

209-011

DGUV Information 209-011



Gasschweißen

kommmit** mensch** ist die bundesweite Kampagne der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Sie will Unternehmen und Bildungseinrichtungen dabei unterstützen, eine Präventionskultur zu entwickeln, in der Sicherheit und Gesundheit Grundlage allen Handelns sind. Weitere Informationen unter www.kommmitmensch.de

Impressum

Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-6132
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Oberflächentechnik und Schweißen
im Fachbereich Holz und Metall der DGUV

Ausgabe: Oktober 2018

DGUV Information 209-011
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger
oder unter www.dguv.de/publikationen

Bildnachweis

Titelbild, 7,8: © BGHM/SLM GmbH; Abb. 1-6, 9-19: ©BGHM;

Gasschweißen

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
1	Vorwort	5	
2	Anwendungsbereich	6	
3	Eigenschaften von Gasen	7	
3.1	Sauerstoff	8	
3.2	Brenngase	9	
3.2.1	Acetylen	9	
3.2.2	Flüssiggas	10	
3.2.3	Erdgas	10	
3.2.4	Wasserstoff	11	
4	Umgang mit Geräten und Einrichtungen	12	
4.1	Umgang mit Druckgasflaschen	12	
4.1.1	Kennzeichnung von Druckgasflaschen	12	
4.1.2	Inhalt der Druckgasflaschen	14	
4.1.3	Handhabung und Lagerung von Druckgasflaschen	15	
4.1.4	Befördern von Druckgasflaschen	15	
4.1.5	Aufstellen von Druckgasflaschen	17	
4.1.6	Umfüllen von Druckgasflaschen	18	
4.1.7	Flaschenbatterien	18	
4.1.8	Verdampferanlagen	19	
4.2	Umgang mit Druckreglern	19	
4.3	Umgang mit Gasschläuchen	21	
4.4	Umgang mit Brennern	23	
4.5	Umgang mit Sicherheitseinrichtungen	25	
4.6	Formieren	27	
5	Gesundheitsgefahren durch Gefahrstoffe	28	
5.1	Gase und Rauche	28	
5.2	Lufttechnische Maßnahmen	29	
6	Persönliche Schutzausrüstung	30	
6.1	Schutzkleidung	30	
6.2	Atemschutz	30	
6.3	Haut- und Augenschutz vor künstlicher optischer Strahlung	31	
6.4	Lärm und Gehörschutz	32	
6.5	Sonstige Schutzausrüstungen	33	
7	Schweißtechnische Arbeiten mit besonderen Gefahren	34	
7.1	Arbeiten in engen Räumen	34	
7.1.1	Gefahren	34	
7.1.2	Schutzmaßnahmen	35	
7.2	Arbeiten in Bereichen mit Brand- und Explosionsgefahr	36	
7.2.1	Charakteristik und Ausdehnung der Bereiche	36	
7.2.2	Bereiche mit Brandgefahr	38	
7.2.3	Bereiche mit Explosionsgefahr	40	
7.3	Schweißarbeiten an oder in Behältern mit gefährlichem Inhalt	40	
7.4	Unterwasserschweiß- und -schneidarbeiten	42	
7.5	Arbeiten in Druckluft	42	
8	Arbeitsmedizinische Vorsorge	43	
9	Vorschriften und Regeln	44	
10	Anlagen	46	
10.1	Erlaubnisschein für feuergefährliche Arbeiten	46	
10.2	Muster eines Nachweises zur Einhaltung der höchstzulässigen Transportmengen nach Unterabschnitt 1.1.3.6. ADR (1000-Punkte-Regel)	47	
10.3	Beförderungsbeispiel	48	

1 Vorwort

In vielen Bereichen von Fertigung und Instandhaltung spielen nach wie vor das Gasschweißen und die damit verwandten Verfahren – Brennschneiden, Flammlöten, Flammrichten, Flammwärmen und andere – eine große Rolle.

Die Gerätetechnik wurde zu einem hohen Stand entwickelt. Dennoch gehen auch von dieser Technik Gefahren aus.

Es kann zum Umfallen der Gasflasche, zum Flammrückschlag, zum Platzen eines Schlauchs, zu Vergiftungen, zu Blendungen, zum Brand, zu einer Verpuffung oder auch zu einer Explosion kommen.

Unfälle sind die Folge, oft kleine Verletzungen, manchmal auch Ereignisse mit schwerwiegenden Folgen für die Betroffenen.

Wie kann man das verhindern?

Sichere Einrichtungen verwenden, sie prüfen und pflegen, noch genauer und eindringlicher informieren, sich noch sicherer und gesundheitsbewusster verhalten!

Vorschriften, Normen und Regeln sind nicht immer zur Hand. Sie sind auch vielleicht nicht immer übersichtlich und leicht lesbar. Deshalb sollen auf den folgenden Seiten Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Anwendung der Autogentechnik in verständlicher Form abgehandelt werden.

Möglichkeiten zur Umsetzung der Forderungen, die zum Beispiel Arbeitsschutzgesetz, Betriebssicherheitsverordnung und auch Gefahrstoffverordnung sowohl an Unternehmer und Unternehmerinnen als auch an Beschäftigte stellen, werden anhand des in DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“, DGUV Regel 100-500 und 100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln“ und in Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) und zu Gefahrstoffen (TRGS) beschriebenen Stands der Technik aufgezeigt.

Darüber hinaus müssen sich die Beschäftigten auch über zusätzliche Gefährdungen und erforderliche Schutzmaßnahmen informieren, die nur indirekt mit dem Schweißen zu tun haben: Schleifarbeiten, Arbeiten von Leitern aus, Bauarbeiten usw.

Weitere DGUV Informationen stehen dafür zur Verfügung.

2 Anwendungsbereich

Gasschweißen ist hier als Oberbegriff für eine Vielzahl von Fertigungsverfahren mit offener Flamme zu verstehen. Es werden für alle Verfahren annähernd gleiche Ausrüstungen benötigt, und auch die sich aus den Gefährdungen ergebenden Schutzmaßnahmen sind vergleichbar.

Tabelle 1 Verfahren mit offener Flamme

Verfahren mit offener Flamme				
Fügen	Beschichten	Trennen	Ändern von Stoffeigenschaften	Umformen
• Gasschweißen • Gaspressschweißen • Flammlöten	• Flamspritzen • Flamschockspritzen • Gas-Auftrags-schweißen • Flammgrundieren	• Brennschneiden • Brennhobeln • Brennfugen • Brennflämmen • Brennbohren (Sauerstoffkernlanze) • Flammstrahlen	• Flammhärten • Flammwärmen • Flammmentspannen	• Flammrichten

3 Eigenschaften von Gasen

Kenntnisse über die Eigenschaften der verwendeten Gase sind wichtig, um die Gerätetechnik richtig anzuwenden und damit Gefährdungen zu vermeiden.

In der Autogentechnik wird meist Acetylen als Brenngas eingesetzt. Flüssiggas und Erdgas werden vorwiegend für Anwärmarbeiten, Flammlöten und Brennschneiden verwendet.

Für Flammspritzarbeiten werden auch flüssige Brennstoffe eingesetzt.

Um den hohen Energiegehalt der Brennstoffe auszunutzen und hohe Flammenleistungen und hohe Verbrennungstemperaturen zu erreichen, wird meist Sauerstoff zugeführt.

Dichte der Gase im Vergleich zur Luft

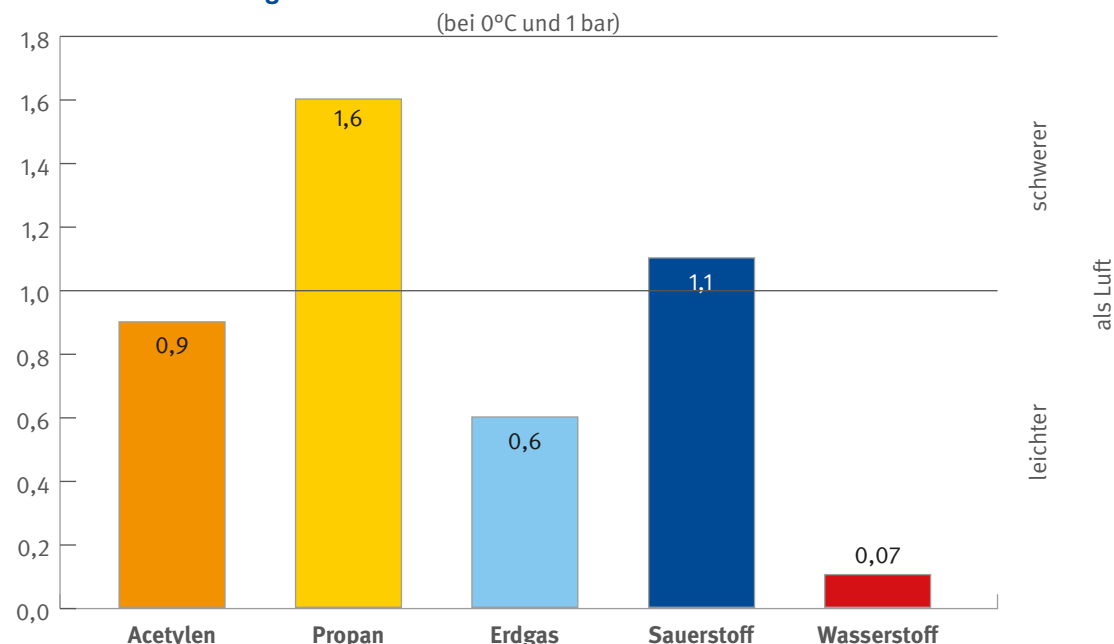


Abb. 1 Dichte der Gase im Vergleich zu Luft

Explosionsbereiche von Gas-Luft-Gemischen

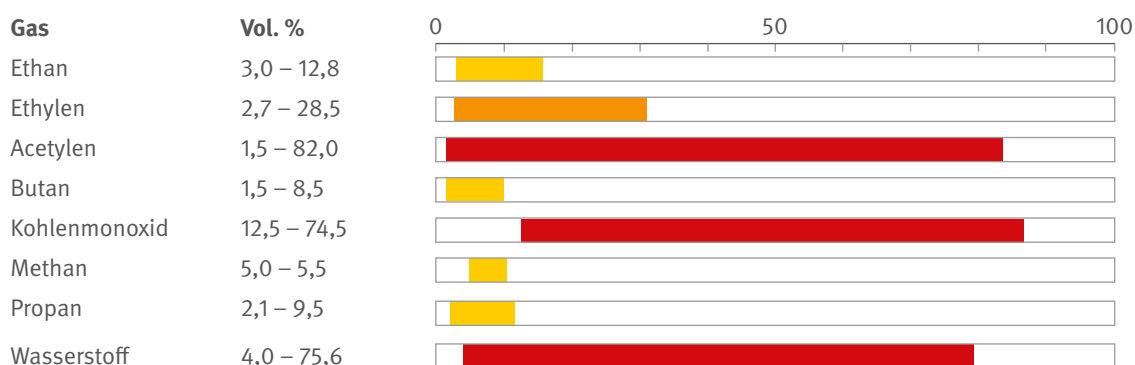


Abb. 2 Explosionsbereiche der Brenngase der Autogentechnik

3.1 Sauerstoff

Sauerstoff ist etwas schwerer als Luft (Abb. 1). Er ist selbst nicht brennbar, aber für Verbrennungsvorgänge unentbehrlich. Der Sauerstoffgehalt der Luft beträgt rund 21 Volumenprozent. Eine Erhöhung um nur wenige Prozent beschleunigt Verbrennungsprozesse erheblich. In reinem Sauerstoff verläuft die Verbrennung gezündeter oder glühender Stoffe äußerst lebhaft.

Neben der Beschleunigung der Verbrennungsvorgänge bei Erhöhung des Sauerstoffgehalts ist häufig auch eine Absenkung der Zündtemperatur brennbarer Stoffe feststellbar. So kann reiner Sauerstoff bereits bei Raumtemperatur zur Entzündung von Ölen oder Fetten führen.

Auch flammhemmend ausgerüstete Schutzkleidung für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren kann in mit Sauerstoff angereicherter Atmosphäre sehr schnell brennen. Deshalb darf Sauerstoff niemals zur Luftverbesserung in Räumen oder Behältern, zum Abblasen der Kleidung oder zum Kühlen benutzt werden.

Auf Dichtheit der eingesetzten Schweiß- und Schneidausrüstung ist sorgsam zu achten.

Bei weniger als 18 Volumenprozent Sauerstoff in der Umgebungsluft spricht man von Sauerstoffmangel. Häufig wird nicht bedacht, dass jede Brenngasflamme neben dem zugemischten Sauerstoff aus Druckgasflaschen oder Entnahmestellen auch Sauerstoff aus der Umgebung für eine vollständige Verbrennung benötigt.

Besonders in engen Räumen und lüftungsarmen Bereichen besteht so die Gefahr des Sauerstoffmangels, wenn nicht auf ausreichende Frischluftzufuhr geachtet wird. Außerdem entsteht bei unvollständiger Verbrennung giftiges Kohlenmonoxid.

Die Wirkungen von Sauerstoffüberschuss und Sauerstoffmangel sind in Abbildung 3 aufgezeigt.

Für geringe Verbrauchsmengen und mobile Arbeitsplätze wird Sauerstoff in Druckgasflaschen in Größen bis 50 l Nenninhalt unter einem Druck von 200 oder 300 bar bereitgestellt.

Für größeren Verbrauch sind Flaschenbündel einsetzbar. Bei großen zentralen Versorgungsanlagen wird der Sauerstoff tiefkaltverflüssigt in Tanks gelagert. Über einen Verdampfer wird aber gesichert, dass der Sauerstoff im Verteilungsnetz unter Nenndruck immer gasförmig vorliegt.

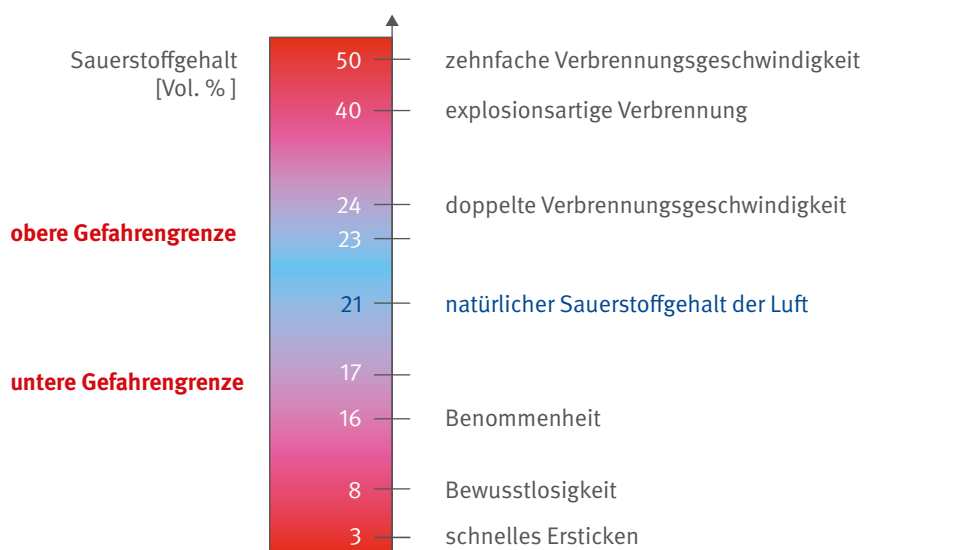


Abb. 3 Wirkungen von Sauerstoffmangel und Sauerstoffüberschuss

Bauteile und Geräte der Autogentechnik, die mit reinem Sauerstoff in Kontakt kommen, müssen dafür geeignet sein. Eignung und Ausbrennsicherheit müssen vom Hersteller nachgewiesen werden.



In der DGUV Information 213-073 werden weitere Informationen zum Umgang mit Sauerstoff gegeben.

Hinweise zu geeigneten nichtmetallischen Werkstoffen für, zum Beispiel, Dichtungen gibt die DGUV Information 213-075. Die DGUV Information 213-076 enthält eine Liste der geprüften Armaturen, Schläuche und Anlagenteile. Für Rohrleitungen für Sauerstoff gibt das DVS-Merkblatt 0217 Installationshinweise.

3.2 Brenngase

Die Autogentechnik beruht auf der Ausnutzung der in den Brenngasen enthaltenen Energien. Ihre Nutzbarmachung bedingt die Verwendung hoch entwickelter Geräte und Verfahren, die sich je nach eingesetztem Brenngas in Details wie Arbeitsdrücken, Düsengestaltung oder einsetzbaren Werkstoffen und Dichtungswerkstoffen unterscheiden.

3.2.1 Acetylen

Acetylen ist etwas leichter als Luft (Abb. 1). Es ist eine instabile chemische Verbindung aus Kohlenstoff und Wasserstoff: C_2H_2 .

Geringe Verunreinigungen verleihen dem Acetylen seinen eigentümlichen Geruch. An der Luft verbrennt das Gas mit stark rußender Flamme, da der zur Verfügung stehende Sauerstoff – die Luft enthält nur etwa 21 Volumenprozent – für eine vollständige Verbrennung nicht ausreicht.

Wird es dagegen im richtigen Verhältnis mit Pressluft oder Sauerstoff gemischt, verbrennt es vollständig und rußfrei bei hoher Temperatur, zum Beispiel mit Sauerstoff bei ca. 3100 °C.

Gemische aus Acetylen und Luft/Sauerstoff sind innerhalb bestimmter, aber sehr weiter, Grenzen zünd- und explosionsfähig. Bei Luft liegen diese Grenzen zwischen 2,3 und 82 Volumenprozent Acetylen (Abb. 2), während in reinem Sauerstoff bis 93 Volumenprozent Acetylen zu Explosionen führen können.

Das bedeutet, dass derartige Gemische nahezu in jedem Mischungsverhältnis explosionsgefährlich sind. Die Stärke des Geruchs ist kein Maßstab für die Größe der Gefahr.

Schon bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen – etwa 335 °C – und sehr niedriger Zündenergie kann es zur Zündung dieser Gasgemische kommen. Ein heruntergefallener eiserner Gegenstand, ein Funke in einer elektrischen Handbohrmaschine oder in einem Schalter, ein aus der Tasche fallendes Feuerzeug können ebenso wie die Funken am Schleifbock oder ein heißes Ofenrohr die Ursache einer Zündung sein. Zahlreiche Unfalluntersuchungen haben ergeben, dass oft ungewöhnliche Vorgänge für die Auslösung des Unglücks ursächlich waren.

Acetylen ist ein instabiles Gas. Bei plötzlichen Druckstößen oder Temperaturerhöhungen kann ein Zerfall in Wasserstoff und Kohlenstoff erfolgen. Dazu ist kein Sauerstoff erforderlich. Große Wärmemengen werden dabei frei, die schnell zu noch höheren Drücken und damit zu weiterem, explosionsartigem Zerfall führen.

Besondere Umsicht ist bei der Gestaltung und Nutzung von Hochdruckteilen der Acetylenversorgungsanlagen erforderlich. Querschnitte und Längen der Hochdruckleitungen sind so gering wie möglich auszuführen, da bei einer adiabatischen Verdichtung durchaus die Zerfallstemperatur von Acetylen erreicht werden kann.

Zur Vermeidung gefährlicher Vorgänge ist große Umsicht beim Umgang mit Acetylen erforderlich.

Manipulationen an Acetylenanlagen oder ihren Bauelementen sind verboten. So ist es zum Beispiel nicht zulässig, Flaschendruckregler für den Einsatz als Hauptstellendruckregler in Acetylenanlagen oder Bündelanschlüssen umzubauen oder mit selbst gefertigten Adaptern zu betreiben.



Installationshinweise für Rohrleitungen für Acetylen gibt das DVS- Merkblatt 0216.

Der zulässige maximale Arbeitsdruck soll langsam erreicht werden und ist in der Regel auf 1,5 bar begrenzt.

Die sichere Speicherung von Acetylen unter höherem Druck in Acetylenflaschen beruht auf besonderen physikalischen Voraussetzungen.

Sicherer Umgang mit Acetylen fordert auch, dass nur geeignete Werkstoffe für Leitungen, Armaturen, Dichtungen und andere Bauteile verwendet werden.

Kommt Acetylen zum Beispiel mit Kupfer oder hoch kupferhaltigen Legierungen in Berührung, kann es zur Bildung des äußerst explosiblen Acetylenkupfers kommen. Teile aus reinem Kupfer oder aus Legierungen mit einem Kupfergehalt von mehr als 70 Gewichtsprozent dürfen daher an Acetylenanlagen nicht angebracht werden. Auch als Schlauchverbinder sind Kupferröhrchen deshalb unzulässig.

3.2.2 Flüssiggas

Das in der Autogentechnik unter anderem zum Brennschneiden, Anwärmen und Flammlöten benutzte Flüssiggas (Propan, Butan und deren Gemische sowie Propen) ist in gasförmigem Zustand wesentlich schwerer als Luft (Abb. 1).

Flüssiggase haben daher das Bestreben, in Vertiefungen, wie Keller, Schächte oder Gruben, einzuströmen. Dabei verdrängen sie gleichzeitig Luft.

Hierdurch kann es in solchen Bereichen zu Unfällen infolge Sauerstoffmangels kommen, vor allem aber bei Zündung des Gas-Luft-Gemischs zu Bränden und Explosionen.

Gemische von Flüssiggas und Luft sind bei einem Gasanteil von etwa 2 bis 9,5 Volumenprozent zünd- und explosionsfähig (Abb. 2). Eine Wolke ausgetretenen Flüssiggases ist in ihrer Randzone praktisch immer zündfähig.

Flüssiggas ist fast geruchlos. Es kann daher in größeren Mengen ausströmen, ohne bemerkt zu werden. Es wird deshalb meist ein Geruchsmittel beigemischt, damit bereits kleinere ausströmende Mengen als Gefahr wahrgenommen werden.

Strömt Flüssiggas in der flüssigen Phase aus, vergast es in kurzer Zeit zum 260-fachen seines bisherigen Volumens und kann sich somit gefährlich schnell und weit ausbreiten.

3.2.3 Erdgas

Auch Erdgas – meist aus Netzen der öffentlichen Gasversorgung – wird in der Autogentechnik eingesetzt.

Erdgas enthält hauptsächlich Methan, daneben oft auch weitere Brenngasanteile wie Propan, Butan, Wasserstoff und, je nach Förderort, unterschiedliche Anteile an Verunreinigungen mit Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff.

Zum Einstellen von definierten Energiegehalten pro Volumeneinheit wird in öffentlichen Netzen häufig Stickstoff zugemischt.

Erdgas ist leichter als Luft (Abb. 1). Der Zünd- und Explosionsbereich von Erdgas in Luft beträgt etwa 5 bis 15 Volumenprozent (Abb. 2).

Ausgeströmtes Erdgas bewirkt also bei Zündung Brände oder Explosionen. Zündquellen können sich auch weit über der Austrittsstelle befinden (Hallenbeleuchtung, Heizstrahler, Lüfter).

Erdgas ist geruchlos, wird aber häufig mit einem Geruchsmittel versetzt, um einen unbeabsichtigten und damit gefährlichen Austritt leichter bemerkbar zu machen.

3.2.4 Wasserstoff

Wasserstoff (H_2) ist ein farbloses, geruchloses und brennbares Gas. Es ist das leichteste Gas. Da es mit kaum sichtbarer Flamme brennt, besteht eine besondere Gefährdung darin, dass Leckflammen kaum erkannt werden können.

Wasserstoff wird zum Gasschweißen, Brennschneiden und als Zusatz für Formiergas eingesetzt. Ein weiteres Einsatzgebiet ist das Plasma- oder auch Laserschneiden.

Der Zündbereich in Luft beträgt 4 bis 75,6 Vol.-%. Die untere Detonationsgrenze beträgt nur 18 Vol.-%.

Wasserstoff wird überwiegend gasförmig in Druckgasflaschen mit 200 oder 300 bar Speicherdruck oder, bei größerem Bedarf, tiefkalt verflüssigt in ortsfesten Tankanlagen bereitgestellt.

4 Umgang mit Geräten und Einrichtungen

4.1 Umgang mit Druckgasflaschen

4.1.1 Kennzeichnung von Druckgasflaschen

Neben der Gasversorgung aus Tanks werden die in der Autogentechnik benötigten Gase vorwiegend in Druckgasflaschen bereitgestellt. Sie können damit sicher und wirtschaftlich transportiert, gelagert und zum Verbrauch bereitgehalten werden.

Gasflaschen für Sauerstoff, Druckluft und Brenngase unterliegen in der Benutzung der Betriebssicherheitsverordnung. Konstruktion, Fertigung und Prüfung vor Inbetriebnahme der Gasflaschen müssen entsprechend den Forderungen der Druckgeräterichtlinie erfolgen.

Beim Transportieren von Druckgasflaschen auf öffentlichen Straßen sind die Bedingungen nach ADR einzuhalten.

Für das Lagern von Druckgasflaschen gelten die Forderungen der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 510.

Auf der Schulter der Gasflaschen sind wichtige Daten eingeprägt (Gasart, Betriebsdruck, Prüfdruck, Prüfdaten, Eigentümer bzw. Hersteller und bei Acetylen auch die Kennzeichnung der porösen Masse).

Die wichtigsten Informationen zum Inhalt der Gasflaschen, der Gasbenennung, den Eigenschaften, dem Hersteller und zu Gefahrensätzen (H-Sätze) und Sicherheitssätzen (P-Sätze) enthält der **Gefahrgutaufkleber** auf der Flaschenschulter (Abb. 4).

 Nach DIN EN ISO 7225 müssen nunmehr bei Gasgemischen auch die einzelnen Bestandteile aufgeführt werden.

Ein Sicherheitsdatenblatt muss vorliegen.

Der dargestellte Gefahrgutaufkleber erfüllt die Anforderungen der Transportvorschriften (GGVSE/ GGVE) und enthält, z. B. für technischen Sauerstoff, folgende Informationen:

1. Risiko- und Sicherheitssätze
2. Gefahrzettel
3. Zusammensetzung des Gases bzw. des Gasgemisches
4. Produktbezeichnung des Herstellers
5. EWG-Nummer bei Einzelstoffen oder das Wort „Gasgemisch“
6. Vollständige Gasbenennung nach GGVSE
7. Herstellerhinweis
8. Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers

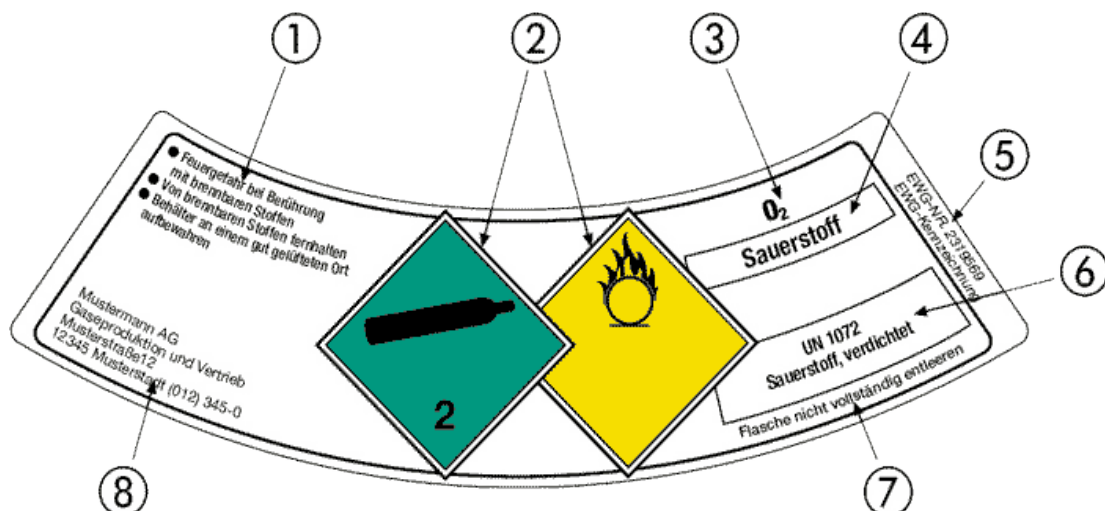


Abb. 4 Gefahrgutaufkleber

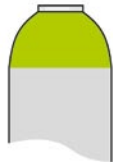
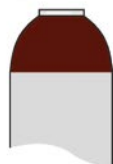
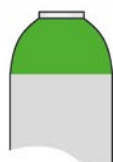
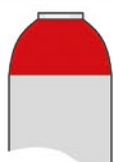
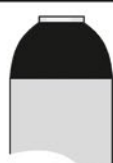
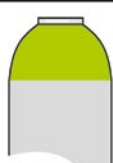
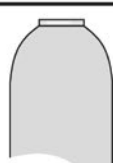
Sauerstoff (technisch)	 weiß grau (blau)	Xenon, Krypton, Neon	 leuchtend grün grau (leuchtend grün)
Acetylen	 kastanienbraun grau (kastanienbraun)	Wasserstoff	 rot rot
Argon	 dunkelgrün grau (dunkelgrün)	Formiergas (Gemisch Stickstoff/ Wasserstoff)	 rot grau
Stickstoff	 schwarz grau (dunkelgrün, schwarz)	Gemisch Argon/ Kohlendioxid	 leuchtend grün grau
Kohlendioxid	 grau grau	Druckluft	 leuchtend grün grau
Helium	 braun grau		

Abb. 5 Farbkennzeichnung für Gasflaschen nach DIN EN 1089-3 (technische Gase)

Die Farbkennzeichnung dient als zusätzliche Information über die Eigenschaften der Gase (brennbar, oxidierend, giftig usw.) und erleichtert Rückschlüsse zu Verhaltensregeln, wenn der Gefahrgutaufkleber wegen zu großer Entfernung nicht lesbar ist.

Mit der Umsetzung der europäischen Norm DIN EN 1089-3 „Farbkennzeichnung von Gasflaschen“ wurde die Kennzeichnung neu und in der EU einheitlich geregelt. In einer Übergangsfrist,

die am 1. Juli 2006 endete, waren alte und neue Kennzeichnung parallel anzutreffen. Die neue Kennzeichnung wurde dabei durch ein „N“ auf der Flaschenschulter hervorgehoben.

Nach Ende der Übergangsfrist sind nur noch die in DIN EN 1089-3 festgelegten Farbkennzeichnungen zulässig.

Für Flüssiggasflaschen gibt es keine einheitliche Farbkennzeichnung. Sie sind an der Bauform zu erkennen.

Bisher wurden die Ventilanschlüsse nicht EU-einheitlich geregelt. Es gelten nationale Festlegungen.

Zum Vermeiden von Verwechslungen haben in Deutschland die Flaschenventile für verschiedene Gasgruppen unterschiedliche Anschlüsse (z. B. Bügelanschluss für Acetylen, Linksgewinde für andere brennbare Gase, Rechtsgewinde für unbrennbare Gase, Sauerstoff und Druckluft). Dazu kommen noch Gewinde verschiedener Größen für unterschiedliche Flaschendrucke und/oder verschiedene Gase.

Die Verwendung von Übergangsstücken ist untersagt.

4.1.2 Inhalt der Druckgasflaschen

Bei **verdichteten Gasen**, zum Beispiel Sauerstoff, Druckluft, Wasserstoff, kann der Inhalt einer Flasche annähernd wie folgt ermittelt werden:

$$I = p \cdot V \quad I \text{ Gasinhalt in Liter unter Normaldruck}$$

$$p \text{ Fülldruck in bar}$$

$$V \text{ Rauminhalt der Flasche in l}$$

Sauerstoffflaschen haben meist einen Fülldruck von 200 bar. Für eine 50-l-Flasche ergibt sich somit ein Inhalt von:

$$I = p \cdot V = 200 \cdot 50 = 10\,000 \text{ l}$$

Dieser Wert entspricht nicht exakt der möglichen Entnahmemenge. In Abhängigkeit vom Hinterdruck, der am Druckregler eingestellt wurde, verbleibt ein Restdruck, und damit Restinhalt, in der Flasche.

Acetylen ist in Flaschen als **gelöstes Gas** enthalten. Es kann als instabiles Gas nicht so hoch verdichtet werden wie zum Beispiel Wasserstoff.

Für die Speicherung ist die in jeder Acetylenflasche aus Sicherheitsgründen vorhandene poröse Masse mit einem Lösemittel – meist Aceton – getränkt, das Acetylen in großen Mengen lösen kann.

Der höchstzulässige Druck der Füllung einer Acetylenflasche ist meist auf 18 bar bei 15 °C festgelegt. Der Druck in der Flasche ändert sich in Abhängigkeit von der Außentemperatur, zum Beispiel bei 25 °C ca. 22 bar; bei 0 °C etwa 13 bar.

Eine 40-l-Acetylenflasche enthält bis zu 7210 l Acetylen bei 15 °C; das höchste Füllgewicht einer derartigen Flasche darf 8,0 kg Acetylen nicht überschreiten. Dieser Flasche dürfen kurzzeitig bis zu 1000 l/h Acetylen entnommen werden. Als Dauerentnahme sind jedoch nur 600 bis 700 l/h zulässig.

Bei größeren Entnahmemengen müssen daher mehrere Flaschen zu einer Batterie zusammengefasst werden, oder die Entnahme muss aus einem Flaschenbündel erfolgen.

Flüssiggas, zum Beispiel Propan, ist in der gefüllten Flüssiggasflasche überwiegend im flüssigen Zustand enthalten. Im Bereich oberhalb des Flüssigkeitsspiegels ist es jedoch als Gas vorhanden. Die Entnahme erfolgt in der Regel auch aus der Gasphase. Durch die Druckverringerung bei Entnahme verdampft weiteres Flüssiggas. So stellt sich immer wieder ein Gleichgewicht zwischen Propan im flüssigen und im gasförmigen Zustand in der Flasche ein.

Zu beachten ist jedoch, dass zum Verdampfen große Wärmemengen notwendig sind. Mit der sich daraus ergebenden Temperaturabsenkung der Flüssigphase, die dann auch als „Vereisung“ der Flasche erkennbar wird, besteht die Gefahr, dass der Flaschendruck unter den erforderlichen Versorgungsdruck der Verbrauchsgeräte absinkt. Das führt dazu, dass solche Flaschen oftmals als „leer“ angesehen werden, obgleich nach Temperaturanpassung weitere Entnahme möglich wäre.

Da 1 kg flüssiges Propan ein Volumen von 1,96 l einnimmt und sich bei Übergang in den gasförmigen Zustand auf das 260-fache dieses Volumens ausdehnt, ergibt sich für eine 11-kg-Flüssiggasflasche ein Inhalt von 5 600 l gasförmigem Propan ($11 \text{ kg} \cdot 1,96 \text{ l/kg} \cdot 260 = 5\,600 \text{ l}$).

4.1.3 Handhabung und Lagerung von Druckgasflaschen

Druckgasflaschen sind so zu handhaben, dass sie nicht beschädigt werden. Es ist darauf zu achten, dass sie keiner starken Erwärmung ausgesetzt werden. Während des Transports und bei der Gasentnahme sollten die Druckgasflaschen möglichst stehen. Sie dürfen nicht geworfen oder mit Magneten transportiert werden. Der Transport muss immer mit aufgesetzter Ventilschutzvorrichtung erfolgen.

Die Druckgasflaschen müssen immer gegen Umfallen gesichert werden.

Die Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 510 legt die grundsätzlichen Forderungen für die Lagerung von Druckgasflaschen fest.

Grundsätzlich gilt, dass in Arbeitsräumen nur Druckgase bis zu einer Maximalmenge von 2,5 l gelagert werden dürfen. Darüber hinaus gehende Mengen sind in Lagern aufzubewahren. Wegen der einfacheren Handhabung und der geringeren baulichen und organisatorischen Maßnahmen sollte die Lagerung im Freien gegenüber einer Lagerung in Lagerräumen bevorzugt werden.

Für Brenngase und Sauerstoff werden nach TRGS 510 bei Lagermengen über 200 kg weitere Sicherheitsmaßnahmen notwendig.

4.1.4 Befördern von Druckgasflaschen

Immer wieder ereignen sich bei der Beförderung von Druckgasflaschen schwere Unfälle, vor allem in geschlossenen und in Werkstatt-Fahrzeugen.

Mangelnde Lüftung in Verbindung mit angeschlossenen Druckreglern und ungesicherte Gasflaschen oder offene Gasflaschenventile sind dabei wesentliche Unfallursachen.

Die Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB) sowie das ADR regeln für den öffentlichen Bereich Anforderungen an Fahrzeug, Kennzeichnung und mitzuführende Dokumente sowie Personal bei der Beförderung von Gasflaschen.

Es ist zu beachten, dass auf öffentlichen Straßen Gefahrgut, also auch Gase der Schweißtechnik, nur in zugelassenen und vollständigen Verpackungen befördert werden dürfen. Bei Druckgasflaschen schließt diese Vollständigkeit auch wirksame Schutzeinrichtungen für Flaschenventile ein.

Außerdem wird die Verwendung geeigneter Fahrzeuge gefordert. Das sind in der Regel Fahrzeuge in offener Bauart.

Müssen kurzzeitig als Ausnahme Fahrzeuge geschlossener Bauart verwendet werden, sind dabei die besonderen Gefahren zu berücksichtigen. Bei Einsatz geschlossener Fahrzeuge zum Transport brennbarer Gase ohne ausreichende Lüftung (z. B. Kleintransporter in Serienausstattung) ist es keinesfalls ausreichend, den nach Ausnahme CV 36 ADR vorgesehenen Aufkleber „Türen vorsichtig öffnen“ anzubringen. Damit werden die bei solchen Serienfahrzeugen vorhandenen Zündquellen nicht beseitigt. Es kann sogar zu einer höheren Gefährdung führen, wenn durch sehr langsames Öffnen der Türen Lichtbögen an Schaltern auftreten. Auch ist bei derartigen Kleintransportern meist keine Trennung von Bedien- und Laderaum vorhanden, so dass ständig Zündquellen aktiv sind.

Für Transporte eines Unternehmens für die eigene Versorgung in Verbindung mit dem Hauptgewerk oder auch für Kleinmengentransporte sind entsprechende Ausnahmeregelungen mit Erleichterungen zur Fahrzeugausrüstung, zu mitzuführenden Dokumenten und zu Forderungen an die Personalausbildung enthalten.

So müssen zum Beispiel keine Warntafeln am Fahrzeug angebracht und lediglich ein 2-kg-ABC-Löcher zur Bekämpfung von Bränden im Motorraum oder in der Fahrzeugelektrik mitgeführt werden. Fahrpersonal muss keine Gefahrgutausbildung nachweisen. Eine Unterweisung aller am Transport von Druckgasflaschen Beteiligten ist jedoch erforderlich. Rauchverbot gilt generell bei Be- und Entladearbeiten und auch während des Transports, wenn brennbare Gase oder Sauerstoff mit Fahrzeugen befördert werden, deren Kabine nicht gasdicht vom Laderaum getrennt ist.

Es wird empfohlen, bei solchen Kleinmengentransporten einen Lieferschein nach Anlage 10.2 dieser DGUV Information mitzuführen, der Absende- und Zielort sowie Art und Menge des mitgeführten Gefahrguts beinhaltet, einschließlich des Nachweises, dass die 1000-Punkte-Grenze nicht überschritten wird.



Anhang B der GGVSEB enthält einzusetzende Maßeinheiten und Faktoren zur Bestimmung der Freigrenzen, innerhalb derer der Transport nach den vereinfachten Bedingungen als Kleinmengentransport gilt.



Das DVS-Merkblatt 0211 „Druckgasflaschen in geschlossenen Kraftfahrzeugen“ gibt Hinweise, welche Mindestvoraussetzungen für eine funktionierende Lüftung zu erfüllen sind.



Anlage 10.3 dieser DGUV Information zeigt ein Beispiel für die Ermittlung der „Gefahrgutpunkte“ gemäß Kleinmengenregelung.

Es ist zu beachten, dass nur der **Transport** von Kleinmengen, nicht aber die Lagerung von Druckgasflaschen in geschlossenen Fahrzeugen, die nicht für ständige Flaschenaufstellung ausgerüstet sind, erlaubt ist. Das bedeutet, dass die Flaschen erst unmittelbar vor Abfahrt eingeladen werden dürfen, der Zielort auf direktem Wege erreicht wird und die Flaschen unmittelbar nach Ankunft am Zielort aus dem geschlossenen Fahrzeug entfernt werden.

Das Nichtbeachten dieser Grundsätze hat auch in jüngster Zeit zu schweren Unfällen, Explosionen und Bränden von Kleintransportern und PKW geführt.

Für sicheren innerbetrieblichen Transport gibt die Technische Regel TRBS 3145/TRGS 745 wichtige Hinweise.

Folgende Grundsätze sind für den Transport von Druckgasflaschen zu beachten:

1. Sicherung der Druckgasflasche bei der Beförderung
2. Ausreichende Lüftung bei der Beförderung in Fahrzeugen geschlossener Bauweise
3. Schutz der Flasche und des Flaschenventils
4. Sorgsames Verschließen der Flaschenventile und wiederkehrende Prüfung der Dichtheit

Es muss selbstverständlich sein, Druckregler abzubauen, die Ventile dicht zu schließen, – wenn erforderlich, zusätzlich die Ventilschutzmuttern aufzuschrauben – und die Ventile durch Aufsetzen und Befestigen der vorgesehenen Ventilschutzeinrichtungen (Ventilschutzkappen, Schutzkörbe o. Ä.) vor Beschädigung zu schützen.

4.1.5 Aufstellen von Druckgasflaschen

Das Aufstellen von Druckgasflaschen umfasst nach TRGS 3145/TRBS 745 sowohl das Bereithalten für eine unmittelbar bevorstehende Entnahme als auch die Entnahme aus angeschlossenen Druckgasflaschen.

Zur Gasentnahme angeschlossene Gasflaschen und Flaschenbatterien dürfen – genau wie gelagerte Flaschen – nicht in Haus- und Stockwerksfluren, Treppenträumen, Durchgängen und Durchfahrten, in deren unmittelbarer Nähe sowie an Rettungs- oder Fluchtwegen aufgestellt werden. Auch in bewohnten oder der Öffentlichkeit zugänglichen Räumen, in unmittelbarer Nähe leicht entzündlicher Stoffe und in ungenügend belüfteten Bereichen ist eine Flaschenaufstellung unzulässig.

Abweichungen sind nur dann möglich, wenn die Aufstellung zur Ausführung von Arbeiten vorübergehend notwendig ist und besondere Sicherheitsmaßnahmen getroffen sind, zum Beispiel Abspernung, Lüftung.

Sowohl angeschlossene als auch Reserveflaschen sind gegen Umfallen zu sichern. Bewährt haben sich dafür feststehende oder fahrbare Gestelle, Schellen oder Ketten. Auch die Nutzung der speziellen Transportpaletten mit verstellbarem Riegel, in denen viele Gaslieferanten die Flaschen bereitstellen, ist eine gute Lösung.

Bei der Aufstellung von Gasflaschen wird gelegentlich übersehen, dass die Schlauchanschlussstutzen nicht auf andere Gasflaschen gerichtet sein dürfen. Deshalb müssen die Armaturen entsprechend geneigt oder die Flaschen gedreht werden.

Angeschlossene Einzelflaschen und Flaschenbatterien dürfen nicht erhitzt werden.

Es ist also nicht zulässig, die Flaschen in unmittelbarer Nachbarschaft von Schmiedefeuern, Öfen, Heizkörpern aufzustellen oder zu lagern oder sie durch Flammen, Lichtbogen oder Heißluftgebläse zu erhitzen.

Sonnenstrahlung gilt in unseren Breiten nicht als gefährliche Wärmeeinwirkung.

Flüssiggasflaschen – auch entleerte – müssen bei ihrer Lagerung und im Gebrauch für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren stets aufrecht stehen.

Zum Schutz der Flaschenventile, Druckregler und Sicherheitseinrichtungen vor Verschmutzung oder Beschädigung sollten auch die Flaschen für andere Gase der Schweißtechnik nur stehend betrieben werden.

Vor allem bei Flüssiggasflaschen ist darauf zu achten, dass der Verbrauch der möglichen Verdampfungsleistung angepasst ist und Druckregler oder Flasche nicht vereisen.

Acetylenflaschen sind besonders sorgsam zu behandeln und dürfen keiner stoßartigen Belastung ausgesetzt werden. Acetylen als instabiles Gas kann auch ohne Sauerstoff zerfallen und große Wärmemengen freisetzen, die zu weiterem Acetylenzerfall führen.

Sicherheitseinrichtungen gegen Gasrücktritt und Flammendurchschlag werden deshalb auch für Einzelflaschenanlagen empfohlen.

Wenn Brände an Gasflaschen unmittelbar nach Ausbruch bemerkt werden, lassen sie sich im Allgemeinen durch geeignete Maßnahmen und umsichtiges Verhalten wirksam bekämpfen.

Das Flaschenventil muss unmittelbar nach Ausbruch des Brandes mit geschützter Hand geschlossen werden. Die Flasche ist zu kühlen und, wenn gefahrlos möglich, ins Freie zu bringen. Acetylenflaschen sind wegen des möglichen inneren Zerfalls über mehrere Stunden zu kühlen.

Bei anderen in der Schweißtechnik gebräuchlichen Brenngasen gilt jedoch, dass ein kontrollierter Abbrand austretender Brenngase eine „sichere“ Methode zur Vermeidung einer Explosion ist, wenn keine Gefahr für Personen, Umgebung oder andere Druckgasflaschen besteht.

In jedem Fall müssen die im Sicherheitsdatenblatt vorgesehenen Maßnahmen eingeleitet werden.

Beim Brand der Armaturen einer Sauerstoffflasche ist das Flaschenventil möglichst sofort zu schließen, um einer Zerstörung des Druckreglers oder des Flaschenventils vorzubeugen.

Flaschen, die gebrannt haben oder einer Brandwirkung ausgesetzt waren, müssen deutlich gekennzeichnet, aus dem Betrieb entfernt und mit entsprechendem Hinweis an das Füllwerk zurückgegeben werden.

4.1.6 Umfüllen von Druckgasflaschen

Das Füllen von Druckgasflaschen erfolgt üblicherweise in Füllanlagen. In derartigen Anlagen nimmt entsprechendes Fachpersonal die Füllung vor. Dabei wird gleichzeitig sichergestellt, dass erforderliche Prüf Fristen eingehalten und notwendige Wartungs- oder Reparaturarbeiten veranlasst werden.

Nur für so genannte Handwerkerflaschen mit Flüssiggas und einem Rauminhalt von 1 Liter (Kleinstflasche) besteht eine Ausnahme. Hier können Handwerksleute in eigener Verantwortung die Flasche volumetrisch füllen – durch Umfüllen, allerdings ausschließlich mit einer dafür vorgesehenen und zugelassenen Einrichtung.

Um ein sicheres Umfüllen zu gewährleisten, sind eine Reihe technischer Schutzmaßnahmen zu beachten. Dazu gehören insbesondere Lüftung und Zündquellenfreiheit. Die Sachkunde der beauftragten Personen muss gewährleistet sein.



Hinweise zum Füllen gibt die Fachbereichsinformation des DGUV-Sachgebietes Flüssiggas („Volumetrisches Füllen von Handwerkerflaschen“).

Das Umfüllen anderer Gase der Schweißtechnik, bis hin zu Acetylen, in eigener Regie wird immer wieder, besonders von kleineren Unternehmen und vom Schweißzubehörhandel, als erstrebenswertes Ziel benannt, um Brenngase angeblich

bedarfsgerechter einsetzen zu können. Dazu werden technische Einrichtungen angeboten, die ein Umfüllen ermöglichen sollen.

Ist dabei sichergestellt, dass bei der Entnahme aus den kleinen Acetylenflaschen durch falsche Lage oder zu großen Bedarf nicht auch das Lösemittel Aceton entnommen wurde?

Gefahren ergeben sich dann beim erneuten Füllen. Eine sichere Acetylen-Speicherung ist bei Acetonmangel nicht gewährleistet. Es besteht die Gefahr, so einen Acetylenzerfall einzuleiten.

Bei anderen Gasen, zum Beispiel Sauerstoff, besteht die Gefahr, dass vor allem ältere Flaschen mit zu hohem Druck befüllt werden. Auch das Füllen von Gasflaschen, deren Prüf Frist abgelaufen ist, ist verboten.

Es kommt immer wieder zu schweren Unfällen, weil beim unsachgemäßen Umfüllen nicht darauf geachtet wird, dass nur das Gas eingefüllt werden darf, für das die Druckgasflasche vorgesehen ist.

Wirtschaftliche Vorteile, die eine Umfüllung durch Nutzer und Nutzerinnen rechtfertigen, scheinen äußerst fragwürdig.

Füllen oder Umfüllen sollte immer in entsprechenden Füllwerken erfolgen.

4.1.7 Flaschenbatterien

Bei größerem Verbrauch von Schweißgasen wird die Versorgung aus einzelnen Gasflaschen unwirtschaftlich oder gar unmöglich. Man koppelt daher mehrere Flaschen zu einer **Flaschenbatterie** zusammen. Diese Flaschenbatterie muss in einem gesonderten Raum oder im Freien aufgestellt werden, wenn sie aus mehr als 6 Flaschen besteht. Von dort wird das Gas über einen Hauptstellendruckregler auf Mitteldruck entspannt und vorwiegend durch Rohrleitungen, die je nach Baugröße der Anlage durch Sicherheitseinrichtungen (z. B. automatische Schnellschlussventile, Flammensperren) geschützt werden, zu den Verbrauchsstellen

geführt. Hier können Entnahmestellendruckregler angeordnet sein, die den für die Verbrauchsanlage spezifischen Arbeitsdruck bereitstellen.

Ein Sonderfall der Flaschenbatterie ist das **Flaschenbündel**, bei dem alle Flaschen in einem Gestell über Rohrleitungen verbunden sind und gleichzeitig gefüllt werden. Auch die Entleerung erfolgt über einen zentralen Anschluss gleichzeitig.

Die Vorteile des Einsatzes von Flaschenbatterien gegenüber Einzelflaschen liegen in der zentralen Bedienung, in der Raumsparnis an den Arbeitsplätzen, in der Verminderung des innerbetrieblichen Flaschentransportes und nicht zuletzt in der größeren Sicherheit.

Wegen des großen Energiegehalts der Flaschenbatterien müssen die für Gasflaschen geltenden Sicherheitsbestimmungen besonders sorgfältig beachtet werden. Auf keinen Fall dürfen Einzelflaschendruckregler durch selbst gebaute Adapter als Hauptstellendruckregler eingesetzt werden.

Bei der Gefährdungsbeurteilung für Batterie- oder Flaschenbündelanlagen ist eine mögliche Explosionsgefährdung besonders zu beachten. Dabei ist neben der unmittelbaren räumlichen Ausdehnung des explosionsgefährdeten Bereichs um die Flaschen- oder Bündelanschlussstellen der Bereich der Abblaseleitungen von Sicherheitsventilen von besonderer Bedeutung.



Erforderliche Maßnahmen sind gemäß TRGS 407 zu bestimmen und zu ergreifen.

Das DVS- Merkblatt 0221 „Gasversorgungsanlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren – Empfehlungen für Prüffristen und die Gefährdungsbeurteilung“ bietet Hilfestellung bei der sicherheitstechnischen Bewertung und Gefährdungsanalyse bestehender Gasversorgungsanlagen sowie bei der Festlegung erforderlicher Prüffristen und Prüffristen für die Gesamtanlage und deren sicherheitsrelevanten Bauteile.

4.1.8 Verdampferanlagen

Wenn große Mengen an Sauerstoff benötigt werden, wird heute immer häufiger die Anlieferung und Lagerung des Sauerstoffs in tiefkalt verflüssigtem Zustand genutzt.

Zur Entnahme des Sauerstoffs aus dem stationären Tank wird dann eine Verdampferanlage eingesetzt, die bedarfsgerecht Sauerstoff in gasförmigem Zustand unter dem Druck der Versorgungsanlage (Ringleitung) bereitstellt.

Dabei muss beachtet werden, dass jede Anlage entsprechend dem zu erwartenden Verbrauch ausgelegt wird, das heißt, es muss sichergestellt sein, dass der Sauerstoff immer nur maximal in der Menge entnommen wird, für die die Anlage ausgelegt ist, damit nicht Sauerstoff in tiefkalt verflüssigtem Zustand in die Versorgungsleitung eintritt.

Flüssiger Sauerstoff würde bei Temperaturerhöhung sofort verdampfen und zu schlagartiger Druckerhöhung im Gasverteilungssystem und somit meist zu dessen Zerstörung führen.

4.2 Umgang mit Druckreglern

Jede Gasentnahme aus einer Gasflasche zum Schweißen und Schneiden erfolgt über einen Flaschendruckregler.

Die Konstruktion und wichtige Bestandteile eines Flaschendruckreglers zeigt Abb. 6.

Da es sich bei Druckreglern und Manometern um empfindliche feinmechanische Geräte handelt, bedürfen sie pfleglicher Behandlung. Treten trotzdem Schäden an ihnen auf, dürfen sie nicht weiter benutzt werden. Reparaturen dürfen nur von Fachleuten, die meist auch von den Herstellern dafür autorisiert wurden, ausgeführt werden. Nur Ersatzteile des Original-Herstellers sind zulässig.

Nicht sachgemäßes Anschließen des Druckreglers oder zu schnelles Öffnen des Flaschenventils bei

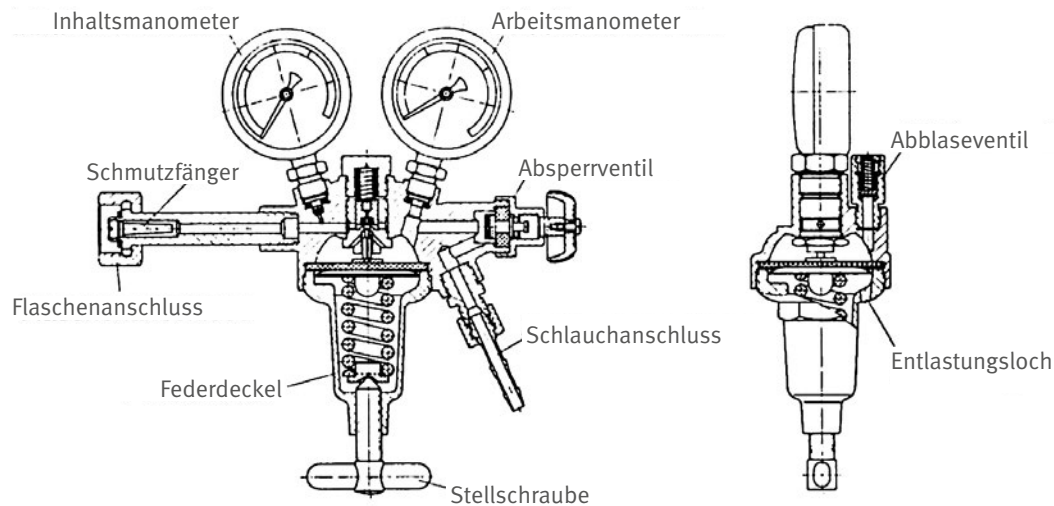


Abb. 6 Prinzipskizze eines Flaschendruckreglers

nicht entspannter Stellschraube des Druckreglers können zu Schäden am Druckregler selbst, aber auch in nachgeschalteten Verteilungsleitungen, führen.

Vor dem Anschrauben des Druckreglers ist das Flaschenventil vorsichtig kurz zu öffnen, um Staub und andere Verunreinigungen aus dem Anschlussstutzen zu blasen. Der Druckregler muss so angebaut werden, wie in der Bedienungsanleitung des Herstellers dargestellt. Dabei ist darauf zu achten, dass weder der Ventilabgang noch der Schlauchanschlussstutzen auf andere Flaschen gerichtet sind.

Vor dem Öffnen des Flaschenventils muss die Einstellschraube des Druckreglers bis zur Entlastung der Feder zurückgedreht werden. Dann erst ist langsam und vorsichtig das Flaschenventil zu öffnen. Dabei soll die Bedienperson sich niemals in der direkten Verlängerung von Ventilabgang, Abblaseventil oder Schlauchanschlussstutzen aufstellen.

Die Dichtheit des Druckregleranschlusses am Flaschenventil muss geprüft werden, gegebenenfalls sind Schaum bildende Mittel einzusetzen. Bei Undichtigkeiten muss der Anschluss auf korrekten Sitz und unbeschädigte Dichtung geprüft werden.

Es ist äußerst gefährlich und führt immer wieder zu schweren Unfällen, wenn durch Verlängerung des Schlüssels oder durch Hammerschläge auf den Schlüssel das Anzugsmoment der Anschlussmutter erhöht wird, um Dichtheit zu erzwingen. Das Gleiche gilt, wenn der Druckregleranschluss unter Druckbeanspruchung nachgezogen wird.

Nach Feststellen der Dichtheit des Druckregleranschlusses am Gasflaschen- oder Bündelventil ist durch langsames Einschrauben der Stellschraube der erforderliche Arbeitsdruck einzustellen.

Um Gasaustritte zu vermeiden, müssen die Flaschenventile oder die Ventile an den Gebrauchsstellen von Gasversorgungsleitungen bei längeren Arbeitsunterbrechungen, nach Verbrauch des Flascheninhalts und vor dem Abschrauben des Druckreglers geschlossen werden.

Bei größerer und länger dauernder Gasentnahme können besonders einstufige Druckregler einfrieren, da bei der Entspannung des Gases vom hohen Flaschendruck (bei Sauerstoff 200 oder heute auch 300 bar) auf den relativ niedrigen Arbeitsdruck eine starke Abkühlung eintritt.

Bei zu großer Gasentnahme aus Flüssiggasflaschen tritt ebenfalls ein Vereisungseffekt an den

Flaschen auf, der dazu führen kann, dass nicht mehr genügend Gas für einen sicheren Betrieb bereitsteht. Es kann zum Erlöschen der Flamme mit anschließendem Ausströmen unverbrannten Brenngases oder gar zum Rückbrennen in die Gas-schläuche kommen.

Das Auftauen darf nur mit heißem Wasser, Warm-luft oder Ähnlichem erfolgen. Anwendung offener Flammen oder glühender Gegenstände ist untersagt.

Vorrangig sollte aber die Gerätetechnik dem Ver-brauch angepasst werden, das heißt, es sollten Flaschenbatterien oder –bündel eingesetzt und auch mehrstufige Druckregler und Druckregler mit größerer Leistung gewählt werden.

Die Druckregler müssen für die entsprechende Gasart gekennzeichnet sein und zum genormten Flaschenanschluss passen. Zwischenstücke oder Adapter dürfen nicht verwendet werden.

Es ist nicht zulässig, Flaschendruckregler oder Entnahmestellendruckregler für die Entnahme von Acetylen aus Flaschenbündeln einzusetzen oder für diesen Einsatz anzupassen. Hier müssen ge-eignete Hauptstellendruckregler benutzt werden.

Die Manometer von Acetylen-Flaschendruckreg-lern tragen die Aufschrift „acetylene“ und der ein-stellbare Hinterdruck ist auf 1,5 bar zu begrenzen (zusätzlich macht eine rote Marke am Hinterdruck-manometer bei 1,5 bar darauf aufmerksam).

Alle Sauerstoffmanometer sind auf dem Zifferblatt mit dem Wort „oxygen“ oder dem Buchstaben „O“ sowie dem Symbol  gekennzeichnet.

Eine farbliche Kennzeichnung der Zifferblattmitte erfolgt nicht mehr. Der höchstzulässige Betriebs-druck ist mit einer farbigen Marke zu kennzeich-nen.

Für alle Anlagenteile, die mit reinem Sauerstoff in Kontakt kommen können, muss darauf geachtet werden, dass sie absolut frei von Öl, Fett oder Glycerin sind.

Geringe Spuren dieser Stoffe, besonders in feiner Verteilung, genügen bereits zur Einleitung einer Entzündung und explosionsartigen Verbrennung, wenn reiner Sauerstoff vorhanden ist.

Fettige Finger, gebrauchte Putzlappen, abtropfen-des oder verspritztes Öl haben schon schwere Unfälle oder Brandschäden verursacht.



Verschmutzte Teile lassen sich mit entsprechenden Mitteln reinigen (siehe DGUV Information 213-073 „Sauerstoff“).

Generell sollte immer darauf geachtet werden, dass die Filtereinsätze am Eingangsstutzen der Druckregler vorhanden und funktionsfähig sind, damit Verunreinigungen nicht die Funktionsfähig-keit beeinträchtigen oder gar zur Zerstörung des Druckreglers oder der gesamten Anlage führen.

4.3 Umgang mit Gasschläuchen

Bei stationärem Betrieb und hohem Bedarf an Gasen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren erfolgt die Gasversorgung vorwiegend über fest verlegte Rohrleitungen. Von der Entnah-mestelle der Versorgungsanlagen zum Verbrauchs-gerät sowie im handwerklichen Bereich, mit häufig wechselnden Verbrauchsplätzen und -mengen, werden vorwiegend Schlauchleitungen eingesetzt. Es werden dabei besondere Anforderungen an die Schläuche, Schlauchkupplungen, Schlauchan-schlüsse und deren Verbindungen gestellt.

Die technischen Anforderungen an die Beschaf-fenheit und Gestaltung sind in Normen festgelegt. Es ist besonders darauf zu achten, dass Schläuche der richtigen Druckstufen eingesetzt werden.

Gummischläuche zum Schweißen, Schneiden und für verwandte Verfahren werden entsprechend ihrer Eignung für die einzelnen Gase farblich gekennzeichnet.

Diese Eignung ist mit in Normen festgelegten Prü-fungen durch den Hersteller nachzuweisen. Für die

Tabelle 2 DIN EN ISO 3821 gibt folgende Kennzeichnungsfarben für Gummischläuche für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren vor:

Gasart	Kennfarbe und Kennzeichnung der Außenschicht
Acetylen und andere Brenngase ^a (außer LPG, MPS, Erdgas, Methan)	rot
Sauerstoff	blau
Druckluft, Stickstoff, Argon, CO ₂	schwarz
LPG, MPS, Erdgas, Methan	orange
alle Brenngase (in dieser Tabelle), außer mit Flussmittel versetzte Brenngase	rot/orange
mit Flussmittel versetzte Brenngase	rot-FLUX

^a Der Hersteller ist bei Verwendung von Wasserstoff zur Eignung der Schläuche zu befragen.

einzelnen Gasarten werden auch unterschiedliche Prüfungen erforderlich. Die Kennzeichnungsfarbe garantiert dann die Eignung für die jeweilige Gasart.

Allein damit ist aber keine ausreichende Sicherheit gewährleistet. Betriebliche Einsatzbedingungen müssen in jedem Fall berücksichtigt werden.

Es bleibt dabei oberstes Gebot, die Dichtheit der Schläuche und der Anschlussstellen zu erhalten, um Unfälle durch ausströmendes Gas zu vermeiden.

Dabei muss Folgendes besonders beachtet werden:

1. Sicherung gegen Abgleiten

Es ist auf fachgerechte Verbindung zwischen Schlauch und Anschlussstück zu achten. Dabei dürfen nur genormte Durchmesser-Kombinationen von Schlauchinnendurchmesser und Anschlussstück eingesetzt werden.

Unlösbare, nach DIN EN 1256 gefertigte und damit geprüfte, Schlauchverbindungen sind zu bevorzugen.

Für Reparaturen sind aber auch Schlauchschellen oder Klemmen zulässig, die nach dem Schlauchaußendurchmesser ausgewählt werden. Beschädigungen des Schlauchs durch

falsche Platzierung der Befestigung oder zu starkes Quetschen des Schlauchs müssen dabei sicher ausgeschlossen werden.

Die Dichtheit des Anschlusses ist zum Beispiel durch Abpinseln mit Schaum bildenden Mitteln nachzuweisen. Zu beachten ist, dass die Schlauchbindung auch Zug- und Biegekräfte übertragen muss. Die in DIN EN 1256 dafür vorgegebenen Werte sollten erreicht werden.

Verbindungen mit Draht sind völlig ungeeignet.

2. Schutz gegen äußere Einwirkungen

Besonders bei Bauarbeiten ist mit mechanischen Beschädigungen, Verunreinigungen durch Öl oder Fett oder gar thermischen Einwirkungen zu rechnen. Biegebeanspruchung, Wärmestrahlung, aber auch UV-Strahlung können zur Versprödung der Schlauchhülle führen. Damit sind Festigkeit und Dichtheit des Schlauchs nicht mehr gewährleistet.

Gegen mechanische Beschädigungen sind die Schläuche zum Beispiel zu schützen durch:

- Schutzmaßnahmen an scharfen Kanten,
- druckfeste Überdeckung auf Verkehrswegen,
- zweckmäßige Verlegung und Führung der Schläuche.

3. Austausch schadhafter Schläuche

Besonders die Biegebeanspruchung am Flaschenanschluss und, vielmehr noch, am Brenner sorgt dafür, dass Schläuche über Gebühr beansprucht werden und häufig Beschädigungen aufweisen.

Schadhafte Schläuche sind nachzusetzen, sachgemäß auszubessern (Einsatz geeigneter Schlauchkupplungen) oder zu ersetzen; ein Ausbessern mit Isolierband ist kein sachgemäßes Ausbessern.

Vor allem ist auf richtigen Sitz der Schlauchklemme zu achten, damit keine Beschädigung einzelner Schichten des Schlauchs auftritt.

4. Erstmaliges Anschließen

Neue Schläuche sind vor erstmaligem Gebrauch gründlich mit vorzugsweise inerten Gasen auszuspülen. Damit sollen Verunreinigungen in den Schläuchen beseitigt werden. Vor Zünden des Brenners müssen die Schläuche ausreichend mit den entsprechenden Betriebsgasen gespült werden. Das gilt sowohl für neue Schläuche als auch für Schläuche, die zum Beispiel auf

Baustellen an Einzelflaschen neu angeschlossen werden. Damit wird verhindert, dass sich im Schlauch noch rückzündfähiges Brenngas-Luft- oder Brenngas-Sauerstoff-Gemisch befindet.

Die tägliche Sichtkontrolle ist das wichtigste Mittel zur Einhaltung dieser Forderungen, umso mehr, wenn es sich um Arbeitsbereiche ohne ausreichende Lüftung handelt, oder die Schläuche nicht im unmittelbaren Sichtbereich verlegt sind.

Die Unternehmerin oder der Unternehmer sind gut beraten, wenn sie durch Unterweisungen oder Anweisungen derartige Kontrollmaßnahmen zum Bestandteil der täglichen Arbeitsaufgaben werden lassen.

4.4 Umgang mit Brennern

Für Schweiß-, Schneid- und Anwärmarbeiten mit der Flamme werden überwiegend Saugbrenner (Injektorbrenner) benutzt, bei denen der Sauerstoff (bei Wärmebrennern auch die Druckluft) in Folge des höheren Arbeitsdrucks das Brenngas

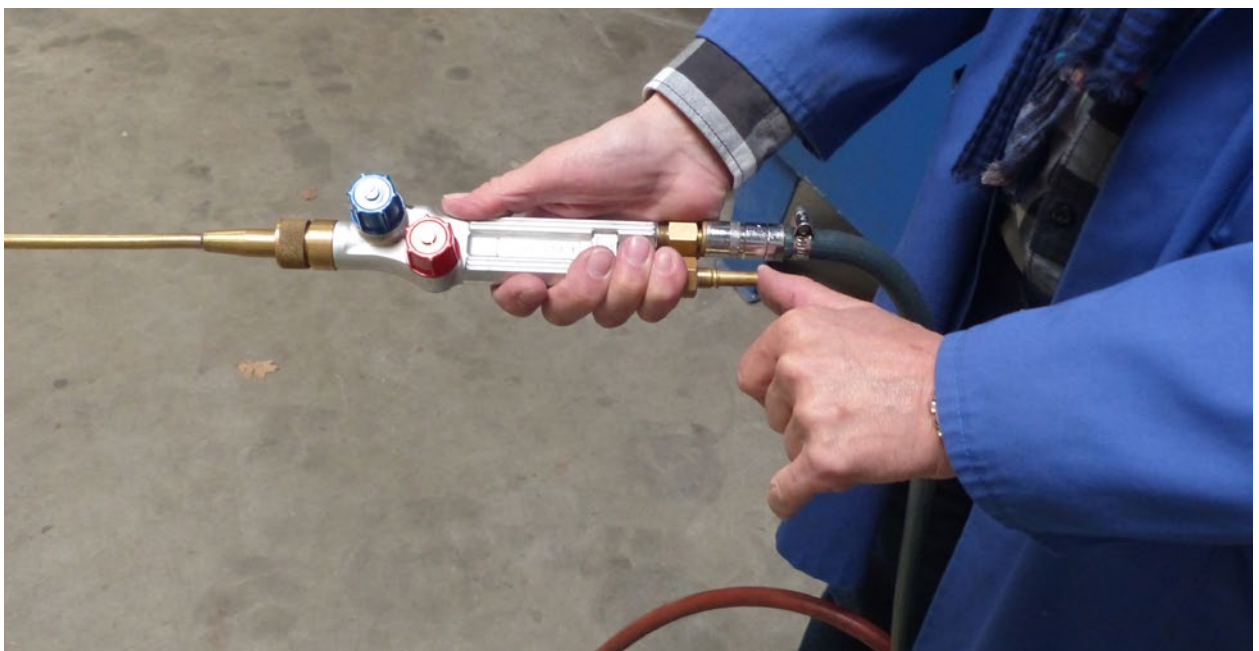


Abb. 7 Saugprobe an einem Injektorbrenner

über eine Injektordüse ansaugt. Die erforderliche Funktionsprüfung ist zumindest

- vor der ersten Inbetriebnahme,
- beim Anschluss von Schläuchen durchzuführen.

Es empfiehlt sich, die Saugprobe auch nach einem Wechsel des Brennereinsatzes zu machen.

Sie lässt sich nach Abnehmen des Brenngas-schlauchs von der Brennertülle leicht durchführen. Die angefeuchtete Fingerspitze wird bei geöffneten Brennerventilen und anstehendem Sauerstoff- oder Pressluftdruck auf die Brenngastülle gelegt (Abb. 7). Zeigt sich dabei keine Saugwirkung, ist der Brenner nicht in Ordnung und darf in diesem Zustand nicht benutzt werden.

Soll der Saugbrenner gezündet werden, ist üblicherweise folgende Reihenfolge einzuhalten:

1. Sauerstoffventil öffnen,
2. Brenngasventil öffnen,
3. ausströmendes Gasgemisch anzünden,
4. Flamme einstellen.

Zum Abstellen muss in umgekehrter Reihenfolge verfahren werden.

Das Zünden des Brenners muss mit geeigneten Gasanzündern erfolgen, die das Unternehmen bereitstellen muss. Die Verwendung von Streichhölzern oder Feuerzeugen kann zu Brandverletzungen führen. Es ist zu beachten, dass mit Zündung der Flamme sofort große Wärme entsteht. Auf ausreichenden Abstand zu Körperteilen, Kleidung oder brennbaren Gegenständen muss geachtet werden.

Wenn die Brennerflamme beim Gebrauch wiederholt abknallt oder sogar zurückschlägt, ist die Ursache meist Überhitzung oder Verstopfung der Brennerdüse oder ungenügender Dichtsitz des Brennereinsatzes. Kühlen, Reinigen und leichtes Nachziehen der Überwurfmutter des Brennereinsatzes sollten für richtige Funktion sorgen.

Lässt sich die Störung mit diesen Mitteln jedoch nicht beseitigen, ist der Brenner zur Reparatur an

den Herstellerbetrieb oder eine autorisierte Fachwerkstatt zu geben.

Der Austausch von Verschleißteilen kann auch durch das Bedienpersonal selbst erfolgen, wenn es nach besonderer Unterweisung über entsprechende Fachkunde verfügt und Ersatzteile des Herstellers zur Verfügung stehen.

Nach jeder Reparatur, besonders bei Verwendung von zugelassenen Bauteilen anderer Hersteller, ist eine Prüfung des Brenners auf Dichtheit, Saugfähigkeit, Gasrücktrittsicherheit, Rückzündsicherheit und sicheren Betrieb erforderlich. Die Ergebnisse der Prüfung sind zu dokumentieren.

Um jede Verwechslung zu vermeiden, müssen auf jedem sicherheitstechnisch wichtigen Einzelteil des Brenners der Name oder das Firmenzeichen des Herstellers und die Brenngasart angegeben sein. Für die Brenngase werden zum Beispiel folgende Zeichen verwendet:

A	=	Acetylen,
P	=	Flüssiggas, Propan
M	=	Erdgas, Methan
H	=	Wasserstoff

An der Mischdüse eines jeden Brenngas-Sauerstoff oder Brenngas-Druckluft-Brenners muss das Kennzeichen für das jeweilige Mischsystem angegeben sein.

- i für Mischung mit Saugwirkung (Saugbrenner)
- II für Mischung ohne Saugwirkung (Druckbrenner)
- i für gasrücktrittssichere Mischung mit Saugwirkung
- II für gasrücktrittssichere Mischung ohne Saugwirkung

Fehlt der waagerechte Strich im Mischsystem-Kennzeichen, bedeutet das mangelnde Sicherheit gegen Gasrücktritt. Dem Brenner muss dann an den Eingängen für Brenngas und Sauerstoff oder Druckluft jeweils eine entsprechende Sicherheitseinrichtung vorgeschaltet werden.



Abb. 8 Geräuscharmer Wärmebrenner mit Mehrlochdüse

Für Wärmearbeiten sind anstelle eines Schweißbrenners spezielle Wärmebrenner mit Mehrlochdüse (Abb. 8) oder Luftansaugbrenner einzusetzen. Derartige Brenner verursachen wesentlich geringere Geräusche.

Alle Geräte der Autogentechnik sind Präzisionsgeräte. Sie müssen immer pfleglich behandelt, vor mechanischen und thermischen Beschädigungen geschützt und bei Nichtgebrauch sorgsam verwahrt werden.

Das Anhängen der Schläuche und Brenner an Gasflaschen und Druckregler ist gefährlich, hat wiederholt zu schweren Unfällen geführt und ist deshalb nicht gestattet.

Für das kurzfristige Ablegen des Brenners bei der Arbeit haben sich Aufhängegabeln bewährt. Durch eine sinnvolle Zusatzeinrichtung kann dabei die Gaszufuhr zum Brenner unterbrochen werden, so dass die Flamme verlöscht; eine Zündflamme zur Wiederzündung des Brenners ermöglicht schnelles Weiterarbeiten ohne Neueinstellung der Brennerflamme.

Es muss aber darauf geachtet werden, dass nicht durch versehentliches Herabfallen des Brenners eine unbeabsichtigte Freigabe des Gasflusses möglich wird.

Angeschlossene Brenner dürfen niemals in geschlossene Schränke, Schubladen oder Werkzeugkisten abgelegt werden, weil es infolge unzureichenden Luftaustausches bei undichten oder unverschlossenen Ventilen zu explosionsfähigen Gasansammlungen kommen kann.

4.5 Umgang mit Sicherheitseinrichtungen

In der Autogentechnik sind Sicherheitseinrichtungen notwendig, um Menschen, Anlagen und Geräte zu schützen.

So kann es dann und wann zum „Abknallen“ des Brenners kommen – sei es infolge Überhitzung, oder infolge Verstopfung des Brennermundstücks auch ein „Rückzünden“, das heißt ein Zurückschlagen der Flamme in den Brenner und Weiterbrennen dort mit pfeifendem Geräusch ist möglich.

Wirklich gefährlich wird es aber, wenn – etwa infolge von Undichtigkeiten oder nur nachlässig angezogenen Verbindungen – im ganzen Brenner und in einem der Zuführungsschläuche ein Brenngas-Sauerstoff-Gemisch vorhanden ist, das dann bei einer Rückzündung explosionsartig verbrennt. Aufgerissene Schläuche, Handverbrennungen, selbst Brände am Druckregler und im schlimmsten Falle ein Acetylenzerfall in der Flasche können die Folge eines solchen „Flammenrückschlags“ sein.

Was ist dagegen zu tun?

Die entscheidenden Voraussetzungen zur Vermeidung von Gefährdungen sind einwandfreie Brenner, Schläuche und Druckregler sowie eine sachgerechte Bedienung der Anlage. Um Gefährdungen durch fehlerhafte Betriebszustände zu vermeiden, können zusätzliche Sicherheitseinrichtungen verwendet werden.

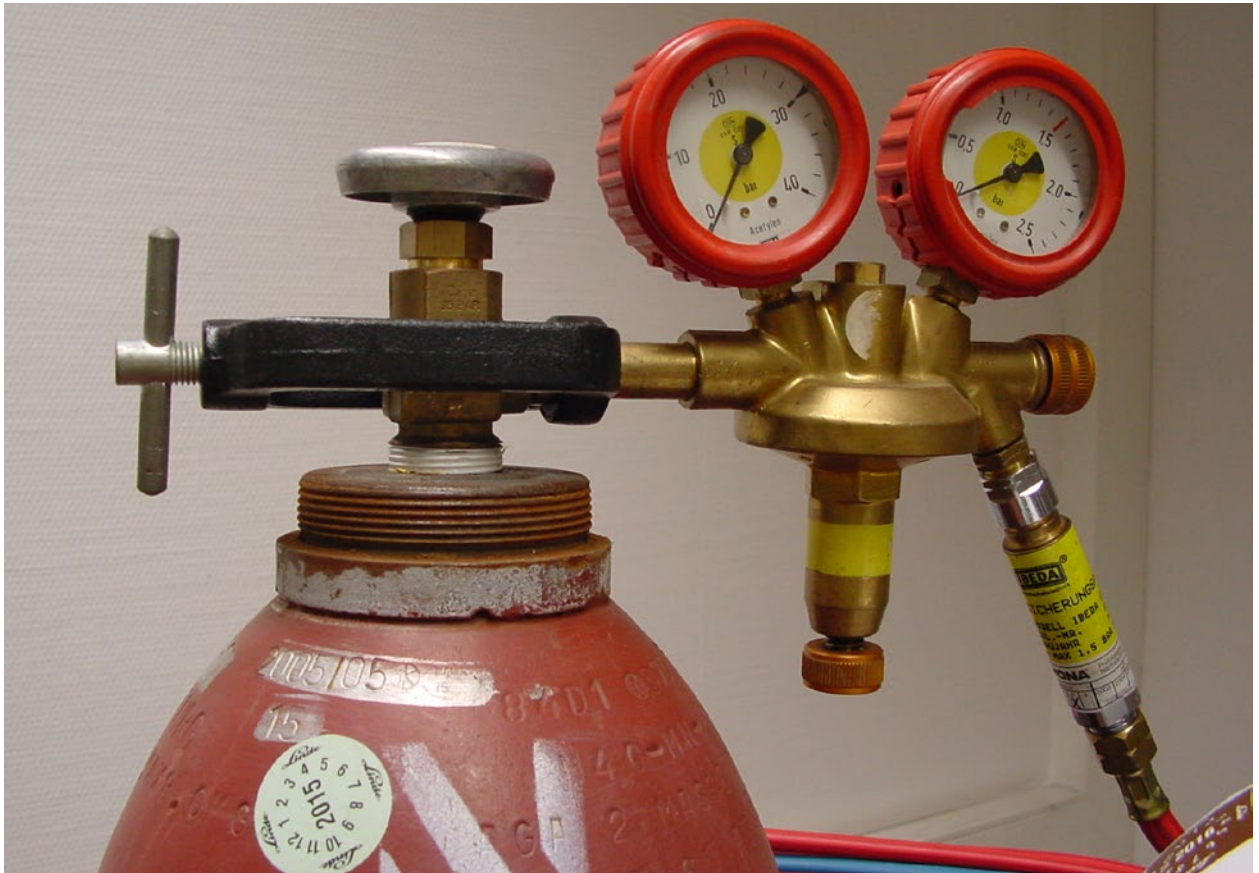


Abb. 9 Acetylenflasche mit Druckregler, Sicherheitsmanometern und Sicherheitseinrichtung mit Flammensperre, Gasrücktrittsicherung und Nachströmsperre

Solche Sicherheitseinrichtungen wurden im Sprachgebrauch der ehemaligen Acetylenverordnung als Gebrauchsstellenvorlage oder als Einzelflaschensicherung bezeichnet.

Die Europäische Normung verwendet diese Begriffe nicht, sondern unterscheidet nur nach der Funktion. Je nach Schutzziel werden Sicherheitseinrichtungen mit Flammensperre, mit Gasrücktrittsicherung, mit Nachströmsperre oder mit Kombinationen dieser Eigenschaften verwendet.

Einen Sonderfall der Sicherheitseinrichtungen stellt die Gebrauchsstellenvorlage ATEX dar, die jedoch nur für den Einsatz mit Injektorbrennern geeignet ist. Sie ist eine Kombination aus Sicherheitseinrichtung und Leckgassicherung. Der Brenngasschlauch ist bei diesem System drucklos und wird erst durch die Injektorwirkung des

Verbrauchsgeräts gefüllt, wenn es in Betrieb genommen wird.

Sobald der Unterdruck entfällt (kleine Leckagen, Schlauchbruch, undichte Verschraubungen, Außerbetriebsetzen des Brenners), wird der Gasfluss unterbrochen.

Damit bietet das System erhöhte Sicherheit vor allem beim Arbeiten in engen Räumen.

Sicherheitseinrichtungen sollten beim Schweißen, Schneiden und verwandten Verfahren entsprechend nachfolgender Tabelle eingesetzt werden. Je nach Schutzziel können die Sicherheitseinrichtungen direkt am Brenner, in den Schlauchleitungen oder am Ausgang der Druckregler eingebaut werden.

Tabelle 3 Einsatz von Sicherheitseinrichtungen

Gasart		Gasrücktrittventil	Flammensperre	Temperaturgesteuerte Nachströmsperre
Acetylen		x	x	x
Andere Brenngase und Brenngasgemische		x	x	x
Erdgas und Flüssiggas	Betriebsdruck > 0,1 bar	x	x	x
Erdgas und Flüssiggas	Betriebsdruck ≤ 0,1 bar	x	x ^a	x ^a
Druckluft		x	x	-
Sauerstoff		x	x	x

^a kann entfallen, sofern das Gasrücktrittventil flammendurchschlagsicher ist

Ein mehrfacher Einbau erhöht nicht die Sicherheit, da die damit erhöhten Strömungswiderstände unsichere Zustände bei der Versorgung der Verbraucher hervorrufen können.

Sicherheitseinrichtungen sind mindestens jährlich auf Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

4.6 Formieren

Um an unzugänglichen Nahtbereichen, zum Beispiel Wurzelseite in Rohren, Behältern, komplizierten Bauteilformen, lose Zunderschichten zu vermeiden oder bei hochlegierten Werkstoffen die Korrosionsbeständigkeit zu gewährleisten, werden Formiergase eingesetzt.

Hierbei handelt es sich in der Regel um Argon, Stickstoff oder deren Gemische mit Wasserstoff. Mit dem Einsatz wasserstoffhaltiger Gase > 4 % ist eine der Voraussetzungen dafür erfüllt, dass sich explosionsfähige Gemische bilden können.

Das kann allerdings nur dann geschehen, wenn Sauerstoff/Luft infolge unsachgemäßer Durchführung des Formativorgangs hinzutreten kann. Deshalb sind – besonders bei komplexen Bauteilgeometrien – Maßnahmen zu treffen, mit denen ein unkontrolliertes Eindringen von Luft und ein Verbleiben von Luftpolstern vermieden werden kann. Die Wahl der geeigneten Formiermethode

für den jeweiligen Anwendungsfall ist deshalb unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Parametern, wie Gasmenge, Formierzeit, Vorlauf- und Nachströmzeit, Art der Zuführung und vieles andere mehr, von sicherheitstechnischer Bedeutung.

Im Umgang mit Formiergasen darf die Erstickungsgefahr gegenüber der Explosionsgefahr nicht vernachlässigt werden. Deshalb sind beim Befahren formierter Behälter oder Rohrleitungen, einschließlich benachbarter Bereiche, zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen, wie Befahrerlaubnis, Messung der Luftzusammensetzung, Sicherheitsposten, aufsichtführende Person etc., zu veranlassen;



siehe DGVV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume - Teil 1: Arbeiten in Behältern und engen Räumen“.

Beim Einsatz großer Mengen Formiergas in geschlossenen Räumen ist stets für eine ausreichende Lüftung zu sorgen.

5 Gesundheitsgefahren durch Gefahrstoffe

Zusätzlich zu den Unfallgefahren tritt bei Schweißarbeiten eine Gefährdung durch Gefahrstoffe auf, die umgangssprachlich auch als Schadstoffe bezeichnet werden. Im Rahmen einer Gefährdungsanalyse sind auftretende Gefährdungen zu bestimmen und entsprechende Schutzmaßnahmen aufzuzeigen. Die Gefahrstoffverordnung begründet eine eindeutige Rangigkeit der auszuführenden Schutzmaßnahmen von Substitution des Verfahrens, technischen, dann organisatorischen Maßnahmen bis letztendlich zur Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung, die nur zur Beseitigung von verbleibenden Restgefahren dienen kann.



Die Technische Regel zu Gefahrstoffen „Schweißtechnische Arbeiten“ (TRGS 528) dient als Hilfe bei der Gefährdungsanalyse und der Festlegung wirksamer Schutzmaßnahmen.

5.1 Gase und Rauche

Unter den beim Gasschweißen und bei den verwandten Arbeitsverfahren mit frei brennender Flamme auftretenden atembaren Schadstoffen sind die **nitrosen Gase** – auch **Stickoxide** genannt – wegen ihrer Gefährlichkeit an erster Stelle zu nennen. Es handelt sich um Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen, die sich an der Hüllfläche heißer Flammen bilden. Die nitrosen Gase sind gefährliche Reizgase, deren Einatmung schon in geringer Konzentration zu lebensgefährlichen Erkrankungen infolge Schädigung des Lungengewebes führen kann. Oft zeigen sich die Symptome der Erkrankung erst mehrere Stunden oder Tage nach der Einwirkung, führen dann aber rasch zu sehr kritischen Gesundheitszuständen.

Hustenreiz, Atemnot und Brustschmerzen sind Anzeichen einer Vergiftung durch nitrose Gase. Besteht der Verdacht auf eine derartige Vergiftung, ist die Arbeit sofort einzustellen und die erkrankte Person muss bis zum Eintreffen des Arztes oder der Ärztin an frischer Luft vollkommen ruhig gelagert werden. Bei Atemstillstand ist künstliche Beatmung durchzuführen.

Die Menge der sich bildenden nitrosen Gase ist umso größer, je länger die frei brennende Flamme und je größer die Brenndauer ist. Am gefährlichsten wird es, wenn große Brenner, zum Beispiel Wärmebrenner, benutzt werden und dann auch noch mit großer Flammenlänge frei brennen.

Man soll deshalb den Brenner auch bei kurzen Zwischenräumen zwischen einzelnen Schweiß- und Wärmevorgängen abstellen.

Während in gut gelüfteten Werkstattträumen die sich bildenden nitrosen Gase schnell verdünnt und abgeführt werden und es somit dort kaum zu Vergiftungsfällen kommen wird, muss bei Autoarbeiten in schlecht gelüfteten „engen Räumen“ (Tanks, Kessel, Behälter) relativ schnell mit der Entstehung gefährlicher Konzentrationen nitroser Gase gerechnet werden. Gute Be- und Entlüftung ist dort zwingend notwendig.

Zu berücksichtigen ist, dass möglichst Arbeitshaltungen eingenommen werden, die die nitrosen Gase nicht in den unmittelbaren Einatembereich gelangen lassen.



Weitere Informationen hierzu enthält die DGUV Information 209-047 „Nitrose Gase beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“.

Beim Gasschweißen der üblichen Eisenwerkstoffe entstehen aus dem Grundwerkstoff und den Schweißdrähten **Eisenoxidrauche**, die jedoch nicht giftig sind und auch beim Einatmen normalerweise nicht zu Gesundheitsstörungen führen. Kritischer wird es, wenn verzinkte, verbleite oder mit bleihaltigen Anstrichstoffen, wie Mennige, versehene Gegenstände geschweißt, brenngeschnitten oder autogen gewärmt werden.

Zinkoxidrauche können „Zinkfieber“ bewirken, **Bleioxidrauche** können zu schweren Bleivergiftungen führen. Solche Arbeiten sind nur in Verbindung mit weiteren lufttechnischen Maßnahmen durchführbar.

Atemschutzgeräte sind immer dann zusätzlich erforderlich, wenn die auftretenden Rauche und Gase durch die Lüftungstechnischen Maßnahmen nicht ausreichend beseitigt werden können.

5.2 Lufttechnische Maßnahmen

Bereits bei der Arbeitsvorbereitung haben Unternehmen die Verpflichtung, durch Auswahl geeigneter Verfahren und Gerätetechnik für geringe Gefahrstoffimmissionen zu sorgen.

Die beim Gasschweißen, Brennschneiden und verwandten Verfahren entstehenden Gase und Rauche müssen so abgeführt werden, dass die Atemluft der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von gesundheitsgefährlichen Stoffen freigehalten wird. Das kann auf unterschiedliche Weise, je nach den örtlichen Gegebenheiten, der Verfahrensart und den verwendeten Zusatzwerkstoffen, geschehen, insbesondere durch

- Absaugung an der Entstehungsstelle,
 - raumluftechnische Anlagen,
 - freie Lüftung
- und
- Kombination vorgenannter Maßnahmen.



Die TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“ beschreibt den Stand der Technik und gibt Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung und zur Festlegung erforderlicher Schutzmaßnahmen.



Anforderungen an die Ausführung der jeweiligen Lüftungsart werden in der DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung - lufttechnische Maßnahmen“ beschrieben.



Die Richtlinie VDI/DVS 6005 gibt Hinweise für die Planung von Lüftungsmaßnahmen an Schweißarbeitsplätzen.

6 Persönliche Schutzausrüstung

Bereitstellung und Nutzung von persönlicher Schutzausrüstung (PSA) sind im Arbeitsschutzgesetz enthalten. Darüber hinaus gehende Regeln enthält die DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“.

Beim Schweißen, Schneiden und bei verwandten Verfahren werden hauptsächlich folgende persönliche Schutzausrüstungen verwendet:

6.1 Schutzkleidung

Der Schutz des Körpers vor Strahlung sowie Metall- und Schlackespritzern ist durch persönliche Schutzkleidung sicherzustellen. Welche Art von Schutzkleidung verwendet werden sollte, muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung geprüft werden. Dabei ist die unterschiedliche Intensität der Einwirkungen bei den verschiedenartigen schweißtechnischen Verfahren zu berücksichtigen.

Schutzkleidung muss vom Unternehmen zur Verfügung gestellt werden. Textile Schutzkleidung für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren muss die Prüfanforderungen von DIN EN ISO 11611 erfüllen und entsprechend zertifiziert sein. In jedem Falle muss die Kleidung hochgeschlossen getragen werden und frei von Verunreinigungen durch Öle und Fette sein. Für spezielle Arbeitsbedingungen, zum Beispiel Überkopfschweißen, Brennschneiden, Arbeiten in engen Räumen, sind geeignete Ergänzungen der Kleidung, wie Kopfhäuben, Gamaschen, Schürzen oder schwer entflammbare Kleidung und Ähnliches erforderlich.

6.2 Atemschutz

Immer wenn die notwendige Lüftung, zum Beispiel die Absaugung, nicht ausreichend wirksam oder im Einzelfall nicht möglich ist, muss persönlicher Atemschutz benutzt werden. Das gilt auch für Arbeiten mit offener Flamme an verzinkten, verbleiten oder mit Farben beschichteten Werkstücken und Nichteisenmetallen, vor allem aber in engen Räumen.

Die Atemschutz-Geräte sind abhängig von der Gefährdung auszuwählen.

Gegen Schweißrauche bei sonst ausreichender Atemluft werden Partikel filternde Masken eingesetzt.

Sind unter diesen Bedingungen zusätzlich nitrose Gase zu erwarten, sind auch Gasfilter gegen nitrose Gase erforderlich.

Für toxische Rauche sind Kombinationsfilter auszuwählen.

Beim Flammlöten müssen die aus den verwendeten Flussmitteln entstehenden Gefahrstoffe berücksichtigt werden.

Vor allem in Bereichen, in denen beim Gasschweißen, Brennschneiden oder bei verwandten Verfahren der Autogentechnik mit Sauerstoffverarmung durch Verbrennungs- oder auch Verdrängungsvorgänge zu rechnen ist, sind Atemschutzgeräte, die von der Umgebungsatmosphäre unabhängig wirken, einzusetzen. Solche Geräte sind Schlauchgeräte und Behältergeräte (Pressluftgeräte). Sauerstoffgeräte dürfen nicht verwendet werden. In jedem Fall müssen bei Benutzung von Atemschutzgeräten weitere Sicherungsmaßnahmen für Schadensfälle vorgesehen werden.

Gute Pflege der Geräte und Masken und rechtzeitiges Auswechseln der Filter gelten als wichtige Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz der persönlichen Atemschutzgeräte.

Nicht zu bestreiten ist allerdings, dass gerade das Tragen von Atemschutzgeräten eine erhebliche Unbequemlichkeit und Belastung für die Beschäftigten darstellt.



Die Forderungen der DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ sind einzuhalten.

Tragezeitbegrenzungen bei belastenden Atemschutzgeräten und medizinische Eignungsuntersuchungen müssen angeboten oder veranlasst werden. Bei der Benutzung von Atemschutzgeräten ohne Belastung (z. B. Gebläsefiltergeräte mit Helm) ist eine Tragezeitbegrenzung nicht vorgesehen.

6.3 Haut- und Augenschutz vor künstlicher optischer Strahlung

Von der Autogenflamme und dem Schweißbad geht optische Strahlung im sichtbaren, im ultravioletten und im infraroten Bereich aus. Diese Strahlung führt bei längerer Einwirkung auf Haut und ungeschützte Augen zu Schädigungen.

Hautschutz erfolgt durch geschlossene Kleidung sowie durch spezielle Hautschutzemulsionen mit hohem Lichtschutzfaktor.

Sichtbare Lichtstrahlen haben Blendwirkung. Ultraviolette Strahlen können zu schmerzhaften Augenentzündungen und Hautrötungen sowie zu Hautkrebs führen. Infrarote Strahlen rufen eine Wärmewirkung, häufig mit Austrocknung der Augenoberfläche, hervor und führen in Extremfällen zum so genannten Feuerstar.

Gegen die Wirkung dieser Strahlen auf die Augen schützt eine entsprechende Schutzbrille als Korb- oder Bügelbrille mit Seitenschutz. DIN EN 166 legt generelle Forderungen an persönlichen Augenschutz fest.

Schutz gegen Schmelzmetall und heiße Festkörper wird danach nur von Korbbrillen und Gesichtsschutzschilden gewährleistet.



Die Anforderungen an die Schweißerschutzfilter sind umfassend in der DIN EN 169 festgeschrieben.

Für das Gasschweißen, das Hartlöten und für das Brennschneiden sind die empfohlenen Schutzstufen in Abhängigkeit vom jeweiligen Volumendurchsatz des Acetylen oder des Sauerstoffs dargestellt und reichen von Schutzstufe 4 bis Schutzstufe 7.

Sowohl Filter als auch Brillenkörper sind nach diesen Normen zu kennzeichnen und müssen die festgelegten Prüfungen, zum Beispiel der mechanischen Festigkeit, der Oberflächenbeständigkeit, bestehen.

	q = Volumendurchsatz von Acetylen in l/h			
Arbeit	$q \leq 70$	$70 < q \leq 200$	$200 < q \leq 800$	$q > 800$
Schweißen und Hartlöten von Schwermetallen ¹⁾	4	5	6	7

¹⁾ Der Ausdruck „Schwermetalle“ bezieht sich auf Stähle, legierte Stähle, Kupfer und seine Legierungen, usw.

Abb. 10 Schutzstufen beim Gasschweißen und Hartlöten

Bei Schweißarbeiten helfende und andere Personen können aufgrund des größeren Abstands zur Flamme die Schutzstufen 1,2 bis 4 verwenden.

	q = Volumendurchsatz von Acetylen in l/h		
Arbeit	$900 \leq q \leq 2000$	$2000 < q \leq 4000$	$4000 < q \leq 8000$
Brennschneiden ¹⁾	5	6	7

¹⁾ Je nach Einsatzbedingungen können die nächsthöhere oder nächstniedrigere Schutzstufe verwendet werden

Abb. 11 Schutzstufen beim Brennschneiden

Je nach Einsatzbedingungen und persönlichem Empfinden können höhere oder niedrigere Schutzstufen verwendet werden. Filter mit zu hoher Schutzstufe können sich unter Umständen nachteilig auswirken, da die mit Schweißarbeiten beschäftigten Personen dazu gezwungen sind, näher an die Strahlungsstelle heranzugehen. Damit geraten sie meist in die aufsteigenden Schweißrauche und Gase.

Durch die beim Gasschweißen eingesetzten langen Schweißdrähte besteht ebenfalls die Gefahr von Augen- und Gesichtsverletzungen. Das obere Ende des Schweißdrahts sollte daher stets rund gebogen werden; diese Maßnahme hat sich in der Praxis seit vielen Jahren bewährt.

Hinweis: Zum Schutz von Außenstehenden vor optischer Strahlung sind Stellwände oder Schutzvorhänge nach DIN EN ISO 25980 zu verwenden!

6.4 Lärm und Gehörschutz

Schweiß-, Schneid- und Wärmebrenner gelten infolge des schnellen Austretens erheblicher Gas-mengen aus der engen Brennerdüse als starke Lärmquellen. Bei Schweißbrennern etwa ab Größe

5 – Nennbereich 6 bis 9 mm – und bei Schneidbrennern etwa ab 20 mm Schneiddicke können Pegelwerte von mehr als 90 dB(A) gemessen werden. Anhaltswerte für Schallpegel verschiedener schweißtechnischer Verfahren sind in Abb. 12 aufgeführt.

Bereiche, in denen Lärm von 85 dB(A) oder mehr auftritt, gelten als Lärmbereiche und sind entsprechend zu kennzeichnen, gegebenenfalls abzugrenzen. Für sie müssen Unternehmerinnen und Unternehmer ein Lärmminderungsprogramm entwickeln und umsetzen.

Dazu gehören der Einsatz lärmärmerer Geräte und Verfahren oder auch die Schall absorbierende Gestaltung von Abschirmungen und Abtrennungen.

Wenn die technischen und organisatorischen Mittel und Möglichkeiten zur Lärminderung ausgeschöpft sind, müssen persönliche Schallschutzmittel, zum Beispiel Gehörschutzwatte, Gehörschutzstöpsel, Kapselgehörschützer, benutzt werden. Sie sind ab einem Beurteilungsspiegel von 80 dB(A) vom Unternehmen zur Verfügung zu stellen und entsprechend von den Beschäftigten zu nutzen. Ab 85 dB(A) besteht die besondere Verpflichtung zur Benutzung.

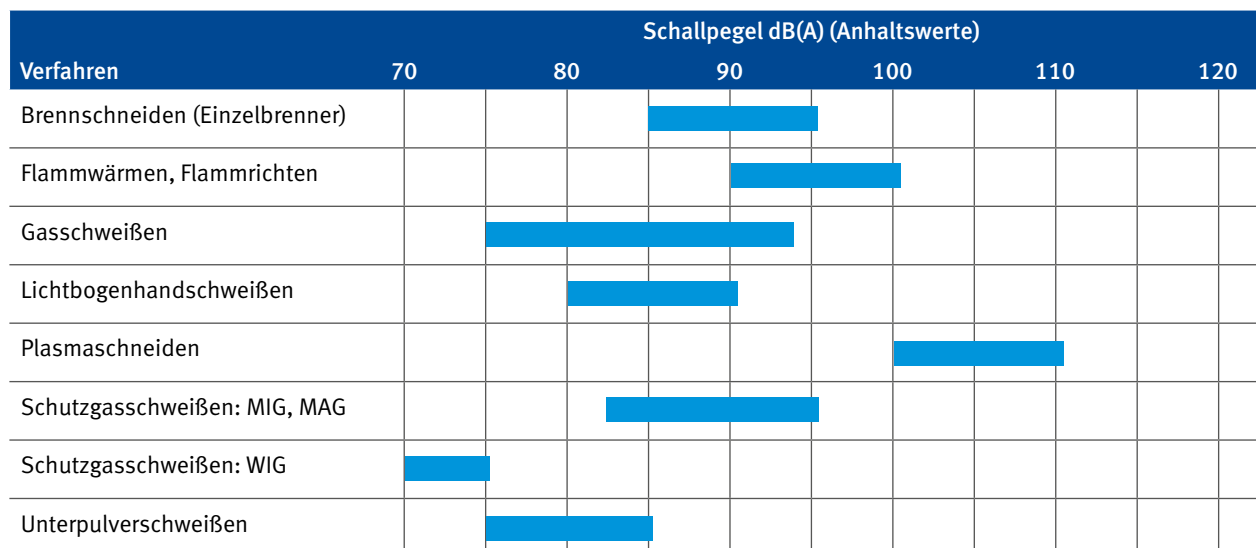


Abb. 12 Schallpegel verschiedener Verfahren der Schweißtechnik

Es empfiehlt sich, Gehörschutz auch nach der Akzeptanz bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auszuwählen.

Für Beschäftigte in Lärmbereichen ab 80 dB(A) ist medizinische Vorsorge anzubieten. Für Beschäftigte in Bereichen ab 85 dB(A) ist regelmäßige Vorsorge durchzuführen.

6.5 Sonstige Schutzausrüstungen

In vielen Fällen werden Gasschweißer und -schweißerinnen zum Schutz gegen herabfallende Gegenstände und gegen Anstoßen **Schutzhelme** tragen müssen, vor allem bei Arbeiten auf Baustellen und bei Außenmontagen.

Über den Schutz der Atmungsorgane, der Augen und des Gehörs wurde bereits einiges gesagt. Oft gilt es aber darüber hinaus gerade beim Schweißen und Schneiden, gefährdete Körperteile gegen Verbrennungen durch Wärmeübertragung, Funken, Spritzer, Schlacke und glühende Metallteilchen zu schützen. So ist es zumindest beim Brennschneiden üblich, aber auch bei der Arbeit mit großen Wärmebrennern zweckmäßig, an beiden Händen **Stulpenhandschuhe**, meist aus Leder, zu tragen.

Häufig treten bei Schweißarbeiten Verbrennungen im Fußbereich – Fersen, Fußknöchel, auch Fußrücken – auf, weil besonders bei Arbeiten in Zwangslage Schweißperlen zwischen Hose und Schuhe eindringen können. Das Anziehen von **Gamaschen** kann das verhindern.

Da beim Schweißen und Schneiden häufig mit Fußverletzungen durch herabfallende Gegenstände zu rechnen ist, gehören **Schutzschuhe** zur Grundausrüstung der Schweißerinnen und Schweißer.

Spezielle Schweißerschutzschuhe mit Funken-schutzlasche und Schnellverschluss können das Risiko des Eindringens von Schweißperlen vermindern, aber vor allem die Schwere der Verbrennungen verringern, da die Schuhe sehr schnell abgestreift werden können.

Vor allem bei Verfahren mit starker Funken- und Spritzerbildung bieten Schweißerschürzen aus Leder einen guten und zusätzlichen Schutz.

7 Schweißtechnische Arbeiten mit besonderen Gefahren

7.1 Arbeiten in engen Räumen

7.1.1 Gefahren

Der Begriff „enger Raum“ ist zwar kurz und knapp und somit sehr einprägsam, zeigt aber nicht die eigentlich damit verbundene Gefährdung auf. Bei Autogenarbeiten ist nicht nur die Enge des Raums als Ausdruck mangelnder Bewegungsfreiheit die besondere Gefahr, sondern vor allem die fehlende natürliche Belüftung.

Zu beachten ist, dass der zum Verbrennen des Brenngases erforderliche Sauerstoff nur zu einem Teil aus der Sauerstoffflasche stammt. Zur vollständigen Verbrennung in der Streuflamme wird Sauerstoff aus der Umgebungsluft verbraucht.

Die Bezeichnung des engen Raums als „luftaustauscharmer Bereich“ wäre weitaus treffender für die Benennung der eigentlichen Gefährdung.

Schweißtechnische Arbeiten mit offener Flamme in luftaustauscharmen Bereichen führen im Wesentlichen immer zu gleichartigen Gefährdungen:

1. Anreicherung der Raumluft mit Sauerstoff
2. Anreicherung der Raumluft mit brennbaren Gasen
3. Anreicherung der Raumluft mit gesundheitsschädlichen Stoffen, z. B. nitrosen Gasen, Rauchen von Nichteisenmetallen
4. Sauerstoffmangel

Die größte Gefahr bei Schweiß-, Schneid- und Wärmerarbeiten in engen Räumen droht durch unerkannten Sauerstoffaustritt mit nachfolgender Sauerstoffanreicherung der Kleidung. Immer wieder ist es, besonders im Bereich der Schiffswerften, zu schwersten Verbrennungsunfällen gekommen, weil Sauerstoff aus undichten Schläuchen oder Geräten ausgetreten war und manchmal sogar ein Schweißer Sauerstoff zur Kühlung benutzt hat.

Schon eine geringe Steigerung des Sauerstoffgehalts in der Raumluft von normal 21 Volumenprozent auf zum Beispiel 25 Volumenprozent bewirkt, dass die mit Sauerstoff angereicherte Arbeitskleidung – selbst wenn es sich dabei um schwer entflammbare Schutzkleidung handelt – beim Auftreffen eines Funkens sofort in Flammen aufgeht.

Wegen der zahlreichen, tödlich verlaufenden Verbrennungsunfälle kann nicht eindringlich genug vor der Verwendung von Sauerstoff zur Belüftung oder Kühlung gewarnt werden.

Zum frühzeitigen Erkennen eines Sauerstoffüberschusses hat sich besonders in Werften der Einsatz von Odoriermitteln in zentralen Versorgungsanlagen als sinnvoll erwiesen.

Voraussetzung dazu ist die ständige Funktionsfähigkeit der Anlage.



Die DGUV Regel 109-012 „Odorierung von Sauerstoff zum Schweißen und Schneiden“ nennt die Anforderungen an den sicheren Betrieb derartiger Anlagen.

Einige Gaselieferer bieten aber auch Einzelflaschen mit odoriertem Sauerstoff an, so dass diese Technik auch für Klein- und Mittelunternehmen oder bei Arbeiten in engen Räumen einsetzbar ist.

In anderen Industriezweigen wird bevorzugt ein Messgerät eingesetzt, das die Person im engen Raum bei sich trägt, und das einen Sauerstoffüberschuss oder auch -mangel akustisch anzeigt.

Andere Gefahren in engen Räumen können entstehen durch die Bildung und ungenügende Beseitigung von nitrosen Gasen (siehe auch DGUV Information 209-049 „Nitrose Gase beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“), durch den Austritt und die Entzündung von Acetylen oder anderen eingesetzten Brenngasen, durch die Erwärmung und Zündung brennbarer Rückstände des früheren Ladeguts und schließlich durch Mangel an Sauerstoff als Folge von Verbrennungs-

vorgängen oder einer Verdrängung des Sauerstoffs durch andere Gase, wie Formiergase und Schutzgase.

Die Beurteilung der konkreten Arbeitsbedingungen, der sich daraus ergebenden speziellen Gefährdungen und die schriftliche Festlegung der erforderlichen Schutzmaßnahmen sind für den Einzelfall vorzunehmen.

Die verantwortliche Person hat besonders dafür zu sorgen, dass mit den Arbeiten erst begonnen wird, wenn die festgelegten Maßnahmen durchgeführt wurden. Zur Abstimmung der Arbeiten mehrerer Firmen ist ein Koordinator oder eine Koordinatorin einzusetzen.

7.1.2 Schutzmaßnahmen

Die entscheidende Schutzmaßnahme in engen Räumen ist eine gute **Be- und Entlüftung**. Zuluft muss eingeblasen, die mit Gefahrstoffen belastete Raumluft muss abgesaugt werden. Dabei ist die Frischluft so einzuleiten, dass die Lüfterneuerung im Zusammenwirken mit der Absaugung zumindest im Arbeitsbereich sichergestellt wird.

Falls eine ausreichende Be- und Entlüftung im Einzelfall nicht möglich ist, müssen Beschäftigte im engen Raum ein von der Umgebungsatmosphäre unabhängiges **Atemschutzgerät**, zum Beispiel ein Schlauchgerät, ein Behältergerät, benutzen. Sauerstoffgeräte sind hier genau so unzulässig wie das Belüften mit Sauerstoff.

Auch Filtergeräte sind ungeeignet, weil sie nicht gegen Sauerstoffmangel schützen.



Die DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ gibt Hinweise für Geräteauswahl, Personalauswahl, Eignungsuntersuchungen und medizinische Vorsorge sowie Tragezeitbegrenzungen für belastende Atemschutzgeräte.

Die Schutzkleidung aller in engen Räumen anwesenden Personen muss **schwer entflammbar** und frei von Verunreinigungen, wie Öl und Fett, sein. Das gilt auch für eventuell außerhalb des engen Raums positionierte Sicherungsposten.

Brenn- und Sauerstoffflaschen müssen stets außerhalb von engen Räumen bleiben.

Bei der Arbeit in engen Räumen müssen die Schweiß- und Schneidgeräte besonders sorgfältig behandelt und bedient werden; vor allem ist für den sicheren Anschluss der Gasschläuche zu sorgen.

Schon bei kurzen Unterbrechungen der Schweißarbeit sind die Brennerventile sorgfältig zu schließen.

Der Einbau selbsttätig wirkender Schlauchbruchsicherungen in Sauerstoffschläuche wird empfohlen. Bei längeren Arbeitsunterbrechungen, zum Beispiel Frühstückspausen, Schichtwechsel, sind Brenner und Schlauchleitungen **aus dem engen Raum zu entfernen** oder von den Entnahmestellen zu trennen.

Schweißarbeiten in Tanks oder Behältern zählen aufgrund der erhöhten Gefährdung zu den „gefährlichen Arbeiten“. Sie dürfen deshalb nur von geeigneten Personen ausgeführt werden, denen die damit verbundenen Gefahren bekannt sind.

Wenn eine solche Arbeit von einer Person allein ausgeführt wird, muss das Unternehmen eine Überwachung sicherstellen und Vorsorge für eine eventuell notwendige Bergung aus dem Gefahrenbereich treffen.

Die vorgenannten Schutzmaßnahmen sind sinngemäß auch dann anzuwenden, wenn durch Außenarbeiten an Behältern usw. Personen im Innern durch die Bildung gesundheitsschädlicher Gase oder Dämpfe gefährdet werden.

Bei Schweißarbeiten in engen Räumen, in denen brennbare oder gesundheitsgefährdende Stoffe enthalten sind oder waren, müssen zusätzlich die Sicherheitshinweise aus



der DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume – Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“

beachtet werden.

7.2 Arbeiten in Bereichen mit Brand- und Explosionsgefahr

7.2.1 Charakteristik und Ausdehnung der Bereiche

Außerhalb von speziell für Schweißarbeiten eingerichteten Werkstätten ist stets mit Bereichen, in denen Brand- oder Explosionsgefahr bestehen kann, zu rechnen.

Im Unternehmen muss durch eingehende Besichtigung vor Beginn der Gasschweiß-, Löt- oder Brennschneidarbeiten geprüft werden, ob Bereiche mit Brand- oder Explosionsgefahr vorliegen.

Vorrangig sollte dann sein, schweißtechnische Arbeiten in diesen Bereichen zu vermeiden und möglichst durch andere Arbeitsverfahren zu ersetzen, bei denen nicht die Gefahr der Brand- oder Explosionsauslösung besteht.

Ist die Durchführung von schweißtechnischen Arbeiten unumgänglich, müssen Unternehmerinnen und Unternehmer geeignete Maßnahmen festlegen, die Explosion oder Brandentstehung sicher vermeiden.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei vielen Bränden oder auch Explosionen nicht die Brennerflamme selbst die Zündquelle war, sondern Funken, Spritzer, Schlacke, weg geschleuderte oder abtropfende glühende Metallteilchen oder sogar die Wärmeleitung der geschweißten Teile.

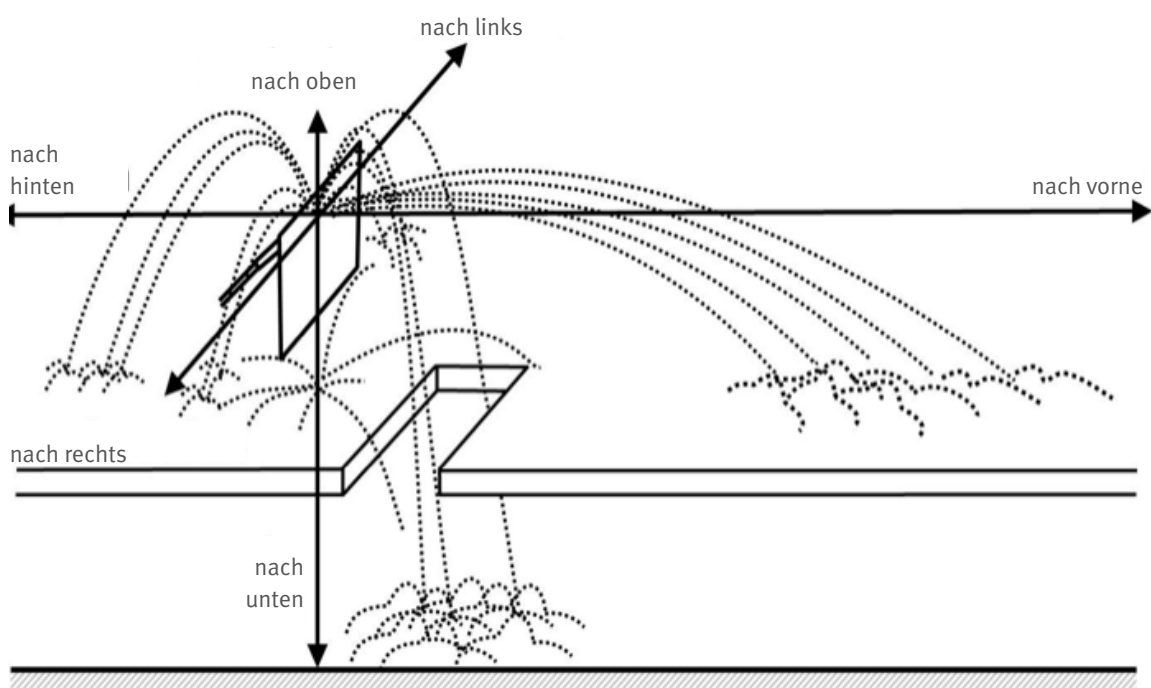


Abb. 13 Ausbreitungsverhalten von Funken, Metall- und Schlackepartikeln bei Schweißarbeiten

Durch Funkenflug gefährdeter Bereich

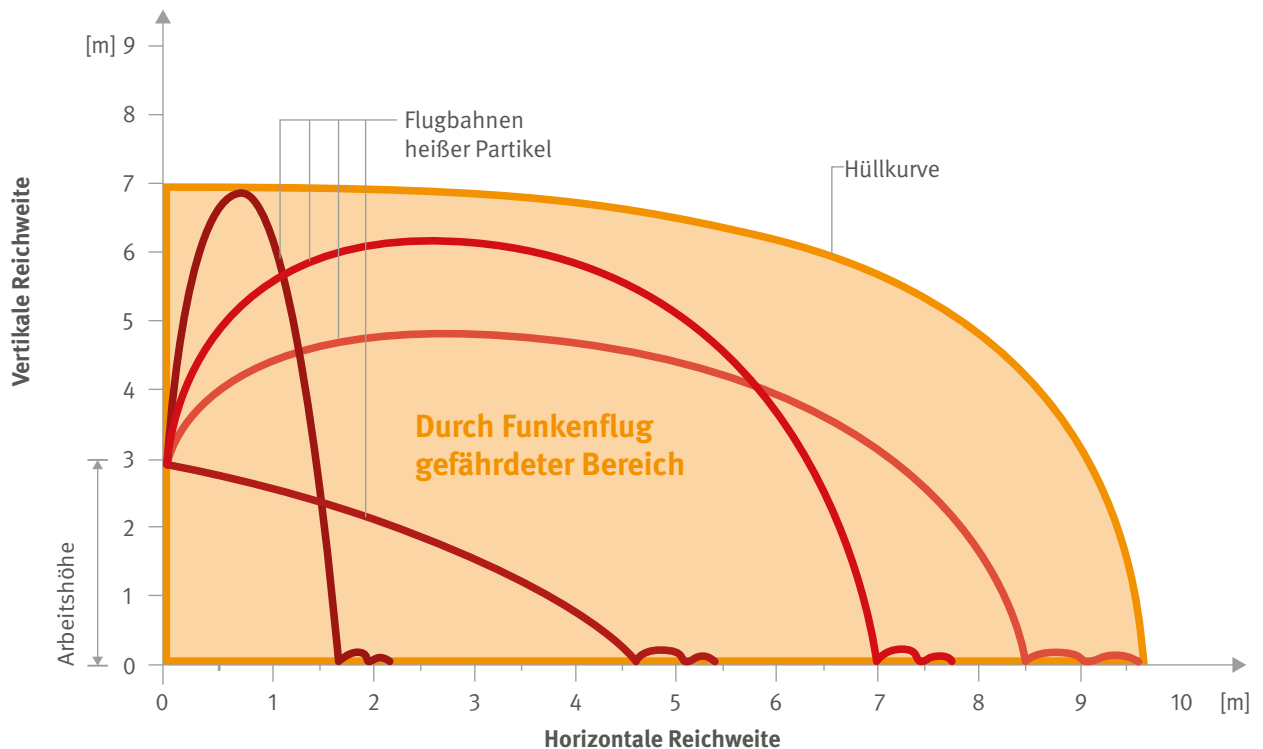


Abb. 14 Ausdehnung des durch Funkenflug gefährdeten Bereichs beim thermischen Trennen in einer Arbeitshöhe von 3 m

Die von der Arbeitsstelle wegfiegenden oder abtropfenden Partikel erreichen dabei je nach Arbeitsverfahren, Arbeitsweise und den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten durch ihre Flugbewegung und die sich daran anschließenden Roll-, Hüpf- und Gleitbewegungen häufig erstaunlich große Reichweiten (Abb. 13).

Für das Brennschneiden in 3 m Arbeitshöhe zeigt Abb. 14 den gefährdeten Bereich beispielhaft auf.

Raubbegrenzungen und wirksame Abschirmungen können diesen Bereich beschränken.

Die Tabelle 4 gibt Anhaltswerte für durch Funkenflug gefährdete Bereiche bei verschiedenen Arbeitsverfahren. Grundlage dieser Angaben sind immer fachgerechte Ausführung der Arbeiten und richtige Handhabung der Autogengeräte, das heißt auch Einstellung der korrekten Arbeitsdrücke und Flammenbilder des Brenners.

Tabelle 4 Anhaltswerte zur Abschätzung des Funkenflugs

Arbeitsverfahren	Kennfarbe und Kennzeichnung der Außenansicht		
	Horizontale Reichweite ¹⁾	Vertikale Reichweite	
		nach oben	nach unten
Löten mit Flamme	bis zu 2 m	bis zu 2 m	bis zu 10 m
Schweißen (manuelles Gas- und Lichtbogenschweißen)	bis zu 7,5 m	bis zu 4 m	bis zu 20 m
Thermisches Trennen	bis zu 10 m	bis zu 4 m	bis zu 20 m

¹⁾ Reichweite bei üblicher Arbeitshöhe von ca. 2 bis 3 m

Unverschlossene Öffnungen, wie Schlitze oder Spalten, ermöglichen aber durchaus, dass Funken oder Spritzer benachbarte Bereiche erreichen.

Es können aber noch weitere Ursachen für Brandentstehung verantwortlich sein. Eine Möglichkeit sind zum Beispiel Sekundärflammen, die bei Arbeiten an Rohrleitungen aus nicht einsehbaren Öffnungen dieser Leitungen, auch in benachbarten Räumen, austreten und brennbare Materialien entzünden können.

Auch die Wärmeleitung darf nicht übersehen werden, besonders dann, wenn die zu bearbeitenden Bauteile in uneinsehbare Wände, Böden und Decken führen.

7.2.2 Bereiche mit Brandgefahr

Wenn aufgrund von baulichen Gegebenheiten und betriebstechnischen Gründen brennbare Stoffe und Gegenstände nicht vollständig entfernt werden können, muss eine Brandentstehung durch folgende ergänzende Sicherheitsmaßnahmen verhindert werden (Abb. 15):

- **Abdecken** verbliebener brennbarer Stoffe und Gegenstände, z. B. durch Sand, Erde, geeignete Pasten, Schäume oder schwer entflammbare Tücher. Ein Feuchthalten der Abdeckung verbessert deren Wirkung.
- **Abdichten** von Öffnungen zu benachbarten Bereichen, wie Fugen, Ritzen, Mauerdurchbrüche, Kanäle, Rohröffnungen, Rinnen, Kamine, Schächte z. B. mit Lehm, Gips, geeigneten Massen oder feuchtem Sand.
- Bereitstellen geeigneter **Feuerlöscheinrichtungen** nach Art und Umfang der Brandgefahren, z. B. mit Wasser gefüllte Eimer, Feuerlöscher oder angeschlossener Wasserschlauch.
- Überwachen durch einen **Brandposten**, der während schweißtechnischer Arbeiten den brandgefährdeten Bereich auf eine Brandentstehung beobachtet, einen möglichen Brand in seiner Entstehung durch einen eigenen Löschangriff verhindert und gegebenenfalls weitere Hilfe herbeiholt.

- Kontrolle durch eine **Brandwache**, die im Anschluss an die schweißtechnischen Arbeiten für die folgenden Stunden den Arbeitsbereich und seine Umgebung auf Glimmnester, verdächtige Erwärmung und Rauchentwicklung regelmäßig kontrolliert.

Die Sicherheitsmaßnahmen sollen unter Beachtung der jeweiligen Umgebungsbedingungen mit dem Auftraggeber abgestimmt werden und müssen in einer **Schweißerlaubnis** (Beispiel siehe Anlage 10.1) schriftlich festgelegt werden.

Bei regelmäßig wiederkehrenden, gleichartigen schweißtechnischen Arbeiten unter vorhersehbar gleichen Bedingungen der Brandgefährdung können, als Sonderfall der Schweißerlaubnis, die ergänzenden Sicherheitsmaßnahmen in einer Betriebsanweisung schriftlich festgelegt werden.



Abb. 15 Maßnahmen beim Schweißen unter Brandgefahr

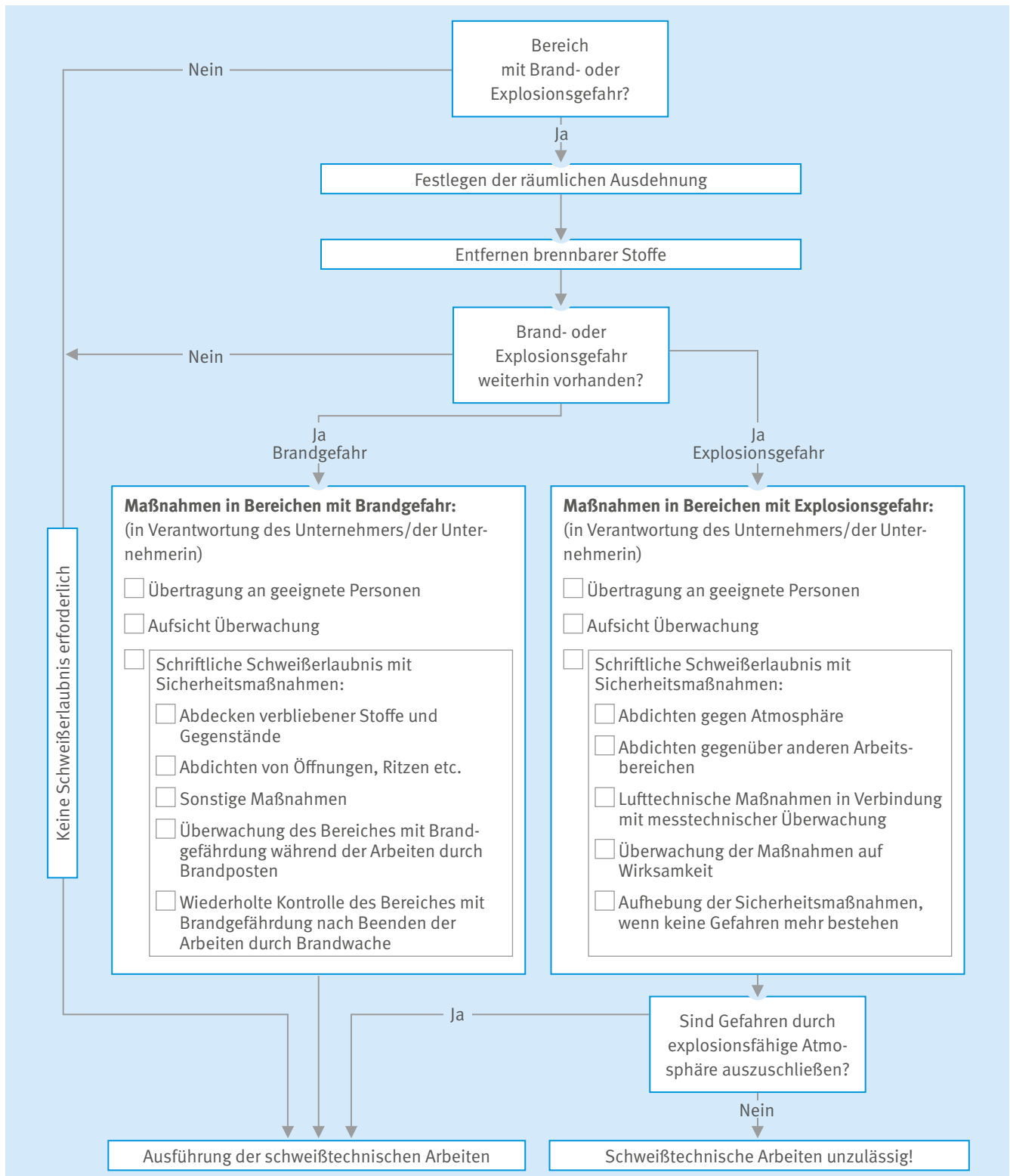


Abb.16 Schematisches Vorgehen bei der Ermittlung von Sicherheitsmaßnahmen für Schweißarbeiten in Bereichen mit Brand- oder Explosionsgefahr.

7.2.3 Bereiche mit Explosionsgefahr

Wenn aufgrund von baulichen Gegebenheiten und betriebstechnischen Gründen explosionsfähige Stoffe und Gegenstände nicht vollständig entfernt werden können, muss eine explosionsfähige Atmosphäre durch folgende ergänzende Sicherheitsmaßnahmen verhindert werden:

- Sicheres **Abdichten** gegenüber der Atmosphäre, z. B. von fest eingebauten Behältern, Apparaten oder Rohrleitungen, die brennbare Flüssigkeiten, Gase oder Stäube enthalten oder enthalten haben.
- Sicheres **Abdichten** gegenüber anderen Arbeitsbereichen, z. B. durch Lehm, Gips, Mörtel, geeignete Massen oder feuchten Sand.
- **Lufttechnische Maßnahmen** in Verbindung mit messtechnischer Überwachung während der Arbeit, z. B. durch Einsatz von Gaswarngeräten.
- **Überwachen** der Wirksamkeit der Sicherheitsmaßnahmen während der Arbeiten, z. B. Beobachten von Gaswarngeräten und augenblickliches Einstellen der Arbeiten bei Gefahr.

Die Sicherheitsmaßnahmen sollen unter Beachtung der jeweiligen Umgebungsbedingungen mit dem Auftraggeber abgestimmt werden und müssen in einer Schweißerlaubnis (Beispiel siehe Anlage 10.1) schriftlich festgelegt werden.

Die Sicherheitsmaßnahmen dürfen erst aufgehoben werden, wenn die Arbeiten abgeschlossen sind und keine Zündgefahr mehr besteht.

Lassen sich Gefahren durch eine explosionsfähige Atmosphäre trotz der getroffenen Sicherheitsmaßnahmen nicht sicher ausschließen, dürfen schweißtechnische Arbeiten nicht ausgeführt werden.

7.3 Schweißarbeiten an oder in Behältern mit gefährlichem Inhalt

Für Schweißarbeiten an oder in Behältern, zum Beispiel Tanks, Silos, Fässern, Apparaten, Rohrleitungen, Kanälen und dergleichen, die gefährliche Stoffe oder Zubereitungen enthalten oder enthalten haben können, müssen vor Beginn der Arbeiten sachkundig die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen festgelegt werden. Die Einhaltung der Sicherheitsmaßnahmen und die Durchführung der Arbeiten sind durch die Unternehmerinnen und Unternehmer oder ihre Beauftragten zu überwachen.

Gefährliche Stoffe oder Zubereitungen haben eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften:

- explosionsgefährlich,
 - brandfördernd,
 - hochentzündlich,
 - leicht entzündlich,
 - entzündlich,
 - krebserzeugend,
 - sehr giftig,
 - giftig,
 - gesundheitsschädlich,
 - ätzend
- und
- reizend.

Auch geringe Reste solcher Stoffe können – besonders unter Schweißhitze – gefährlich werden. Solche Stoffe sind zum Beispiel auch Heizöl, Dieselmotorkraftstoff, Öle, Fette, bituminöse Massen.



Ergänzende Informationen können der DGV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume – Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“ entnommen werden.

Die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen umfassen in der Regel das Entleeren und Reinigen des Behälters sowie eine flammenerstickende Schutzfüllung während der Arbeiten, gegebenenfalls auch gefahrloses Abführen von Schadstoffen.

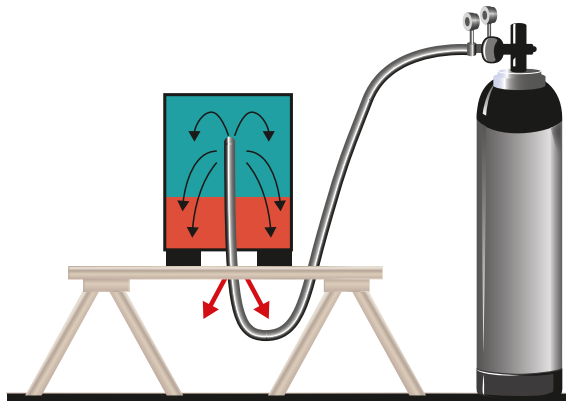


Abb. 17 Schutzfüllung mit Stickstoff

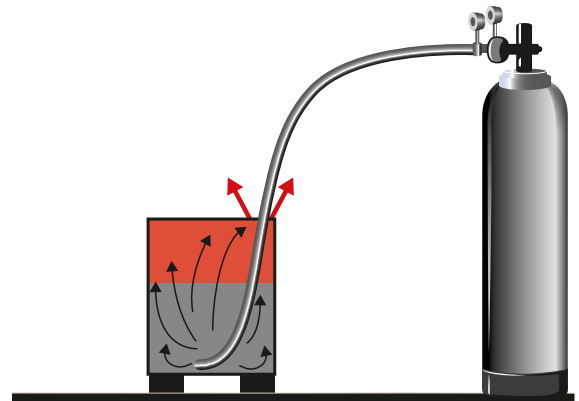


Abb. 18 Schutzfüllung mit Kohlendioxid

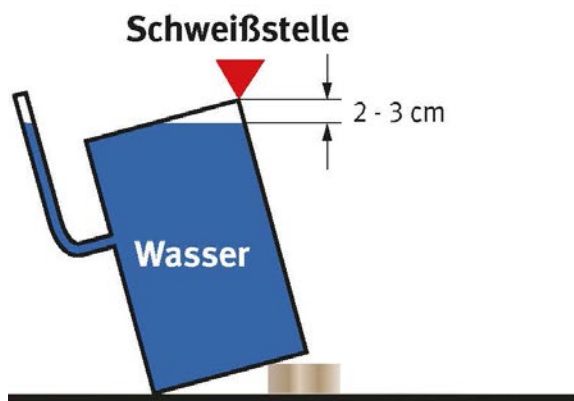
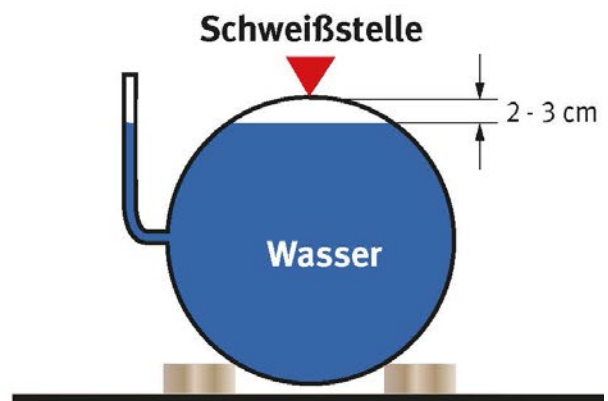


Abb. 19 Arbeitstechnik beim Schweißen von Fässern oder ähnlichen Hohlkörpern



Die Eigenschaften des Behälterinhalts können zum Beispiel folgende Maßnahmen beim Entleeren und Reinigen erfordern:

- Benutzen geeigneter persönlicher Schutzausrüstungen,
- Potenzialausgleich zum Vermeiden elektrostatischer Aufladungen,
- funkenfreies Öffnen der Verschlüsse,
- Verwenden funkenfreier Entnahmeeinrichtungen,
- Verwenden geeigneter Auffangbehälter.

Eine flammenerstickende Schutzfüllung ist erforderlich bei Behältern, die zum Beispiel explosionsgefährliche oder entzündliche Stoffe enthalten haben.

Die Schutzfüllung kann zum Beispiel aus Wasser, Stickstoff oder Kohlendioxid bestehen.

Beispiellösungen dafür zeigen die Abbildungen 17 bis 19.

An geschlossenen Behältern darf nur geschweißt oder brenngeschnitten werden, wenn darüber hinaus Vorsichtsmaßnahmen getroffen sind, die das Entstehen eines gefährlichen Überdrucks verhindern.

7.4 Unterwasserschweiß- und -schneidarbeiten

Der Einsatz von Autogenverfahren in nasser Umgebung beschränkt sich im Wesentlichen auf das autogene Brennschneiden und das Brennbohren.

An die ausführenden Personen sind besondere Anforderungen zu stellen. Sie müssen sowohl tauchspezifischen Anforderungen (siehe auch DGUV Vorschrift 40 „Taucharbeiten“) als auch schweißspezifischen Anforderungen gerecht werden, das heißt, sowohl mit den Verfahren, deren praktischer Handhabung, als auch mit entstehenden Gefährdungen vertraut sein.

Vor allem bei Arbeiten in geschlossenen Räumen oder Arbeitsräumen, an denen sich Hohlräume befinden, können sich zündfähige Gemische ansammeln.



Bei Verwendung flüssiger Brennstoffe kann es bei Zündung an der Wasseroberfläche Flächenbrände geben. Ausführliche Hinweise über sicherheitstechnische Maßnahmen sind im Merkblatt DVS 1812 enthalten.

7.5 Arbeiten in Druckluft

Arbeiten unter erhöhtem Luftdruck gehören mit zu Arbeiten unter besonderer Gefahr. Diese Gefahr geht aus von den immer anzutreffenden Bedingungen des „engen Raums“ sowie der größeren Menge an Sauerstoff durch die Komprimierung der Luft.

Damit sind alle Schutzmaßnahmen vorrangig, die

- Begrenzung der Personenzahl,
- Ausstattung mit Schutzkleidung,
- Einsatz von Sicherungsposten und Bereithalten von Rettungseinrichtungen zum Inhalt haben.

Außerdem muss beachtet werden, dass Acetylen als Brenngas meist nicht eingesetzt werden kann, da sein Arbeitsdruck für einen sicheren Betrieb nicht mehr als 1,5 bar betragen darf.

Die Aufstellung aller Druckgasflaschen darf nur außerhalb des Bereichs erhöhten Drucks erfolgen. Sicherheitseinrichtungen gegen Flammenrückschlag, Gasrücktritt und Schlauchbruch sind einzusetzen.

Für das eingesetzte Personal sind medizinische Maßnahmen gemäß Druckluftverordnung einzuleiten.

8 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge müssen Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen prüfen, ob eine Pflicht- oder eine Angebotsvorsorge einzuleiten ist. Darüber hinaus kann für Beschäftigte eine Wunschvorsorge ermöglicht werden.

Eine Pflichtvorsorge ist immer dann einzuleiten, wenn Grenzwerte überschritten werden können und vor allem bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen.

Bei Tätigkeiten ohne krebserzeugende Gefahrstoffe ist bei Unterschreitung eines A-Staubwertes von 3 mg/m^3 eine Angebotsvorsorge erforderlich.

Weitere Kriterien sind möglich.



Hinweise, wann Pflicht- oder Angebotsvorsorge durchzuführen ist, sind im Anhang der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) und den Technischen Regeln dazu (AMR) enthalten.

9 Vorschriften und Regeln

Nachstehend sind besonders zu beachtende Gesetze, Vorschriften, Regeln, Informationen, Grundsätze und Normen zusammengestellt.

1 Gesetze, Verordnungen und Technische Regeln

*Bezugsquelle: Buchhandel und Internet:
z. B. www.gesetze-im-internet.de*

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrations-ArbSchV)
- Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV)
- Technische Regeln für Arbeitsstätten
 - ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“
 - TRGS 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“
 - TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“
 - TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“
 - TRBS 1201 „Prüfung von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“
 - TRBS 1203 „Befähigte Personen“
 - TRBS 3145/TRGS 745 „Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“
 - TRBS 3146/TRGS 746 „Ortsfeste Druckanlagen für Gase“

2 Normen

Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

- **DIN EN 166:2002-04** „Persönlicher Augenschutz – Anforderungen“
- **DIN EN 169:2003-02** „Persönlicher Augenschutz – Filter für das Schweißen und verwandte Techniken“
- **DIN EN 1089-3:2011-10** „Ortsbewegliche Gasflaschen - Gasflaschen-Kennzeichnung (ausgenommen Flüssiggas (LPG)) - Teil 3: Farbcodierung
- **DIN EN 1256:2008-03** „Gasschweißgeräte – Festlegungen für Schlauchleitungen für Ausrüstungen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse“
- **DIN EN ISO 3821:2016-10** „Gasschweißgeräte – Gummischläuche für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse“
- **DIN EN ISO 7225:2013-01** „Gasflaschen – Gefahrgutaufkleber“
- **DIN EN ISO 11611:2015-11** „Schutzbekleidung für Schweißen und verwandte Verfahren“
- **DIN EN ISO 25980:2015-01** „Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Durchsichtige Schweißvorhänge, -streifen und -abschirmungen für Lichtbogenschweißprozesse“

4 DGUV Regelwerk für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und unter www.dguv.de/publikationen

Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“

Regeln

- DGUV Regel 100-500 und 100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln“, Kap. 2.26 „Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren“
- DGUV Regel 109-010 „Richtlinien für Einrichtungen zum Reinigen von Werkstücken mit Lösemitteln“
- DGUV Regel 112-189 und 112-989 „Benutzung von Schutzkleidung“
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“
- DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume - Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“

Informationen

- DGUV Information 209-047 „Nitrose Gase beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“
- DGUV Information 209-049 „Umgang mit thoriumoxidhaltigen Wolframelektroden beim Wolfram-Inertgasschweißen“
- DGUV Information 213-073 „Sauerstoff“
- DGUV Information 213-075 „Liste der nichtmetallischen Materialien – zu Merkblatt M034 „Sauerstoff“
- DGUV Information 213-076 „Liste der Armaturen, Schläuche und Anlagenteile – zu Merkblatt M034 „Sauerstoff“

10 Anlagen

10.1 Erlaubnisschein für feuergefährliche Arbeiten

Erlaubnisschein für Schweißen und verwandte Verfahren bei Brand- und Explosionsgefahr			
1	Ausführende Firma/Abteilung		
2	Arbeitsort/-stelle		
2a	Bereich mit Brand- und Explosionsgefahr	Die räumliche Ausdehnung um die Arbeitsstelle: Umkreis/Radius: ... Höhe: ... m Tiefe: ...	
3	Arbeitsauftrag	Beginn: Datum/Uhrzeit	ausführende Person:
3a	Art der Arbeiten	Voraussichtl. Ende: Datum/Uhrzeit ☐ Schweißen ☐ Schneiden ☐ sonstiges ☐ Trennschleifen ☐ Löten	
4	Sicherheitsmaßnahmen bei Brandgefahr	☐ Entfernen beweglicher brennbarer Stoffe und Gegenstände, ggf. auch Staubablagerungen, im Umkreis von ... m und (soweit erforderlich) auch in angrenzenden Bereichen ☐ Entfernen von Wand- und Deckenverkleidungen, soweit sie brennbare Stoffe abdecken oder verdecken oder selbst brennbar sind ☐ Abdecken ortsfester brennbarer Stoffe oder Gegenstände (z. B. Holzbalken, -wände, -fußböden, Kunststoffteile) mit geeigneten Mitteln und ggf. deren Anfeuchten ☐ Abdichten von Öffnungen (z. B. Fugen, Ritzen, Mauerdurchbrüche, Schächte) zu benachbarten Bereichen mit nicht-brennbaren Stoffen ☐ Bereitstellen einer Brandwache mit Löschmittel	Firma/Name: ausgeführt: (Unterschrift)
4a	Beseitigen der Brandgefahr		
4b	Löschgerät/Löschmittel	☐ Feuerlöscher mit ☐ Wasser ☐ Pulver ☐ CO ₂ ☐ Schaum ☐ Löschdecken ☐ Löschsand ☐ angeschlossener Wasserschlauch ☐ wassergefüllte Eimer ☐ Benachrichtigen der Feuerwehr	Firma/Name: ausgeführt: (Unterschrift)
4c	Brandwache	☐ während der Arbeit Name ☐ nach Beendigung der Arbeit Name ☐ Dauer ... Std. ☐ unmittelbar nach Beendigung ☐ weitere Kontrollgänge alle ... Min.	
5	Sicherheitsmaßnahmen bei Explosionsgefahr	☐ Entfernen sämtlicher explosionsfähiger Stoffe und Gegenstände (auch Staubablagerungen und Behälter mit gefährlichem Inhalt oder dessen Resten) ☐ Beseitigen der Explosionsgefahr in Rohrleitungen ☐ Abdichten von ortsfesten Behältern, Apparaten oder Rohrleitungen, die brennbare Flüssigkeiten, Gase oder Stäube enthalten oder enthalten haben (Verbindungen z. B. zu Lüftungskanälen beachten) ☐ Durchführung Lüftungstechnischer Maßnahmen nach Explosionsschutz-Regeln mit nachfolgender Messung („Freumessen“)	Firma/Name: ausgeführt: (Unterschrift)
5a	Beseitigen der Explosionsgefahr		
5b	Überwachung	☐ Überwachung der Sicherheitsmaßnahmen auf Wirksamkeit (z. B. durch Gaswarngeräte):	Firma/Name:
5c	Aufhebung der Sicherheitsmaßnahmen	Nach Abschluss der schweißtechnischen Arbeiten Nach: Std.	Firma/Name:
6	Alarmierung	Standort des nächstgelegenen Brandmelders Telefon: Feuerwehr Ruf-Nr.:	
7	Auftraggebende/ Verantwortliche	Die Maßnahmen nach Nummern 4 und 5 tragen den durch die örtlichen Verhältnisse entstehenden Gefahren Rechnung Datum Firma Unterschrift	
8	Auftragnehmende/ Verantwortliche	Die Arbeiten nach Nummer 3 dürfen erst begonnen werden, wenn die Sicherheitsmaßnahmen nach Nummer 4 und/oder 5 durchgeführt sind. Kennznisnahme der ausführenden Person nach Nr. 3	

10.2 Muster eines Nachweises zur Einhaltung der höchstzulässigen Transportmengen nach Unterabschnitt 1.1.3.6. ADR (1000-Punkte-Regel)

Firma/Absender(in):	Kfz-Kennzeichen:
Empfänger(in)/Baustelle:	

UN-Nr.	Gefahrgut/ Gefahrstoff	Anzahl der Verpackungen	Fassungsraum je Verpackung in Litern/ in kg	Summe	Faktor	Punkte
UN						
UN						
UN						
UN						
UN						
UN						
UN						
UN						
UN						
UN						
Gesamtpunktzahl:						

- ☐ Gesamtpunktzahl ≤ 1000 = Beförderung kleiner Mengen nach Unterabschnitt 1.1.3.6 ADR
☐ Beförderung nach Unterabschnitt 1.1.3.1 c) ADR im Rahmen der Haupttätigkeit
☐ Gesamtpunktzahl > 1000 = Gefahrgutbeförderung (z. B. Warntafeln, ADR-Bescheinigung...)

Datum, Fahrer(in):

10.3 Beförderungsbeispiel

UN-Nr.	Gefahrgut/ Gefahrstoff	Anzahl der Verpackungen	Fassungsraum je Verpackung in Litern/ in kg	Summe	Faktor	Punkte
UN 1001	Acetylen (unter Druck gelöst)	3	7 kg	21	3	63
UN 1072	Sauerstoff (verdichtet)	5	50 l	250	1	250
UN 1965	Propan/ Butan (verflüssigt)	5	33 kg	165	3	495
UN 1203	Benzin	1	20 l	20	3	60
UN 1202	Diesel, Heizöl	1	50 l	50	1	50
UN 1950	Spraydosen (brennbar)	10	1 kg	10	3	30
UN 2037	Gaskartuschen (brennbar)	10	0,5 kg	5	3	15
UN						
UN						
UN						
Gesamtpunktzahl:						963

X Gesamtpunktzahl ≤ 1000 = Beförderung kleiner Mengen nach Unterabschnitt 1.1.3.6 ADR

☐ Beförderung nach Unterabschnitt 1.1.3.1 c) ADR im Rahmen der Haupttätigkeit

(☐ Gesamtpunktzahl > 1000 = Gefahrgutbeförderung (z. B. Warntafeln, ADR- Bescheinigung...))

Notizen

[illegible]

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-6132
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de