

**Inhalt:**

- 1 Geltungsbereich
- 2 Thematische Einführung
- 3 Technische und wissenschaftliche Grundlagen
- 4 Allgemeine Hinweise
- 5 Auswahl der Gasschläuche
- 6 Andere Fehlerquellen
- 7 Glossar
- 8 Schrifttum

**1 Geltungsbereich**

Dieses Merkblatt gilt für Gasschläuche für Schweiß- und Wurzelschutzgase, wie sie für die gasgeschützten Lichtbogenschweißprozesse eingesetzt werden. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Eignung der Schläuche beim Schweißen von Werkstoffen, die als besonders kritisch gegenüber Verunreinigung der Prozessgase durch Sauerstoff, Wasserstoff oder Feuchtigkeit einzuschätzen sind. Dazu zählen beispielsweise Titan, Aluminium, Feinkornbaustähle und nichtrostende Stähle.

**2 Thematische Einführung**

Neben einer Rohrleitung stellt ein Schlauch die einzige Möglichkeit dar, Prozessgase von einer Entnahmestelle (z. B. Gasflasche mit Druckminderer) zum Einsatzort (Schweißbrenner) transportieren. Rohrleitungen werden nach Möglichkeit immer dann eingesetzt, wenn die Leitung über längere Strecken hin oder nicht beweglich sein muss. Ist allerdings Beweglichkeit bzw. Flexibilität der Leitung gefordert, so ist nur eine Schlauchleitung möglich.

Schläuche zum Transport von Gasen bestehen entweder aus Kautschuk oder aus Polymeren (Kunststoffen) mit oder ohne Verstärkungseinlagen. Im Gegensatz zu fachgerecht verlegten Rohrleitungen haben Schläuche allerdings den Nachteil, dass sie nicht völlig diffusionsdicht sind, d. h., es können Gase und Flüssigkeiten<sup>1)</sup> durch die Wandung aus dem Schlauch heraus, aber auch in den Schlauch hinein gelangen. Das Herausdiffundieren von Prozessgas aus dem Schlauch heraus ist in der Regel als unkritisch anzusehen, weil höchstens ein leichter Druckverlust im Schlauch die Folge ist, kann der umgekehrte Vorgang für Probleme sorgen. Gelangen nämlich Gase oder Feuchtigkeit von außen in das Innere des Schlauchs, ist dies gleichzusetzen mit einer Verunreinigung des Prozessgases. Je nach Anwendung und Material können mögliche Folgen wie Anlauffarben, Porenbildung, Versprödung und andere auftreten.

<sup>1)</sup> Korrekterweise diffundieren Flüssigkeiten nicht als solche durch die Schlauchwand. Vielmehr löst sich der Molekülverbund auf und die Bestandteile (die einzelnen Moleküle) der Flüssigkeit diffundieren einzeln durch das Material. Im technischen Alltag werden jedoch auch Flüssigkeiten (z. B. Wasser) als diffusionsfähig wahrgenommen.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Die Norm DIN EN ISO 14175 „Schweißzusätze – Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse“ regelt zwar, dass Schweißprozessgase eine bestimmte Mindestreinheit haben müssen, gilt dabei aber nur für das Gas in der Flasche oder im Tank. Eine mögliche Verunreinigung des Gases auf dem Weg zwischen Speicherort (Flasche/Tank) und Verbrauchsort (Schweißbrenner) wird durch diese Norm nicht erfasst. Weiterhin ist zu beachten, dass die Mindestreinheit der unter DIN EN ISO 14175 genormten Gase für viele Anwendungen nicht ausreicht.

Bei Betrachtung des Schutzgasflusses durch die unterschiedlichen Schläuche sind drei verschiedene Arten von Schutzgasschläuchen zu unterscheiden. Dies ist erstens der Schutzgasschlauch, der von der Entnahmestelle bis zur Stromquelle oder zu einer Formiervorrichtung führt. Dieser Schlauch muss die Anforderungen nach DIN EN ISO 3821 oder DIN EN 1327 erfüllen.

Die zweite Art der Schutzgasschläuche sind Schläuche, die innerhalb der Schweißstromquelle verarbeitet sind. Für diese Schläuche gibt es keine verbindliche Norm, sie obliegen allein der Verantwortung der Stromquellenhersteller.

Die dritte Art ist der Schutzgasschlauch, der von der Schweißstromquelle zum Schweißbrenner führt. Dieser Schlauch befindet sich in der Regel im Schlauchpaket. Das Schlauchpaket gehört zum Schweißbrenner und muss daher die Anforderungen der EN 60974-7 erfüllen.

Die genannten Normen erfassen die Anforderungen des Schutzgasschweißens hinsichtlich der Schutzgasreinheit und der Gasdurchlässigkeit nicht. Zudem ist auf dem Markt eine Vielzahl unterschiedlicher Schlauchmaterialien erhältlich, die sich in ihren Eigenschaften unterscheiden.

Dieses Merkblatt befasst sich ausschließlich mit dem Gesichtspunkt der Gas- und Feuchtedurchlässigkeit verschiedener Schlaucharten. Weitere Anforderungen an Schutzgasschläuche in Bezug auf Abmessungen, Festigkeitsanforderungen, Farbkennzeichnung, Beständigkeit gegen äußere Einflüsse sind den entsprechenden Normen zu entnehmen (siehe Abschnitt 8).

**3 Technische und wissenschaftliche Grundlagen****3.1 Physikalische Grundlagen****3.1.1 Diffusion**

Als Diffusion bezeichnet man einen physikalischen Prozess, der durch Abbau von Konzentrationsunterschieden zur gleichmäßigen Verteilung von Teilchen und somit zu einer vollständigen Durchmischung zweier Stoffe führt. Diffusion beruht auf der thermischen Eigenbewegung von Teilchen. Bei den Teilchen kann es sich um Atome, Moleküle oder Ladungsträger handeln.

Ein Stoff wird sich immer von einem Gebiet hoher Konzentration in das Gebiet niedrigerer Konzentration bewegen. Befinden sich z. B. in einem abgeschlossenen Behälter zwei Gase unterschiedlicher Dichte geschichtet übereinander, wird sich mit der Zeit trotz des Dichteunterschiedes eine vollständige und homogene Durchmischung einstellen.

Diffusion kann auch durch eine Wand oder Membran hindurch erfolgen. Man spricht dann von Permeation („Durchdringung“).

Im Rahmen dieses Merkblattes wird unter Diffusion das Eindringen von Fremdstoffen von außen in das Schlauchinnere hinein verstanden.

### 3.1.2 Speichervermögen

Der Begriff Speichervermögen steht hier für die Fähigkeit eines Festkörpers, ein Gas bzw. eine Flüssigkeit aufzunehmen und in seiner Materialstruktur einzulagern.

Das gespeicherte Gas bzw. die atomar gespeicherte Flüssigkeit<sup>1)</sup> kann wieder aus dem Festkörper austreten.

Bezogen auf Schutzgasschläuche bedeutet dieses Verhalten, dass die Schlauchwand mit der Zeit Feuchtigkeit aufnimmt und beim Gebrauch über einen nicht bestimmbareren Zeitraum hinweg an das Prozessgas wieder abgibt.

Im Vergleich zu Metallen ist bei Kunststoffen und Gummi das Speichervermögen von Flüssigkeiten<sup>1)</sup> wie z. B. Wasser besonders hoch.

### 3.1.3 Partialdruck

Der Partialdruck ist der Druck, der in einem Gasgemisch einer bestimmten Teilkomponente zugeordnet werden kann. Der Partialdruck entspricht dabei dem Druck, den die Komponente ausüben würde, wenn sie das gesamte Volumen für sich alleine hätte. Ein Partialdruck kann nicht direkt gemessen werden, sondern ist eine Rechengröße, die sich aus dem Gesamtdruck und den Konzentrationen der einzelnen Komponenten ergibt.

Der Partialdruck- und damit der Konzentrationsunterschied einer Komponente zwischen „Innen“ und „Außen“ ist die treibende Kraft der Diffusion. So herrscht in einer Argonleitung ein Sauerstoffpartialdruck von nahezu Null, während in der die Schlauchleitung umgebenden Luft ein Sauerstoffpartialdruck von ca. 212 mbar herrscht. Entlang dieses Druckgefälles wird der Sauerstoff ins Innere der Leitung diffundieren.

Daraus ergibt sich auch eine der maßgeblichen Regeln:

Das Belassen eines Gasschlauches unter Betriebsdruck verhindert nicht das Eindiffundieren von Sauerstoff oder Feuchtigkeit. Selbst bei einem Argondruck von 100 bar beträgt der Sauerstoffpartialdruck gerade mal 1 mbar, während außerhalb des Schlauches immer noch 212 mbar herrschen.

## 3.2 Schlauchmaterialien

### 3.2.1 Gummischlauch

Diese Schläuche bestehen aus dem Hauptbestandteil Gummi. Gummi ist ein vernetztes Material, das keine thermoplastischen Eigenschaften hat.

Bei den Gummischläuchen unterscheidet man Schläuche ohne Einlage und Druckschläuche mit Einlage (Verbundschläuche). Druckbelastete Schläuche müssen mindestens die Anforderungen der DIN EN ISO 3821 erfüllen.

Nach DIN EN ISO 3821 besteht ein Gummischlauch aus:

- einer Innenschicht aus Gummi mit einer Mindestdicke von 1,5 mm,
- einer Verstärkungslage,
- einer Außenschicht aus Gummi mit einer Mindestdicke von 1,0 mm.

### 3.2.2 Kunststoffschlauch

Diese Schläuche bestehen aus dem Hauptbestandteil Kunststoff, welcher in der Regel thermoplastische Eigenschaften hat. Es ist darauf zu achten, dass der Erweichungspunkt des thermoplastischen Kunststoffes deutlich über der Einsatztemperatur liegt.

<sup>1)</sup> Korrekterweise kondensieren Flüssigkeiten nicht als solche durch die Schlauchwand. Vielmehr löst sich der Molekülverbund auf und die Bestandteile (die einzelnen Moleküle) der Flüssigkeit diffundieren einzeln durch das Material. Im technischen Alltag werden jedoch auch Flüssigkeiten (z. B. Wasser) als diffusionstüchtig wahrgenommen.

Bei den Kunststoffschläuchen unterscheidet man Schläuche ohne Einlage und Druckschläuche mit Einlage (Verbundschläuche). Druckbelastete Schläuche müssen mindestens die Anforderungen der DIN EN 1327 erfüllen.

Nach DIN EN 1327 besteht ein Kunststoffschlauch aus:

- einer Innenschicht aus Kunststoffmaterial,
- einer Verstärkungsschicht,
- einer Außenschicht, bestehend aus einem Kunststoffmaterial.

### 3.2.3 Silikonschlauch

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Merkblattes war kein Silikonschlauch bekannt, der die Anforderungen in der Schweißtechnik hinsichtlich Diffusionsdichtheit auch nur annähernd erfüllt. Daher gelten Silikonschläuche als ungeeignet für die Schweißtechnik und werden in diesem Merkblatt nicht weiter behandelt.

## 3.3 Anforderung an die Schlauchmaterialien

### 3.3.1 Innere Einflüsse

Das Schlauchmaterial muss chemisch beständig sein gegen alle Gase und Gasgemische der Tabelle 2 der DIN EN ISO 14175.

### 3.3.2 Äußere Einflüsse

Das Schlauchmaterial muss zum einen beständig gegen äußere Einflüsse sein. Äußere Einflüsse können mechanische oder chemische/physikalische Einflüsse sein, wie z. B.

- Temperatur,
- Lichtstrahlung,
- Ozon,
- Zug- und Druckbelastungen,
- äußere Medien (z. B. Funkenflug, chemische Umgebung).

Zum anderen muss das Schlauchmaterial auch die Gase und Gasgemische vor äußeren Einflüssen (in der Regel hervorgerufen durch Diffusionsvorgänge) schützen.

## 3.4 Einfluss von Feuchte, Sauerstoff und Wasserstoff auf verschiedene Materialien

### 3.4.1 Aluminium → Poren durch Wasserstoff und Feuchte

Beim Verarbeiten von Aluminium ist besonders der Einfluss von Feuchte als kritisch anzusehen. Bereits geringe Mengen von Feuchtigkeit im Schweißprozessgas können verstärkt zur Bildung von Poren im Schweißgut führen.

Bei hohen Temperaturen, wie sie in der Fügezone bei Schweißprozessen herrschen, entsteht atomarer Wasserstoff, der sich in der Aluminiumschmelze löst. Da die Wasserstofflöslichkeit des Aluminiums mit der Temperatur abnimmt und sich bei der Erstarrung sprunghaft verringert, kann der Wasserstoff nicht schnell genug aus der Aluminiumschmelze ausgasen. Hierdurch können Gasporien entstehen.

Deswegen muss darauf geachtet werden, dass in der kompletten Gasversorgungskette so wenig Feuchtigkeit wie möglich in das Prozessgas eindringen kann.

### 3.4.2 Anlauffarben bei nichtrostenden Stählen (Chrom-Nickel-Stähle)

Die Korrosionsbeständigkeit der nichtrostenden Stähle wird durch eine sehr dünne und festhaftende Chromoxidschicht auf der Oberfläche bewirkt, die sich unter Sauerstoffeinwirkung (z. B. an der Luft) selbstständig bildet und die als Passivschicht bezeichnet wird. Die Bildung dieser Passivschicht erfolgt erst bei Chromgehalten von mehr als ca. 11%, ihre Dicke beträgt etwa 5 bis 10 nm. Wirken gleichzeitig Wärme (>250°C) und Sauerstoff auf die Passivschicht ein, entstehen auf der Materialoberfläche Anlauffarben. Sie zeigen sich als farbige Streifen parallel zur Schweißnaht. Bei der Bildung von Anlauffarben wird die normale