aufzunehmen.

Auch das Zuleitungssystem bis zum Flowcontroller ist in regelmäßigen Abständen auf Dichtheit zu prüfen. Hinweis in die Dokumentation aufnehmen!

1) In Abschnitt 4.3 umfasst "Sauerstoff" reinen Sauerstoff und Sauerstoff/Inertgas-Gemische mit >70 Vol.% O₂.

