

Gefährdungen durch nitrose Gase bei der Hohlglasbearbeitung – Gesundheitsschutz

Stand: Juni 2022



1 Situation

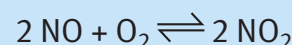
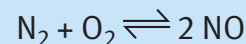
Im Zuständigkeitsbereich der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) gibt es etwa 2.000 Betriebe der Glasverarbeitenden Industrie, von denen ungefähr die Hälfte Spezialglashersteller sind. Ein typisches Beispiel dafür ist die Herstellung von Glasflaschen beziehungsweise Glasampullen für die pharmazeutische Industrie. In dieser Branche werden zum Abfüllen von pharmazeutischen Wirkstoffen bevorzugt Behälter aus Glas verwendet.

Für die Glasbearbeitung werden heiße Gasflammen benötigt, die durch Verbrennung von Erdgas unter Zugabe von Sauerstoff erzeugt werden. Bei allen Prozessen mit Brennerflammen ist die Entstehung von nitrosen Gasen, einem Gemisch aus Stickoxiden wie zum Beispiel Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, unvermeidlich. Es handelt sich dabei um Gefahrstoffe, die für die Beschäftigten eine Gesundheitsgefahr darstellen. Aufgrund neuerer Studien zu ihrer gesundheitsschädigenden Wirkung wurden in den vergangenen Jahren die Grenzwerte für Stickoxid verschärft.

2 Entstehung von nitrosen Gasen (NO_x)

Nitrose Gase (NO_x) entstehen, wenn die beiden Hauptbestandteile der Luft, nämlich Stickstoff (N₂) und Sauerstoff (O₂), bei hohen Temperaturen miteinander reagieren. In einer ersten Reaktion bildet sich Stickstoffmonoxid (NO) als farbloses Gas. Es entsteht in der heißen Brennerflamme (> 1.500 °C) aus den Luftbestandteilen Stickstoff und

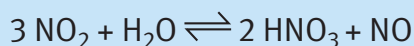
Sauerstoff. Stickstoffmonoxid (NO) reagiert weiter mit dem Luftsauerstoff zu Stickstoffdioxid (NO₂), einem rotbraunen Gas. Die NO₂-Bildung läuft im Vergleich zur NO-Entstehung bei deutlich niedrigeren Temperaturen ab. Damit sind die Beschäftigten in der Glasbearbeitung beiden gesundheitsgefährdenden Stoffen (NO und NO₂) ausgesetzt.



3 Gesundheitsgefahren durch nitrose Gase

Stickstoffdioxid ist ein Reizgas, das eine akute Wirkung auf die Schleimhäute der tieferen Atemwege zeigt und durch eine chronische Belastung zu krankhaften Veränderungen des Lungengewebes führen kann.

Der gesundheitliche Schaden wird vor allem durch die Reaktion des Stickstoffdioxids mit Wasser in der Lunge verursacht. Es entsteht Salpetersäure (HNO₃) – eine aggressive, ätzende Säure.



Anders als Stickstoffdioxid (NO₂) hat Stickstoffmonoxid (NO) keine direkte reizende Wirkung.

Es wirkt als Atemgift bei Aufnahme in den Blutstrom, weil es den Sauerstofftransport im Körper blockiert. Außerdem bildet sich das Reizgas NO₂, wie oben beschrieben, aus dem primär gebildeten NO-Gas.

Schon bei niedrigen NO₂-Konzentrationen zeigt sich eine **akute Wirkung** auf Schleimhäute, die sich in unspezifischen Reaktionen wie Husten, Atemnot und Tränen der Augen äußert. Bei höherer Konzentration kommt es zu einer akuten Entzündung des tiefen Lungengewebes, die sich durch Ansammlung von Flüssigkeit in den Lungenbläschen bis zu einem lebensbedrohenden Lungenödem ausweiten kann.

Neben diesen akuten Wirkungen führt eine chronische **Belastung** zur Vernarbung von Lungengewebe, wodurch seine Elastizität verringert und damit die Funktion der Lunge eingeschränkt wird.

4 Grenzwerte für nitrose Gase

Ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) soll bei kurzfristigen und chronischen inhalativen Belastungen beruflich exponierte Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer dauerhaft vor gesundheitlichen Schäden schützen. In der Technischen Regel „Arbeitsplatzgrenzwerte“ (TRGS 900) sind für Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid AGW von 0,5 beziehungsweise 2 ppm festgelegt. Die ehemaligen Grenzwerte für NO₂ oder NO lagen bei 5 beziehungsweise 25 ppm.

	Stickstoffdioxid NO ₂	Stickstoffmonoxid NO
Früherer Grenzwert	9,5 mg/m ³ 5 ppm	30 mg/m ³ 25 ppm
aktueller Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) TRGS 900	0,95 mg/m ³ 0,5 ppm	2,5 mg/m ³ 2,0 ppm

Tabelle 1: Grenzwerte für NO_x

Die Empfehlungen für Expositionsgrenzen orientieren sich an den Schwellenwerten, für die nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnisse eine gesundheitliche Beeinträchtigung beruflich exponierter Personen ausgeschlossen werden kann.

5 NO_x-Konzentrationen in der Branche

Bei Messungen in Arbeitsbereichen mit Maschinen zur Bearbeitung von Glasrohren mit Brennerflammen (Rundläufermaschinen) wurden Expositionswerte mit teilweise deutlicher Überschreitung der aktuellen Arbeitsplatzgrenzwerte ermittelt.

Die Werte wurden zwischen 1997 und 2014 durch den Messtechnischen Dienst der VBG erhoben. Dabei wurde in 18 Arbeitsbereichen mit Rundläufermaschinen durchschnittlich eine NO-Konzentration von 3,0 ± 1,9 ppm ermittelt, während der Wert für Stickstoffdioxid (NO₂) im Durchschnitt bei 0,6 ± 0,5 ppm lag. Die Messwerte an vergleichbaren Arbeitsplätzen weisen große Schwankungsbreiten auf.

6 Beurteilung der Exposition

Um die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen zu prüfen, sind die aktuellen Arbeitsplatzgrenzwerte heranzuziehen. Wenn der ermittelte Expositionswert kleiner ist als der AGW und die relevanten Randbedingungen langfristig stabil sind, können die Schutzmaßnahmen als ausreichend angesehen werden.

Die Beurteilung der Exposition durch die Erfahrung an vergleichbaren Arbeitsplätzen ist hier schwierig, da die Messergebnisse in den verschiedenen Anlagen erheblichen Schwankungen unterliegen. Eigene Messungen sind deshalb vorzuziehen. Bei Veränderungen der Arbeitsplatzlüftung ist deren Wirksamkeit durch Messungen in den Arbeitsbereichen zu überprüfen.

Die Lüftungstechnischen Verhältnisse können sich zum Beispiel bei Sommer- oder Winterbetrieb oder bei Umbruch der Wetterlage deutlich unterscheiden.

7 Schutzmaßnahmen

In den „Grundpflichten“ nach § 3 ArbSchG ist allgemein die Bekämpfung der Gefahr an ihrer Quelle gefordert und die nachrangige Bedeutung individueller Schutzmaßnahmen festgeschrieben. Die Gefahrstoffverordnung verlangt Maßnahmen in der Rangfolge:

1. Substitution,
2. kollektive technische,
3. organisatorische und
4. personenbezogene Maßnahmen.

7.1 Substitution

Ein Ersatz der Brennerflammen in der Glasbearbeitung ist im Augenblick nicht ohne Weiteres realisierbar. Die Hitze muss in kürzester Zeit direkt und gleichmäßig in die zu verformende Glasmasse eingebracht werden. Das geformte Glasprodukt muss unmittelbar nach dem Produktionsschritt wieder abkühlen und fest werden.

Die Bildungsrate der nitrosen Gase durch eine veränderte Brennergestaltung zu senken, ist kaum möglich. Allerdings wird an technischen Lösungen zur Substitution der Brennerflammen geforscht beziehungsweise gearbeitet, bei denen die Wärme zum Beispiel durch Bestrahlung mit einem Laser in das Material eingebracht wird. Welche praktische Bedeutung diese Technologie in der Branche gewinnt, wird sich in näherer Zukunft zeigen.

Für die Glasbearbeitung werden Laser mit hoher Strahlungsenergie (Klasse 4-Laser) benötigt. Deren Verwendung ist ebenfalls mit Gefährdungen für die Beschäftigten verbunden, sodass entsprechende Schutzmaßnahmen bei Einrichtung und Betrieb der Glasherstellungsmaschinen getroffen werden müssen. Dazu gehören unter anderem trennende Schutzeinrichtungen und Sicherheitseinrichtungen, die mit der Steuerung der Laserquelle verknüpft sind.

7.2 Technische Schutzmaßnahmen

In der Regel kann die Einhaltung der Grenzwerte durch eine wirksame Lüftungstechnische Maßnahme (Absaugung) erreicht werden.

Die nitrosen Gase müssen möglichst am Ort ihrer Entstehung vollständig erfasst werden, bevor Mitarbeitende diese einatmen können. Die Gestaltung der **Erfassungselemente** ist für die wirksame **Entfernung des Gefahrstoffs** von entscheidender Bedeutung. Generell gilt, dass durch eine Einhausung, die die Quelle weitgehend umschließt (**Kapselung**), entstehende Gefahrstoffe nahezu vollständig erfasst und fortgeleitet werden können. Die empfindliche Einstellung der Brennerflamme und die Auswirkungen der Luftströmung auf die maschinelle Glasbearbeitung beschränken die Möglichkeiten einer Kapselung.

Wirksame Erfassungselemente sind so konstruiert, dass die nachströmende Luft nicht verwirbelt wird. Eine überlagernde Strömung an einer Erfassungseinrichtung hat einen starken – in der Regel negativen – Einfluss auf den Grad der Stofferrfassung.

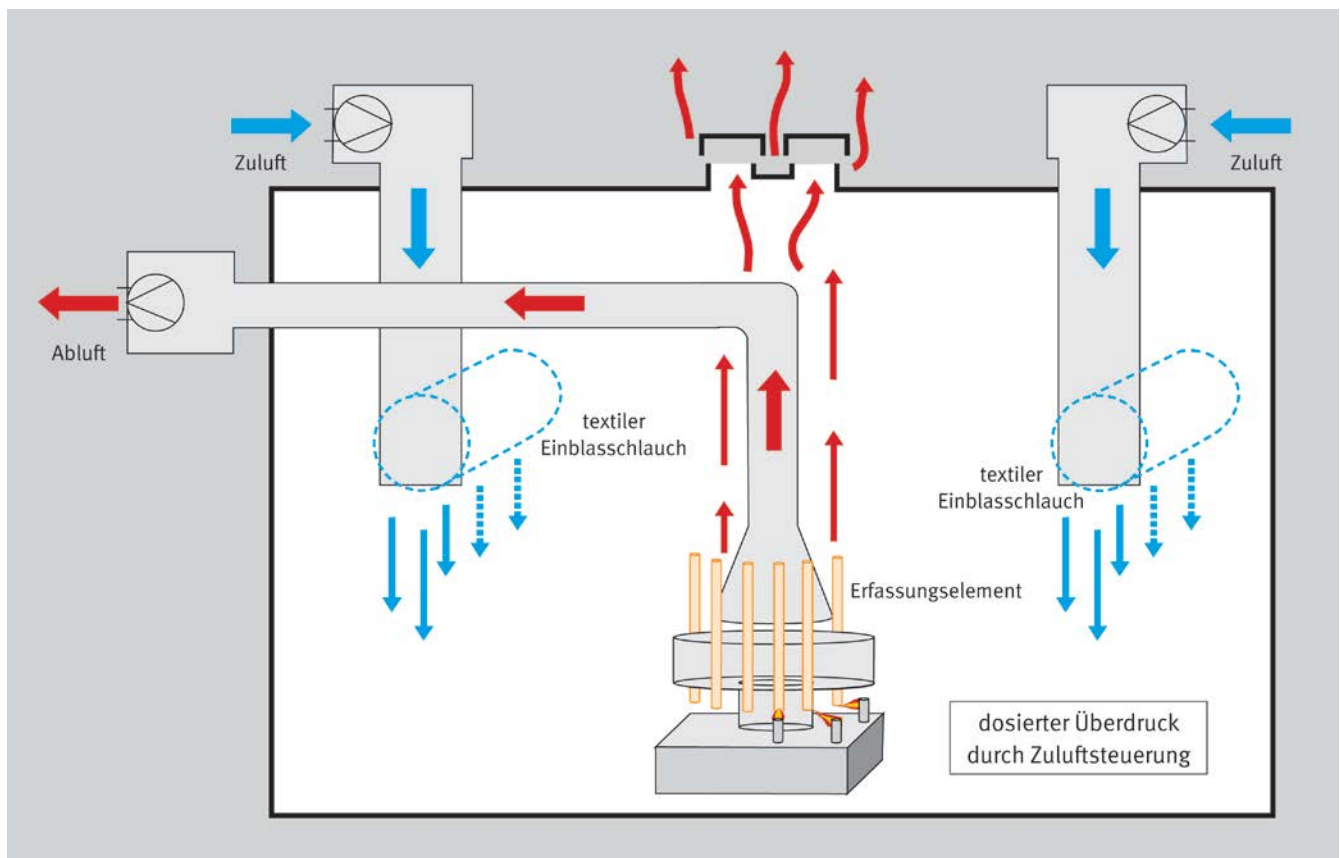


Abbildung 1: Prinzip lüftungstechnischer Maßnahmen zur NO_x-Reduktion

Durch das Öffnen von Hallentoren können zum Beispiel starke Querströmungen entstehen, die die Gefahrstoffe im Arbeitsbereich verteilen.

Wie in der DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ dargestellt, hat ein Saugrohr durch Anbringung eines Flansches einen größeren Erfassungsbereich und ist unempfindlicher gegenüber Störströmungen. Absaughauben sind unter Nutzung von stetigen Thermikströmen vorteilhafter, da sie eine puffernde Wirkung haben.

Grundsätzlich müssen die Erfassungselemente strömungstechnisch so gestaltet sein, dass die entstehenden Gase möglichst vollständig erfasst werden. Die räumliche Anordnung muss so ausgeführt sein, dass Luftverunreinigungen nicht durch den Atembereich der Beschäftigten geführt werden und eine bestehende Raumlüftung in ihrer Wirksamkeit nicht nachteilig beeinflusst wird. In Ergänzung zur Absaugung wird die Gefahrstoffkonzentration am Arbeitsplatz mit einem entsprechenden **Luftwechsel** durch freie oder technische Lüftung reduziert beziehungsweise minimiert.

Der Luftwechsel gibt an, wie oft die gesamte Raumlüftung in der Stunde ausgetauscht wird. Durch Erhöhung des Luftwechsels kann die Gefahrstoffkonzentration gesenkt werden, vorausgesetzt der Luftaustausch ist gleichmäßig im Raum verteilt und nicht eingeschränkt. Kann eine Einhaltung der Grenzwerte mit bestehenden Maßnahmen nicht gewährleistet werden, müssen die lufttechnischen Maßnahmen weiter optimiert werden.

Werden Verpackungen für Pharmaprodukte hergestellt, ist häufig eine staubfreie Produktionsumgebung gewünscht. Ein „dosierter Überdruck“ in der Fertigungshalle mit konditionierter Zuluft ermöglicht eine weitgehende Reduktion der Partikel in der Luft im Fertigungsbereich, so dass gleichbleibend qualitativ hochwertige Glaserzeugnisse hergestellt werden können. Durch die **gezielte Luftzufuhr** kann die Stofffassung unterstützt und damit verbessert werden.

Die Auswahl der Lüftungstechnischen Lösung kann nicht ohne detailliertere Betrachtung und exakte Auslegung der Anlagenkomponenten getroffen werden. Der Zuluftstrom sollte über große Flächen erfolgen, so dass keine Zuglufterscheinungen an den Arbeitsplätzen auftreten. Bei der Luftführung mit Zuluft von oben besteht das Problem, dass durch Verwirbelungen mit den aufsteigenden Brennergasen diese wieder in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden.

Zusätzlich besteht die Gefahr einer Kurzschlussströmung der zugeführten Luft in die Abluft. Die Luft sollte deshalb vom Boden her, unter Ausnutzung der durch heiße Prozessabgase entstehenden Thermik nach oben abgeführt werden. Dies kann erreicht werden, wenn die Zuluft als **Quelllüftung im Bodenbereich** mit geringer Geschwindigkeit einströmt.

Mit einer Kombination aus geeigneter Erfassung, gezielter Luftzufuhr und abgestimmtem Luftwechsel kann eine verwirbelungsfreie Schichtströmung in der Arbeitsstätte erreicht werden. Bei einem gut geplanten Lüftungskonzept wird durch produktionstechnisch vorteilhafte Maßnahmen auch der Gesunderhaltung der Beschäftigten Rechnung getragen, weil gesundheitlich zuträgliche Raumlüftungsbedingungen herrschen.

Auslegungshinweise für die Arbeitsplatzlüftung

Bei der maschinellen Ampullenglasherstellung in einer beispielhaften Anlage wurden an Rundläufermaschinen im Durchschnitt 4.000 Glasgefäße pro Stunde unter dem Einsatz von 2 bis 4 m³ Erdgas und 2 bis 6 m³ Sauerstoff produziert. Durch die Erdgasverbrennung an einem Rundläufer entsteht eine thermische Energie von circa 16 kWh. Die entstehende Thermik kann für die Ableitung der NO_x-belasteten Luft am Arbeitsplatz genutzt werden.

7.3 Organisatorische Maßnahmen zur Reduzierung der Exposition

Eine Verkürzung der Aufenthaltsdauer für die Beschäftigten im Arbeitsbereich ist oft nicht praktikabel.

7.4 Personenbezogene Maßnahmen

Bei einer Überschreitung der Arbeitsplatzgrenzwerte ist den Beschäftigten im belasteten Arbeitsbereich Atemschutz als persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen.

7.5 Unterweisung

Die Beschäftigten sind anhand von arbeitsplatz- oder tätigkeitsbezogenen Betriebsanweisungen über alle auftretenden Gefährdungen und die getroffenen Schutzmaßnahmen zu unterweisen. Nach § 14 GefStoffV gehört eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung zur Unterweisung der Beschäftigten, die auch im Rahmen der Arbeitsmedizinischen Vorsorge erfolgen kann.

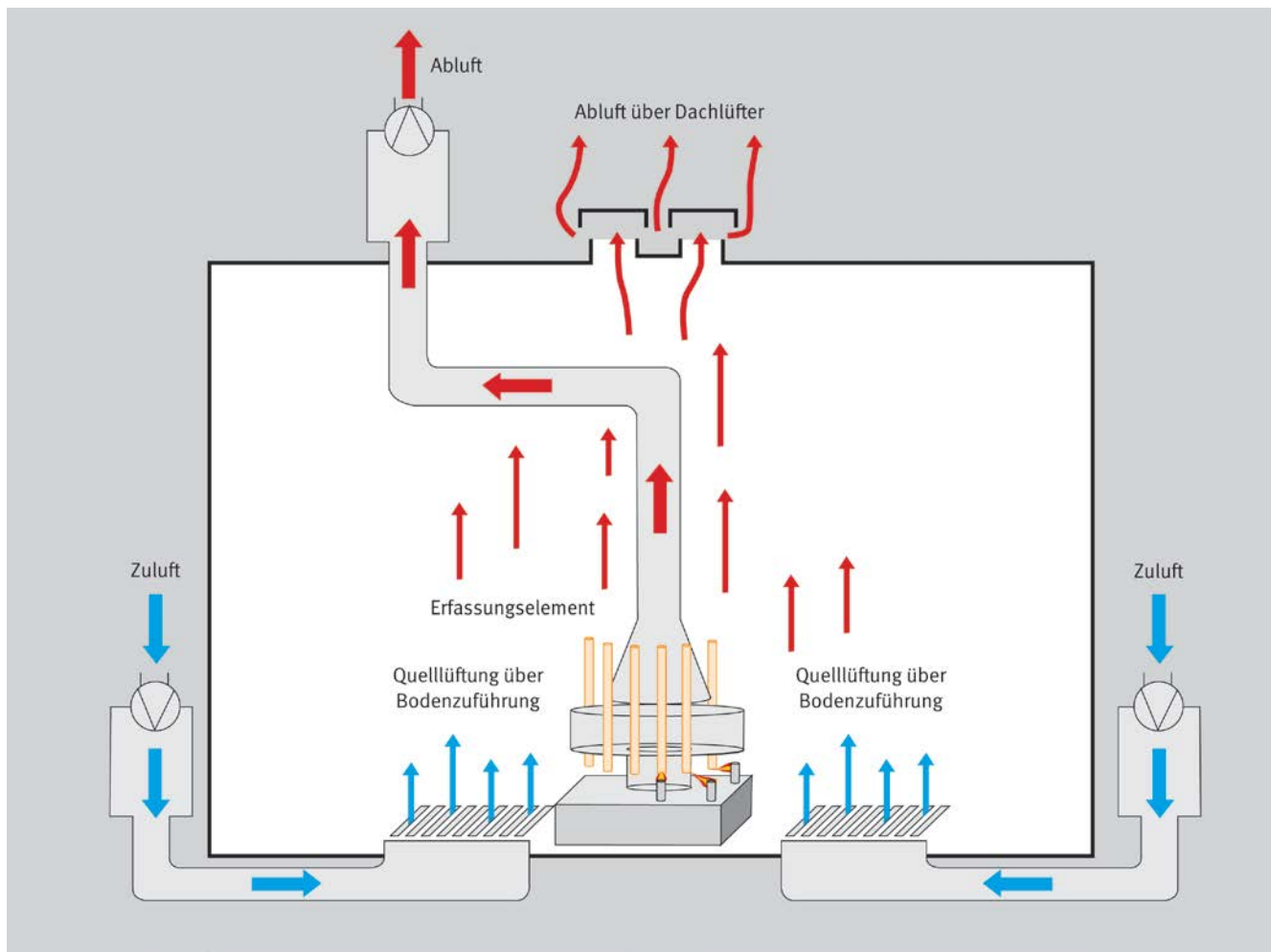


Abbildung 2: Prinzip lüftungstechnischer Maßnahmen mit Quelllüftung im Bodenbereich

Informationen und weitere Literatur

1. DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
2. DGUV Information 209-047 „Nitrose Gase beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“

Informationen

Diese und andere Fachinformationen stehen Ihnen auf der Branchenseite Glas und Keramik (www.vbg.de/glaskeramik) im Bereich Praxishilfen & Material als Datei im PDF-Format kostenlos zur Verfügung. Dort finden Sie zum Beispiel auch Handlungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung und Muster-Betriebsanweisungen. Präventionsfeld Glas/Keramik, Herr Dr. Karlheinz Guldner, Telefon 0931 7943-318, E-Mail karlheinz.guldner@vbg.de

Herausgeber:



VBG

Ihre gesetzliche
Unfallversicherung

www.vbg.de

Massaquoipassage 1
22305 Hamburg
Postanschrift: 22281 Hamburg

Artikelnummer: 46-13-5480-9

Realisation:
Jedermann-Verlag GmbH
www.jedermann.de

Version 2.0
Stand Juni 2022