

Atmen ohne Risiko bei der Stickstofferzeugung

Leitlinien für eine sichere Arbeitsumgebung



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

Atmen ohne Risiko bei der Stickstofferzeugung

In diesem Whitepaper beschreibt Phil Green, Industrial Gas Generation Applications Manager der Parker Hannifin Manufacturing Ltd, die erforderlichen Schritte, um die Anwendung einer Stickstoffgasgenerator-Anlage von Parker zu verstehen und zu beurteilen sowie einer Sauerstoffab- oder -anreicherung in der Umgebungsluft vorzubeugen.

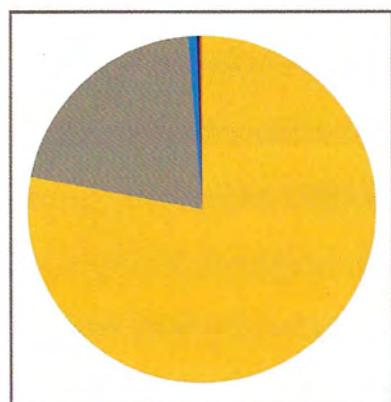
Dieses potenzielle Problem entsteht allgemein durch das Wissen daß das Funktionsprinzip eines Stickstoffgenerators darin besteht, Sauerstoff aus atmosphärischer Luft abzuscheiden und in einer bestimmten Phase des Prozesses zurück in die Umgebung abzuleiten.

Es ist weithin anerkannt, dass ein Parker Stickstoffgenerator-System in den meisten Fällen einen sicheren, bedarfsgesteuerten Stickstoffstrom erzeugt – ohne die Risiken traditioneller Versorgungsmethoden, wie z. B. die Lagerung großer Mengen potenziell erstickenden Stickstoffgases.

Bei der Auslegung eines Parker Stickstoffgenerator-Systems müssen einige einfache aber entscheidende Punkte beachtet werden, um sicherzustellen, dass sich die Anlage sicher warten und betreiben lässt.

Sauerstoffgehalte in der Arbeitsumgebung

Auf Meereshöhe beträgt der natürliche Sauerstoffanteil in der Erdatmosphäre 20,9 Prozent, und an diesen Gehalt hat sich der menschliche Körper angepasst. Höhere oder niedrigere Sauerstoffkonzentrationen können die menschliche Gesundheit stark schädigen.



Erdatmosphäre

- Stickstoff – 78 %
- Sauerstoff – 20,9 %
- Argon – 0,9 %
- Kohlendioxid – 0,038 %
- Andere „seltene“ Gase: Wasserstoff, Neon, Helium, Krypton, Xenon

Sauerstoffgehalt auf Meereshöhe (NN)	Auswirkungen auf durchschnittliche, gesunde Menschen in Ruhe
20,9 %	Normal
19 %	Auftreten einiger unerwünschten, jedoch nicht spürbaren physiologischen Effekte
16 %	Erhöhte Puls- und Atemfrequenz Einschränkung von Denkvermögen und Aufmerksamkeit Reduziertes Koordinationsvermögen
14 %	Abnorme Ermüdung unter Belastung Emotionale Instabilität Fehlerhafte Koordination Schlechtes Urteilsvermögen
12,5 %	Starke Verschlechterung des Urteilsvermögens und der Koordination Atembeschwerden, die zu einer dauerhaften Schädigung des Herzens führen können Übelkeit und Erbrechen
<10 %	Verlust der Bewegungsfähigkeit Bewusstlosigkeit Krämpfe Tod

Aufgrund dieser Auswirkungen sind für die Sauerstoffkonzentration am Arbeitsplatz gemäß der European Industrial Gases Association (EIGA) und der US Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Grenzwerte von 19,5 % bis 23,5 % einzuhalten. Wenn bezüglich der Sauerstoffkonzentration in einem bestimmten Bereich Zweifel bestehen oder Sie sich nicht sicher sind, betreten Sie ihn nicht.

Abgase und Technologien zur Stickstofferzeugung

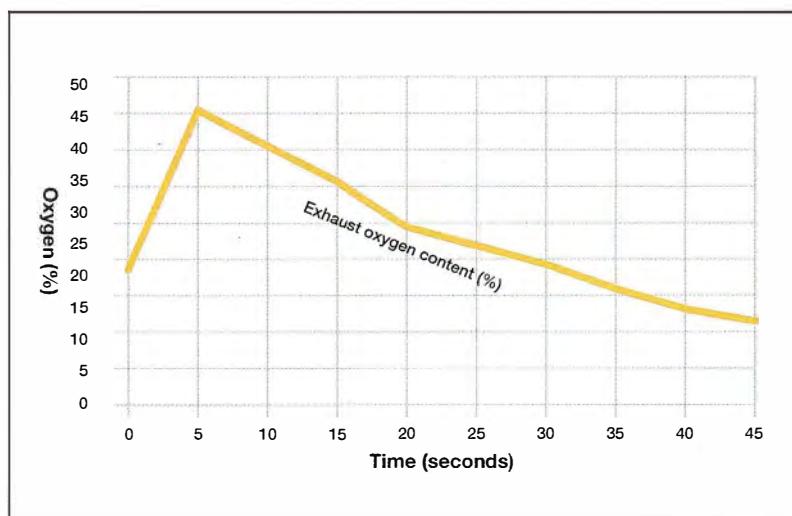
Die von Parker hergestellten Stickstoffgeneratoren – die HiFluxx und SmartFluxx Membranmodule oder NITROSource und MIDIGAS PSA-Technologien – nutzen Druckluft, um durch Entfernen des darin enthaltenen atmosphärischen Sauerstoffs Stickstoff zu erzeugen.

Die Parker Membrantechnologie erzeugt einen konstanten Strom Permeatgas mit einem maximalen Sauerstoffgehalt von bis zu 40 %.

Die Parker PSA-Technologie erzeugt ca. alle 60 Sekunden einen intermittierenden Abgas-Spitzenfluss, der bis zu 46 % Sauerstoff enthalten kann.

Ein Sauerstoffgehalt von 46 % in Abgasen klingt möglicherweise alarmierend, dies sind jedoch Spitzengehalte. In der folgenden Grafik sehen wir, dass sich der Sauerstoffgehalt während des Halbzyklus eines Parker PSA-Systems die meiste Zeit auf einem sicheren Niveau befindet.

Typischer Abgas-Sauerstoffgehalt in % – Parker PSA-Halbzyklus



Warum fällt der Gehalt unter die atmosphärische Sauerstoffkonzentration von 20,9 %?

Da die Spülgasfunktion des Systems einen Teil des erzeugten Stickstoffs über das regenerierende Bett leitet, um die letzten Spuren von eingeschlossenem Sauerstoff zu entfernen, kann das durch den Abluftschalldämpfer geleitete Gas einen höheren Stickstoffgehalt als Luft haben.

Was ist ein Halbzyklus?

Ein Halbzyklus ist die Zeit, die ein Säulensatz für die Druckbeaufschlagung, Gaserzeugung und Druckentlastung benötigt. Ein vollständiger Zyklus, in dem beide Säulensätze mit Druck beaufschlagt werden, Gas erzeugen und den Druck wieder ablassen, dauert ca. zwei Minuten. In jedem Halbzyklus wird der Druck aus einem Säulensatz abgelassen und sauerstoffhaltiges Abgas abgeleitet.

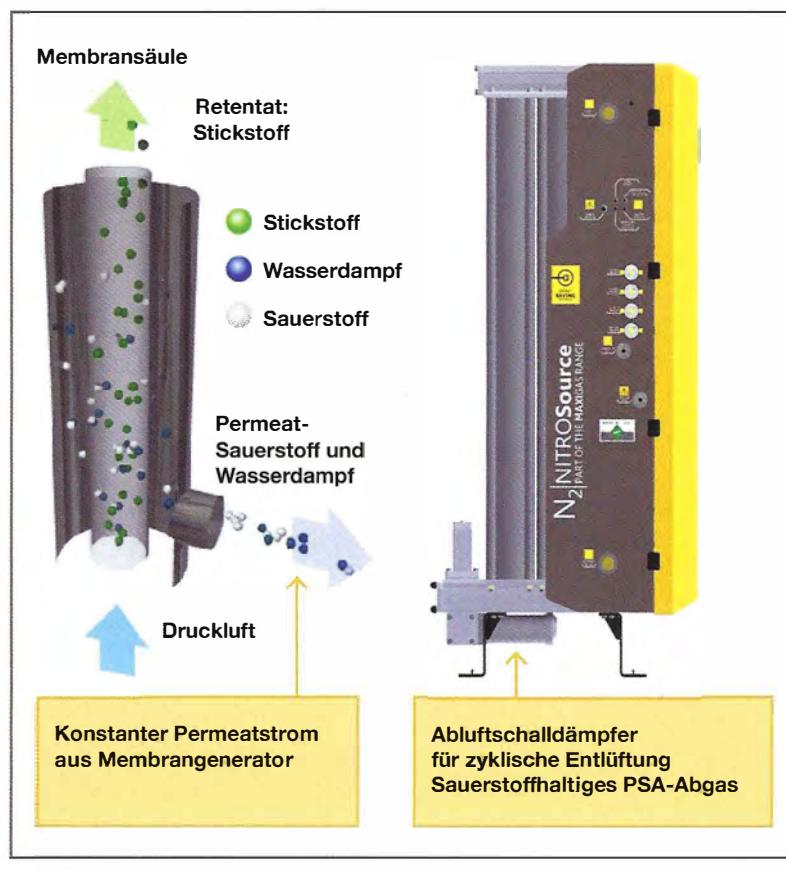


Überlegungen zur Vermeidung von Sauerstoffab- oder anreicherungen

Wie Abgas- und Permeatströme den Sauerstoffgehalt in Arbeitsumgebungen beeinflussen können

Die sauerstofffreien Abgas- oder Permeatströme wie in den nachstehenden Bildern gezeigt sowie der Stickstoffausgangsstrom bedeuten, dass in der Umgebung der Anlage oder an der Verwendungsstelle eine Veränderungen der Sauerstoffkonzentration potenziell möglich ist – was potenziell zu hypoxischen, sauerstoffarmen Bedingungen führen kann. Dies kann wie folgt geschehen:

1. Das Abgas oder Permeat enthält Sauerstoff, der im Rahmen des normalen Stickstofferzeugungsprozesses an die Atmosphäre abgeleitet wird, was die Sauerstoffkonzentration in der Umgebung erhöht.
2. Stickstoff kann aus Puffer- oder Prozessbehältern und Leitungen im Bereich der Anlage austreten, was die Sauerstoffkonzentration in der Umgebung reduziert.
3. Die automatische oder manuelle Ableitung von „nicht spezifikationsgemäßem“ Stickstoff während der Inbetriebnahme oder Reinheitskontrolle kann die Sauerstoffkonzentration in der Umgebung reduzieren.
4. Sicherheitsüberdruckventile an Druckbehältern können bei Überdruck Stickstoff ablassen, was die Sauerstoffkonzentration in der Umgebung reduziert.
5. An der Verwendungsstelle kann Stickstoff als normaler Bestandteil der Anwendung oder des Prozesses in die Arbeitsumgebung abgeleitet werden, was die Sauerstoffkonzentration in der Umgebung reduziert.
6. Die Druckentlastung oder Entlüftung von Stickstoffbehältern während Wartungsarbeiten oder Inspektionen kann die Sauerstoffkonzentration in der Umgebung reduzieren.



Die Bedeutung ordnungsgemäßer Belüftung

Obwohl die Sauerstoffkonzentration in der Umgebungsluft sich in jedem der umseitigen Szenarios verändern und unter die Sicherheitsgrenzwerte abfallen kann, kommt dies in einer adäquat belüfteten Umgebung aufgrund von Diffusion normalerweise nicht vor.

Als Diffusion wird die Vermischung von Gasmolekülen bezeichnet, die bewirkt, dass sich Sauerstoff und Stickstoff nicht in sauerstoffreichen oder -armen Umgebungsluftschichten oder Taschen absetzen. Stattdessen wird in Kombination mit der normalen Luftbewegung in einem Gebäude auf Meereshöhe die perfekte Mischung der Gase wiederhergestellt: 20,9 % Sauerstoff und 78 % Stickstoff.

Diese Vermischung findet statt, weil beide Gase ähnliche Dichten aufweisen (Sauerstoff 1,331 kg/m³ und Stickstoff 1,165 kg/m³ bei 20 °C, 1013 mbar abs.). Dies führt dazu, dass die Diffusion zwischen beiden Gasen äußerst schnell erfolgt.

Der Diffusionsprozess ist seit Jahren allgemein bekannt. Einer der wichtigen Faktoren für die Vermeidung einer sauerstoffangereicherten oder sauerstoffarmen Atmosphäre ist die Verfügbarkeit von ausreichend Verdünnungsgas, d. h. Umgebungsluft, damit eine vollständige Diffusion mit der Sauerstoff- oder Stickstoffgaskonzentration erfolgen und somit das Gleichgewicht von 20,9 % Sauerstoff wiederhergestellt werden kann.

Daher ist es äußerst wichtig, eine adäquate Belüftung vorzusehen, um ausreichend frische Luft bereitzustellen und eine Sauerstoffkonzentration oder -abreicherung vollständig auszuschließen.

Die EIGA gibt Folgendes vor:

“ Die Belüftung von Gebäuden ist so auszulegen, dass eine mögliche Ansammlung von Produkt- oder Abgasen vermieden wird. Es ist eine ausreichende Belüftung vorzusehen, um die örtliche Entstehung von sauerstoffarmen oder -reichen Atmosphären zu verhindern. Als Leitlinie sollte die Luft in einem Gebäude mindestens sechs Mal pro Stunde vollständig ausgetauscht werden. ”



Raumgröße und Luftvolumenwechsel



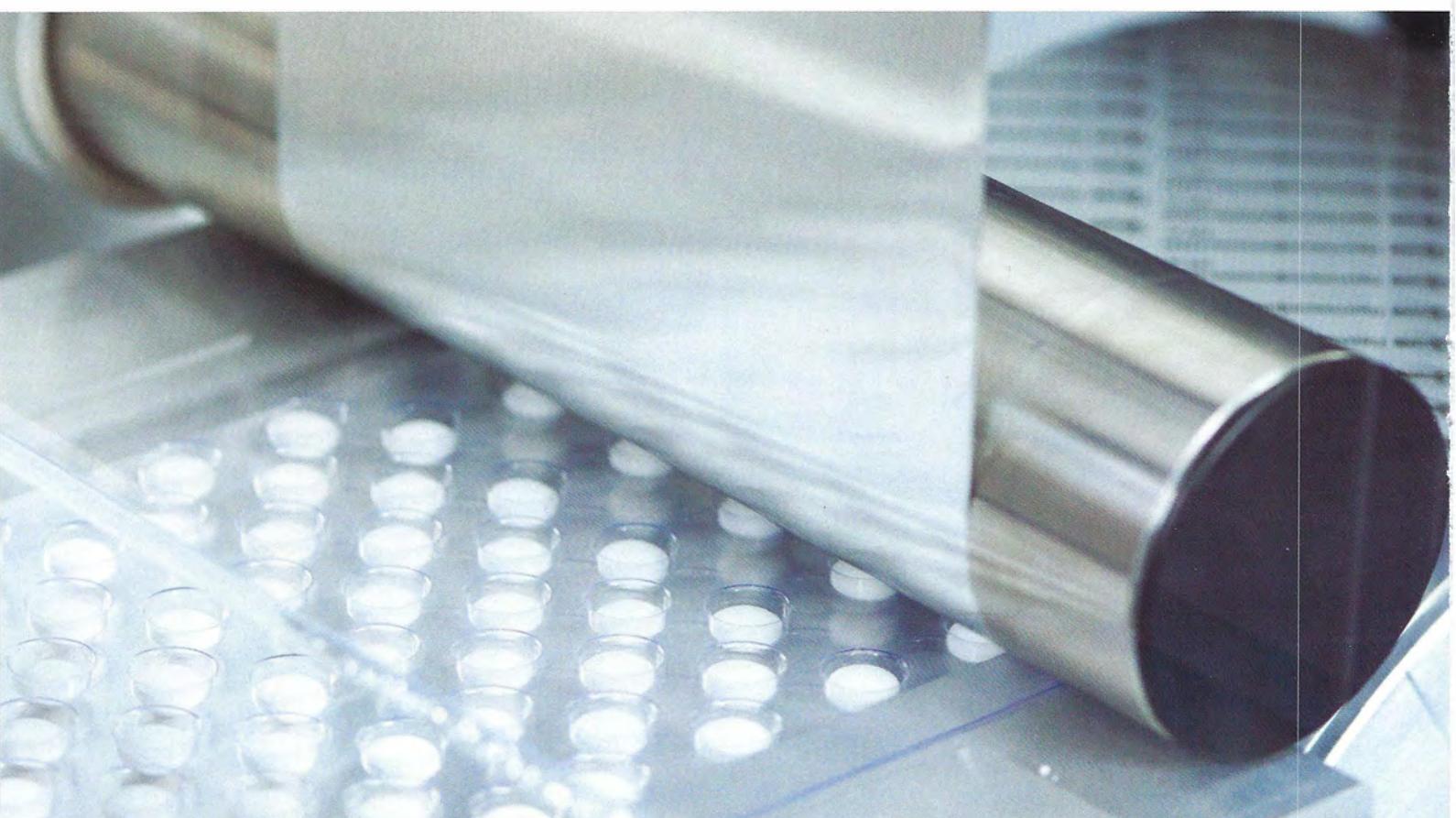
Im Normalbetrieb sollte ein Parker Stickstoffgenerator keine signifikanten Mengen an Sauerstoff oder Stickstoff an die Umgebung der Anlage abgeben, wenn der Bereich ordnungsgemäß dimensioniert ist und ausreichend belüftet wird.

Dabei sind jedoch einige Faktoren zu berücksichtigen, darunter:

- Das freie Volumen des Bereichs, in dem das System installiert ist oder das Gas verwendet wird
- Potenziell sauerstoffreicher Abgas- oder Permeatfluss
- Mögliche Stickstoffableitungs- oder Leckagekapazität
- Austauschrate des Umgebungsluftvolumens

Bei der Planung von Werksgebäuden und Fabriken werden Heizungs- und Belüftungsanlagen in der Regel nach den betrieblichen Anforderungen ausgelegt und installiert. Gemäß den Leitlinien sollte das Luftvolumen eines typischen Raums pro Stunde in den folgenden Intervallen ausgetauscht werden:

Kompressor-/Kesselräume	15 bis 20 Wechsel pro Stunde
Fertigungsstätten	10 bis 15 Wechsel pro Stunde
Maschinenwerkstätten	6 bis 12 Wechsel pro Stunde
Gießereien	15 bis 20 Wechsel pro Stunde



Druckbehälter, Rohrleitungen und Anschlüsse

Die mangelnde Integrität von Gassystemen kann die Atmosphäre in der Umgebung der Anlagen erheblich beeinträchtigen – egal, ob dies durch kleine oder große Stickstoff- und Sauerstoffleckagen verursacht wird. Druckbehälter, Rohrleitungen, Anlagen und Anschlüsse sind während der Installation und danach regelmäßig zu prüfen, um sicherzustellen, dass das System vollständig gasdicht ist.

1. Rohrleitungen und leistungsintegrierte Komponenten wie Filter und Durchflussmesser sind ausreichend abzustützen, um Belastungspunkte zu vermeiden, die zu Ermüdungsbrüchen oder dem Ausfall von Dichtungen führen könnten.
2. Alle Geräte und Rohrleitungen sind vor mechanischen Stößen durch Fahrzeuge wie Gabelstapler zu schützen und so zu platzieren, dass die Gefahr von Schäden jeglicher Art minimiert wird.
3. Die Anlagen sollten nur durch geschultes und zugelassenes Personal betrieben und gewartet werden.



Permeatentlüftung, Sicherheitsventile und Entlüftung von Druckbehältern

Permeatentlüftung

Unter bestimmten Umständen, vornehmlich in Bereichen ohne ausreichende Belüftung, besteht manchmal die Möglichkeit, das Abgas von der Anlage an einen geeigneten, gut belüfteten Ort abzuleiten.

Wenn dies der Fall ist, muss die Abluftleitung einen so großen Durchmesser und eine so geringe Länge wie möglich aufweisen, um zu verhindern, dass Gegendruck die vollständige Regenerierung oder die Abscheidung von Restsauerstoff verhindert. Je näher sich die Anlage an einer Außenwand oder einem dafür vorgesehenen sicheren Bereich befindet, desto besser.

Sicherheitsventile

Sicherheitsüberdruckventile an Druckbehältern müssen manchmal über Rohrleitungen mit dem Außenbereich verbunden werden. Um das Anbringen von Rohrleitungen zu erleichtern, werden dafür Überdruckventile verwendet, die über einen Auslassanschluss mit Gewinde verfügen. Je näher sich die Behälter an einem für die Entlüftung geeigneten Ort befinden, zu dem die Leitungen geführt werden können, wie z. B. eine Außenwand, desto besser.

Entlüftung von Druckbehältern während der Inspektion und Wartung

Stellen Sie eine ausreichende Belüftung sicher und stellen Sie den Entlüftungsstrom aus dem Behälter so ein, dass kein Risiko einer Sauerstoffabreicherung besteht. Alternativ können Sie einen geeigneten flexiblen Schlauch mit dem richtigen Nenndruck am Ablassanschluss des Behälters anbringen und zur Entlüftung an einen sicheren Ort führen.



Kennzeichnung und Warnhinweise

In Anlagenräumen sowie an Behältern und Rohrleitungen müssen gut sichtbar Warnschilder angebracht werden, um das Personal auf das mögliche Vorhandensein von Stickstoffgas hinzuweisen.

Diese Schilder sind an allen Anlagen, Behältern und Rohrleitungen so anzubringen, dass aus allen Richtungen erkennbar ist, dass Stickstoffgas vorhanden ist.

Dies beugt falschen Anschlüssen vor, die zu Kontaminierung oder potenziell gefährlicher oder tödlicher Verwendung des Gases führen könnten – z. B. beim Anschluss von Stickstoff an Atemluftsysteme.



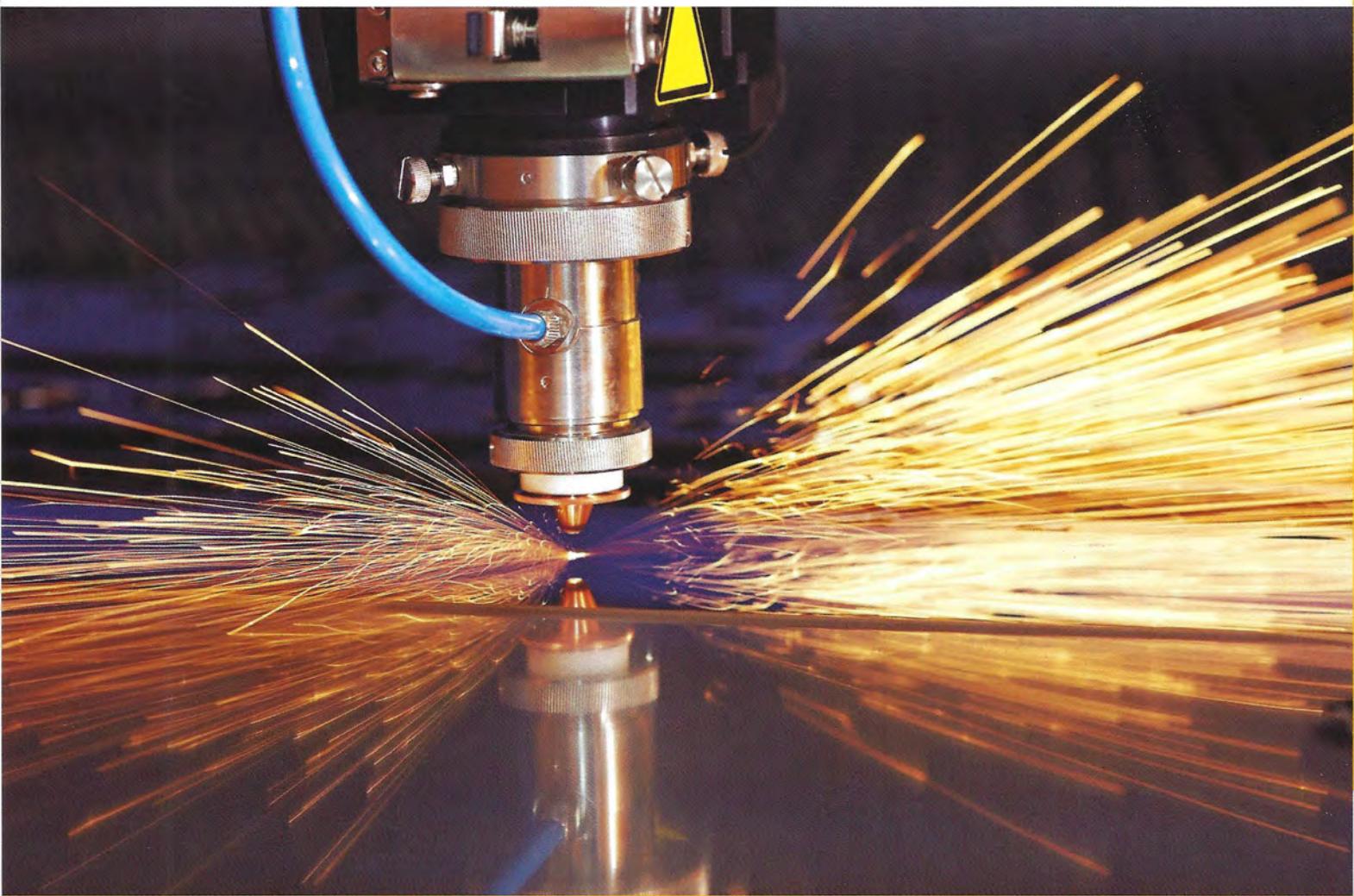
Sauerstoff- und Raumanalysatoren für Umgebungsluft

Eine einfache, aber effektive Möglichkeit, um die Sicherheit der Atmosphäre in Anlagenbereichen sicherzustellen, ist die Installation eines Raumanalysators für Umgebungsluft. Wenn keiner installiert ist, jedoch Zweifel bezüglich des Sauerstoffgehalts der Atmosphäre bestehen – insbesondere in beengten Räumen oder bei unbekannten Belüftungsstandards –, verwenden Sie einen persönlichen Sauerstoffanalysator für Umgebungsluft.

Diese Geräte verwenden fest installierte oder mobile atmosphärische Sensoren, die eine Sauerstoffanreicherung oder -abreicherung erkennen können. Wenn gefährliche Sauerstoff- oder Stickstoffkonzentrationen erkannt werden, wird der Benutzer durch einen Alarm informiert. Diese Alarne werden bei Raumanalysatoren außerhalb oder innerhalb des Raums und bei persönlichen Sauerstoffanalysatoren

für Umgebungsluft an der mobilen Einheit ausgegeben.

Unabhängig davon, für welches System Sie sich entscheiden, müssen die Herstelleranweisungen während der Installation, des Betriebs und der Wartung vollständig befolgt werden, da Raum- und Sauerstoffanalysatoren kritische Sicherheitseinrichtungen sind.



Beurteilung der potenziellen Zunahme des Sauerstoffgehalts in Verbindung mit den Parker Stickstoffgasgeneratoren mit PSA- und Membrantechnologie

Die PSA-Technologie gibt Gas mit einer Konzentration von bis zu 46 % Sauerstoff nach jedem ca. 60-sekündigen Halbzyklus ab, doch das Volumen und der Sauerstoffgehalt des Abgases hängen vom jeweiligen Modell ab.

Der Parker NITROSource PSA-Generator besteht aus extrudierten Aluminiumsäulen, die mit einem Kohlenstoffmolekularsieb versehen sind. Um das Abgasvolumen beim vorgeschriebenen Lufteinlassdruck zu schätzen, sind die Leervolumen dieser Säulen zu verwenden (bei Füllung mit einem Kohlenstoffmolekularsieb (CMS) in Kombination mit dem Volumen des oberen und unteren Verteilers).

Da die NITROSource Generatoren für eine Energiesparfunktion ausgelegt sind, die den Säulendruck vor der Umschaltung nach dem Halbzyklus ausgleicht, werden nur 50 % des geschätzten Volumens abgelassen, während der restliche Luftdruck an die regenerierten Säulen verteilt wird, bevor diese aktiviert werden. Dadurch werden die regenerierten Säulen mit Stickstoff und Druckluft vorbefüllt, um Gas zu sparen, den Luftverbrauch zu senken und die Produktivität des CMS zu steigern.

Parker NITROSource PSA

Ungefährliches pro Minute abgeleitetes Sauerstoffvolumen bei 7 bar ü Ansaugluftdruck

NITROSource Modell	Abgasvolumen in Litern	Sauerstoffgehalt in Litern
N2-20P	140	64
N2-25P	210	97
N2-35P	280	129
N2-45P	350	161
N2-55P	420	193
N2-60P	490	225
N2-65P	560	258
N2-75P	630	290
N2-80P	700	322

Die obenstehende Tabelle gibt die ungefähren Abgasvolumen und den möglichen Sauerstoffgehalt des Abgases an.

Parker HiFluxx Membranmodul

Ungefährliches pro Minute abgeleitetes Sauerstoffvolumen bei 7 bar ü Ansaugluftdruck

Reinheit des HiFluxx Membranmoduls	Permeatvolumen in Litern/m ³ des N ₂ -Ausgangs	Sauerstoffgehalt in Litern/m ³ des N ₂ -Ausgangs
5 %	1600	640
4 %	2000	800
3 %	2500	1000
2 %	3300	1320
1 %	5000	2000
0,5 %	7500	3000

Parker Membranmodule stoßen einen konstanten Permeatstrom aus, während sie mit Druck beaufschlagt sind. Die obenstehende Tabelle gibt die Menge an Sauerstoff im Permeatstrom pro 1 m³ erzeugtes Stickstoffgas als Retentat an.

Wenn daher ein Modul 20 m³/h bei 5 % Reinheit erzeugt, wird der Sauerstoffgehalt im Permeatstrom mithilfe der obenstehenden Tabelle wie folgt berechnet: 640 Liter x 20 = 12.800 Liter/Stunde.

Formeln zur Berechnung der potenziellen Sauerstoffab- oder -anreicherung

Betreiber von Stickstofferzeugungssystemen müssen in der Lage sein, die lokalen Sauerstoffgehalte zu berechnen und Risikobeurteilungen dafür durchzuführen, um die Sicherheit des Personals im Fall einer möglichen Gasfreisetzung zu gewährleisten. Abhängig von der Art der Freisetzung gibt es dafür eine Reihe von Formeln.

Plötzlicher Gasaustritt

Glücklicherweise ist die Wahrscheinlichkeit einer plötzlichen Freisetzung eines großen Volumens an Stickstoffgas aus einem Speicherbehälter extrem gering. Diese Formel kann jedoch verwendet werden, um beispielsweise die Auswirkungen von katastrophalen Ausfällen in Speicherbehältern, Rohrbrüchen, offenen Hauptversorgungsventilen oder Sicherheitsüberdruckventilen zu berechnen.

$$Cr = \frac{100 * Vo}{Vr}$$

Cr = Sauerstoffkonzentration im Raum in %

Vo = Sauerstoffvolumen Vo = 0,209 (Vr – Volumen an freigesetztem Stickstoffgas pro m³)

Vr = m³ freies Raumvolumen ohne das Volumen massiver Objekte

Beispiel-Risikobeurteilung

Wenn an einem Speicherbehälter mit einem Fassungsvermögen von 2000 Litern für Stickstoff mit einer Reinheit von 10 ppm das Sicherheitsventil ausfällt und der Inhalt sich schnell in einen Anlagenraum mit einem freien Volumen von 500 m³ entleert, wie hoch ist dann die Sauerstoffkonzentration in dem Raum?

2000-Liter-Behälter mit 7 bar ü befüllt = 14.000 Liter oder 14 m³ Stickstoff

$$Vo = 0,209 (500 - 14) = 101,6$$

$$Cr = 100 \times 101,6 / 500 = 20,32 \%$$

Daher würde die Sauerstoffkonzentration in dem Raum innerhalb der Grenzwerte von 19,5 % bis 23,5 % bleiben.

In diesem Beispiel war der Behälter mit hochreinem Stickstoff gefüllt, was bedeutet, dass er keinerlei Sauerstoff enthielt. Wenn der Behälter mit Stickstoff mit geringer Reinheit und einem Rest-Sauerstoffgehalt von maximal 5 % gefüllt wäre, würde dies das in der Gleichung verwendete Volumen an Inertgas reduzieren.

Behälter mit 2000 Litern Fassungsvermögen, befüllt mit 7 bar ü = 14.000 Liter oder 14 m³

$$\text{Stickstoffgehalt} = 14 \times 95 \% = 13,3 \text{ m}^3$$

Formeln zur Berechnung der potenziellen Sauerstoffab- oder -anreicherung

Freisetzung von Stickstoffgas über einen festgelegten Zeitraum hinweg

Diese Formel kann verwendet werden, um die Auswirkungen von Prozessen oder Anwendungen zu berechnen, die über einen festgelegten Zeitraum hinweg Stickstoffgas verwenden, das an die Atmosphäre abgegeben wird.

$$Ct = 0.209 + \left[\frac{0.209 n}{\frac{L}{Vr} + n} - 0.209 \right] * \left[1 - e^{\frac{-t}{m}} \right] * 100$$

Ct = Sauerstoffgehalt im Raum in % über den festgelegten Zeitraum

L = Stickstoffleckage-/entlüftungsrate in m³/h

n = Austausch des Raumvolumens

Vr = m³ freies Raumvolumen ohne massive Objekte

t = Zeit in Stunden

e = 2,718

$$m = \frac{Vr}{L + (n Vr)}$$

Beispiel-Risikobeurteilung

Stickstoff mit 5-%iger Reinheit wird mit einem Durchfluss von 40 m³/h verwendet, um in einem Raum mit einem freien Volumen von 500 m³ einen Behälter 3 Stunden am Tag zu spülen. Das Luftvolumen des Raums wird pro Stunde 3 mal ausgetauscht.

Berechnung des N₂-Istvolumens: 40 m³/h x 0,95 = 38 m³/h

Berechnung des Werts „m“: 500 / ((3 x 500) + 38) = 0,325

$$\left[\frac{0.209 n}{\frac{L}{Vr} + n} - 0.209 \right] = 0.209 \times 3 / ((38/500) + 3) - 0.209 = -0.0052$$

$$\left[1 - e^{\frac{-t}{m}} \right] = 1 - 2.718^{\frac{-3}{0.325}} = 0.999$$

$$Ct = (0.209 + (-0.0052 \times 0.999)) \times 100 = 20.3\%$$

Daher ist der Sauerstoffgehalt des Raumes sicher, da er nur um 0,6 % abfällt und innerhalb der Grenzwerte bleibt.

Formeln zur Berechnung der potenziellen Sauerstoffab- oder -anreicherung

Stetige Freisetzung von Stickstoffgas über einen kontinuierlichen Zeitraum hinweg

Diese Formel wird verwendet, um die Auswirkungen eines kontinuierlichen Freisetzung von Stickstoffgas zu berechnen – z. B. in einem Schutzbegasungsprozess, oder wenn eine Leckage in Ausrüstung in einem Anlagenraum oder in der Arbeitsumgebung auftritt.

$$C_{\infty} = \left(\frac{Vr * 0.209 * n}{(Vr * n) + L} \right) 100$$

C_∞ = Sauerstoffgehalt im Raum in % über einen kontinuierlichen Zeitraum hinweg (Tage/Wochen)

V_r = Raumvolumen in m³, ohne massive Objekte.

n = Anzahl von Raumluftwechseln pro Stunde

L = Stickstoff-Ausstoß-/Leckagerate in m³/h

Beispiel-Risikobeurteilung

Eine Laserschneidanlage ist in einer Werkstatt mit einem freien Volumen von 4000 m³ installiert.

Der Durchfluss des Stickstoff-Hilfsgases vom Schneidkopf beträgt durchschnittlich 60 m³/h bei 10 ppm maximalem Sauerstoff-Restgehalt und der Laser ist rund um die Uhr im Einsatz.

Durch die Belüftung der Werkstatt wird das Volumen 4 Mal pro Stunde ausgetauscht.

$$C_{\infty} = \left(\frac{4000 * 0.209 * 4}{(4000 * 4) + 60} \right) 100$$

$$C_{\infty} = 20.82\%$$

Daher hat der Stickstoff-Hilfsgasstrom in den Raum nahezu keine Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt im Raum.

Wenn der Laser in einem deutlich kleineren Raum mit lediglich 300 m³ freiem Volumen und einer Belüftung von 0,5 Volumenwechseln pro Stunde betrieben würde, wäre das Ergebnis wie folgt:

$$C_{\infty} = \left(\frac{300 * 0.209 * 0.5}{(300 * 0.5) + 60} \right) 100$$

$$C_{\infty} = 14.93\%$$

In diesem Beispiel ist die Sauerstoffkonzentration in dem Raum durch den Stickstoff-Hilfsgasstrom deutlich unter die sicheren Grenzwerte gefallen.

Die beiden obenstehenden Beispiele wurden mit hochreinem Stickstoff mit einem maximalen Sauerstoff-Restgehalt von 10 ppm berechnet, der als vollständig sauerstofffrei gilt.

Wenn Stickstoff mit einem höheren maximalen Sauerstoff-Restgehalt spezifiziert ist, könnte dies berechnet werden, um das Gesamt-Leckagevolumen zu reduzieren.

Wenn z. B. die Durchflussrate 60 m³/h bei einem maximalen Sauerstoff-Restgehalt von 5 % beträgt, beläuft sich das tatsächlich in den Raum abgegebene Stickstoffvolumen auf 60 m³/h x 0,95 = 57 m³/h.

Formeln zur Berechnung der potenziellen Sauerstoffab- oder -anreicherung

Sauerstoffanreicherung durch Abgas- oder Permeatfluss von Stickstoffgeneratoren

Für diese Berechnung kann die Formel für die kontinuierliche Sauerstoffabreicherung verwendet werden; anstatt jedoch die Gas-Ausstoßrate zu addieren, wird sie subtrahiert.

$$C_{\infty} = \left(\frac{V_r * 0.209 * n}{(V_r * n) - L} \right) 100$$

Beispiel-Risikobeurteilung

Ein Parker N2-80P Stickstoffgenerator ist in einem Anlagenraum mit einem freien Volumen von 400 m³ installiert. Durch die Belüftungsanlage wird das Umgebungsluftvolumen 4 Mal pro Stunde ausgetauscht.

Gemäß der Tabelle auf Seite 11 wird für dieses Generatormodell von einer Erzeugung von 322 Litern (0,322 m³) Sauerstoff pro Minute im Abgasstrom ausgegangen. Dies entspricht 19,32 m³/Stunde.

$$C_{\infty} = \left(\frac{400 * 0.209 * 4}{(400 * 4) - 19.32} \right) 100$$

$$C_{\infty} = 21.2\%$$

Das Ergebnis ist, dass der Generator den Sauerstoffgehalt im Raum nicht signifikant erhöht und deutlich innerhalb der erforderlichen Grenzwerte liegt.

Die Kontrolle der Sauerstoffanreicherung und -abreicherung der Umgebungsluft ist eine wichtige Voraussetzung für den sicheren Betrieb der Stickstofferzeugungsanlagen von Parker.

In der Regel bieten ordnungsgemäß belüftete Räume oder Fabriken eine ideale Umgebung für ein Parker Stickstofferzeugungssystem.

Im Gegensatz zu traditionellen Versorgungsmethoden wie Hochdruck-Gasflaschen oder Flüssiglagertanks, die große Mengen ersticken

Stickstoffgase enthalten können, erzeugen Parker Generatoren bedarfsoorientiert nur die benötigte Gasmenge und erfordern keine Lagerung in größeren Mengen.

Wenn Sie dennoch Bedenken haben, kann Parker Sie im Hinblick auf die Erfordernisse für eine sichere Installation unterstützen

und beraten, einschließlich von ISO-Containern oder ähnlichen kleinen Anlagenräumen in Modulbauweise.

Bitte wenden Sie sich wegen weiterer Informationen an unser Team.

Parker weltweit

Europa, Naher Osten, Afrika

AE – Vereinigte Arabische Emirate, Dubai
Tel: +971 4 8127100
parker.me@parker.com

AT – Österreich, St. Florian
Tel: +43 (0)7224 66201
parker.austria@parker.com

AZ – Aserbaidschan, Baku
Tel: +994 50 2233 458
parker.azerbaijan@parker.com

BE/NL/LU – Benelux,
Hendrik Ido Ambacht
Tel: +31 (0)541 585 000
parker.nl@parker.com

BG – Bulgarien, Sofia
Tel: +359 2 980 1344
parker.bulgaria@parker.com

BY – Weißrussland, Minsk
Tel: +48 (0)22 573 24 00
parker.poland@parker.com

CH – Schweiz, Etoy,
Tel: +41 (0)21 821 87 00
parker.switzerland@parker.com

CZ – Tschechische Republik,
Klecaný
Tel: +420 284 083 111
parker.czechrepublic@parker.com

DE – Deutschland, Kaarst
Tel: +49 (0)2131 4016 0
parker.germany@parker.com

DK – Dänemark, Ballerup
Tel: +45 43 56 04 00
parker.denmark@parker.com

ES – Spanien, Madrid
Tel: +34 902 330 001
parker.spain@parker.com

FI – Finnland, Vantaa
Tel: +358 (0)20 753 2500
parker.finland@parker.com

FR – Frankreich, Contamine s/Arve
Tel: +33 (0)4 50 25 80 25
parker.france@parker.com

GR – Griechenland, Piraeus
Tel: +30 210 933 6450
parker.greece@parker.com

HU – Ungarn, Budaörs
Tel: +36 23 885 470
parker.hungary@parker.com

IE – Irland, Dublin
Tel: +353 (0)1 466 6370
parker.ireland@parker.com

IL – Israël
Tel: +972 02 45 19 21
parker.israel@parker.com

IT – Italien, Corsico (MI)
Tel: +39 02 45 19 21
parker.italy@parker.com

KZ – Kasachstan, Almaty
Tel: +7 7273 561 000
parker.easternEurope@parker.com

NO – Norwegen, Asker
Tel: +47 66 75 34 00
parker.norway@parker.com

PL – Polen, Warschau
Tel: +48 (0)22 573 24 00
parker.poland@parker.com

PT – Portugal
Tel: +351 22 999 7360
parker.portugal@parker.com

RO – Rumänien, Bukarest
Tel: +40 21 252 1382
parker.romania@parker.com

RU – Russland, Moskau
Tel: +7 495 645-2156
parker.russia@parker.com

SE – Schweden, Spånga
Tel: +46 (0)8 59 79 50 00
parker.sweden@parker.com

SK – Slowakei, Banská Bystrica
Tel: +421 484 162 252
parker.slovakia@parker.com

SL – Slowenien, Novo Mesto
Tel: +386 7 337 6650
parker.slovenia@parker.com

TR – Türkei, Istanbul
Tel: +90 216 4997081
parker.turkey@parker.com

UA – Ukraine, Kiew
Tel: +48 (0)22 573 24 00
parker.poland@parker.com

UK – Großbritannien, Warwick
Tel: +44 (0)1926 317 878
parker.uk@parker.com

ZA – Republik Südafrika,
Kempton Park
Tel: +27 (0)11 961 0700
parker.southafrica@parker.com

Nordamerika

CA – Kanada, Milton, Ontario
Tel: +1 905 693 3000

US – USA, Cleveland
Tel: +1 216 896 3000

Asien-Pazifik

AU – Australien, Castle Hill
Tel: +61 (0)2-9634 7777

CN – China, Schanghai
Tel: +86 21 2899 5000

HK – Hong Kong
Tel: +852 2428 8008

IN – Indien, Mumbai
Tel: +91 22 6513 7081-85

JP – Japan, Tokyo
Tel: +81 (0)3 6408 3901

KR – Korea, Seoul
Tel: +82 2 559 0400

MY – Malaysia, Shah Alam
Tel: +60 3 7849 0800

NZ – Neuseeland, Mt Wellington
Tel: +64 9 574 1744

SG – Singapur
Tel: +65 6887 6300

TH – Thailand, Bangkok
Tel: +662 186 7000

TW – Taiwan, Taipei
Tel: +886 2 2298 8987

Südamerika

AR – Argentinien, Buenos Aires
Tel: +54 3327 44 4129

BR – Brasilien, São José dos Campos
Tel: +55 800 727 5374

CL – Chile, Santiago
Tel: +56 2 623 1216

MX – Mexico, Toluca
Tel: +52 72 2275 4200

Europäisches Produktinformationszentrum
Kostenlose Rufnummer: 00 800 27 27 5374
(von AT, BE, CH, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
IE, IL, IS, IT, LU, MT, NL, NO, PL, PT, RU, SE,
SK, UK, ZA)

