

209-010

DGUV Information 209-010



Lichtbogenschweißen

Impressum

Herausgeber:
Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet „Oberflächentechnik und Schweißen“ des
Fachbereichs „Holz und Metall“ der DGUV

Ausgabe: März 2017

DGUV Information 209-010
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter www.dguv.de/publikationen

Lichtbogenschweißen

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite		
1	Vorwort	5	6	Lichtbogenstrahlung	22
2	Anwendungsbereich	6	7	Gefahrstoffe	25
3	Elektrische Gefahren und Schutzmaßnahmen ...	7	7.1	Emissionen	
3.1	Gefahren durch elektrischen Strom	7	7.1.1	(Schweißbrauche und Gase)	25
3.2	Schutzmaßnahmen	9	7.1.2	Rechtsverbindliche Vorgaben zum Arbeitsschutz	25
3.2.1	Netzspannungsseite	9	7.1.3	Vermeiden von Emissionen	25
3.2.2	Schweißgeräte	10	7.1.4	Lüftungstechnische Maßnahmen	26
3.2.3	Schweißspannungsseite	11	7.2	Persönliche Schutzmaßnahmen (Atemschutz) ...	27
3.2.4	Vagabundierende Schweißströme	11		Prozessgase	27
3.2.5	Lichtbogenschweißen		8	Brand-, Explosions- und Verbrennungsgefahren	29
	mit mehreren Stromquellen	11	8.1	Allgemein	29
3.3	Erste Hilfe beim elektrischen Schweißunfall	13	8.2	Bereiche mit Brandgefahr	30
4	Betreiben von Schweißgeräten		8.3	Bereiche mit Explosionsgefahr	31
	(Maßnahmen, Handhabung)	14	8.4	Schweißarbeiten in oder an Behältern	
4.1	Installation und Benutzung	14		mit gefährlichem Inhalt	31
4.1.1	Zusammenschalten von Schweißstromquellen ...	14	8.5	Verbrennungsgefahren	32
4.1.2	Schutzmaßnahmen gegen elektrische Fehler	14	8.6	Hitzarbeitsplatz	33
4.1.3	Schweißleitungsanschlüsse	14	9	Lärm	34
4.1.4	Benutzung	15	10	Mechanische Gefährdungen	35
4.1.5	Isolation der Schweißfachkraft		9	Arbeitsmedizinische Vorsorge	36
	gegen Schweißspannung	16	12	Vorschriften und Regeln	37
4.2	Instandhaltung	17		Anlage 1	39
4.3	Prüfung	17			
5	Erhöhte elektrische Gefährdung	19			
5.1	Begriffsbestimmungen	19			
5.2	Schutzmaßnahmen beim Schweißen	20			
5.3	Schutzmaßnahmen für andere				
	elektrische Betriebsmittel	21			
5.3.1	Schutzmaßnahmen in leitfähigen Bereichen				
	mit begrenzter Bewegungsfreiheit	21			
5.3.2	Schutzmaßnahmen in sonstigen Räumen				
	und Bereichen mit leitfähiger Umgebung	21			

1 Vorwort

Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren sind in der Metallverarbeitung die Verfahren, mit denen Bauteile gefügt, getrennt oder deren Oberflächen bearbeitet werden. Geschweißt wird nicht nur in der „klassischen“ metallverarbeitenden Industrie, sondern in nahezu allen Branchen in der Industrie und im Handwerk. Die zahlreichen Anwendungen haben zu einer stetigen Weiterentwicklung der Verfahren und damit zu einer Verfahrensvielfalt geführt.

Schweißverfahren werden oftmals anhand der eingesetzten Energien wie Gas, Strom, Laser oder Reibung klassifiziert. Von großer technologischer und wirtschaftlicher Bedeutung sind die elektrischen Verfahren, insbesondere die Lichtbogenverfahren. Dazu gehören u. a. das Metallaktivgas- (MAG), das Metallinertgas- (MIG), das Wolframinertgas- (WIG) und das Lichtbogenhandschweißen (LBH).

Schweißprozesse erfordern speziell ausgebildete Schweißerinnen und Schweißer, zumal an Schweißverbindungen immer höhere Qualitätsanforderungen gestellt werden.

Schweißen, insbesondere Lichtbogenschweißen, ist jedoch auch mit zahlreichen Gefahren verbunden. Diese können entstehen durch:

- elektrischen Strom
- Lichtbogenstrahlung
- thermische Energie (Brände, Explosionen sowie Verbrennungen)
- Gefahrstoffe
- unter Druck stehende Prozessgase
- Lärm
- mechanische Gefährdungen

Diese Informationsschrift soll Schweißerinnen und Schweißern helfen, die mit den Lichtbogenverfahren verbundenen Gefahren zu erkennen und einzuschätzen, sie soll aber auch Informationen über erforderliche Schutzmaßnahmen liefern.

2 Anwendungsbereich

Diese Schrift gibt Hilfestellung bei der Umsetzung von Sicherheit und Gesundheit bei folgenden Verfahren:

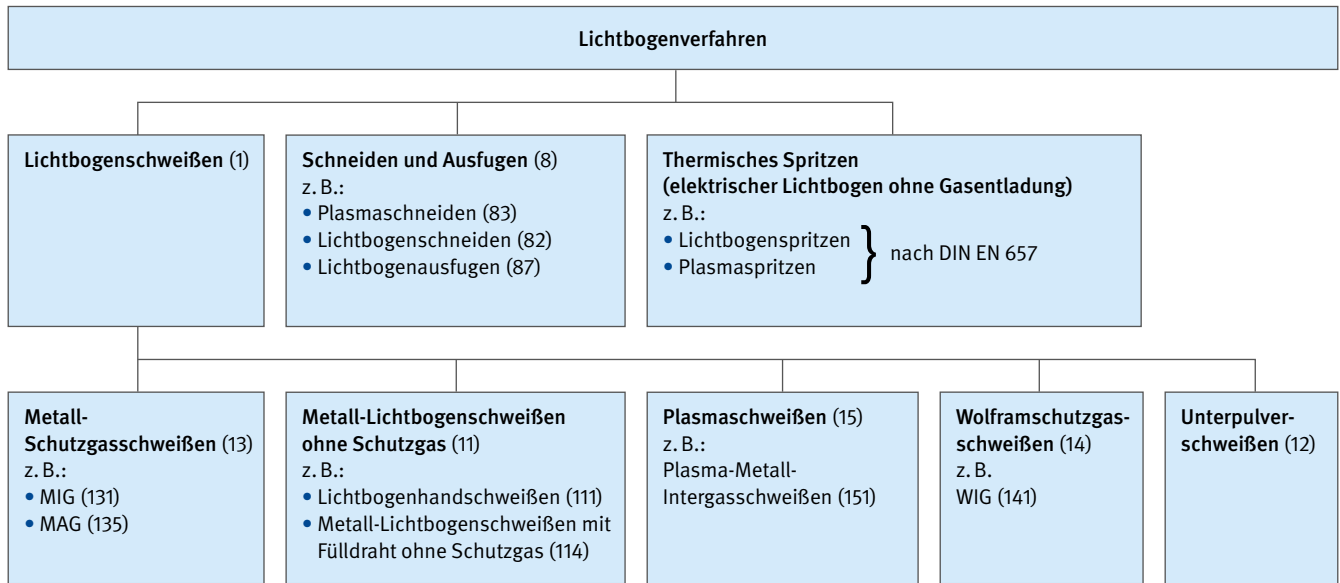


Abb. 2-1
Lichtbogenverfahren (mit Ordnungsnummern nach DIN EN ISO 4063)

3 Elektrische Gefahren und Schutzmaßnahmen

3.1 Gefahren durch elektrischen Strom

Elektrische Gefährdung

Eine elektrische Gefährdung beginnt, wenn:

- eine Spannung höher als 25 V Wechselspannung (Effektivwert) oder 60 V Gleichspannung berührt werden kann
- und dabei ein ausreichend hoher Strom fließen könnte.

Daher muss eine erste Schutzmaßnahme als Basisschutz (z.B. Isolierung) umgesetzt werden.

Zulässige Berührungsspannung

Die zulässige Berührungsspannung wird überschritten:

- wenn eine Spannung höher als 50 V Wechselspannung (Effektivwert) oder 120 V Gleichspannung berührt werden kann
- und dabei ein ausreichend hoher Strom fließen könnte.

Von diesen Werten an wird die Körperdurchströmung für den Menschen so gefährlich, dass irreversible Schäden auftreten können. Zusätzlich zum Basisschutz muss eine zweite Schutzmaßnahme als Fehlerschutz (z. B. Schutztrennung) umgesetzt werden.

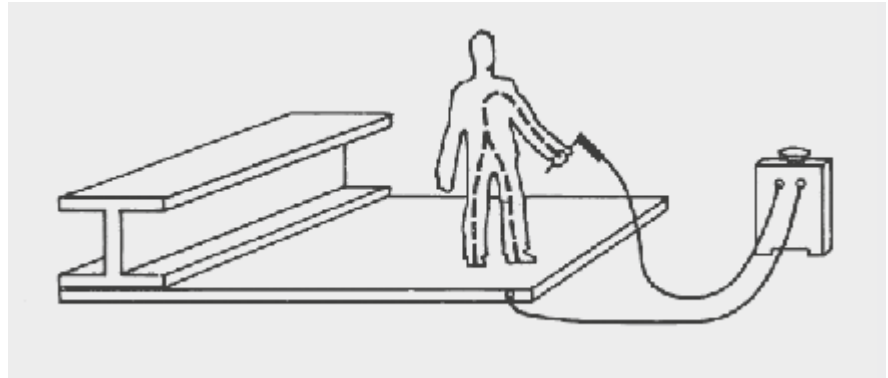


Abb. 3-1
Längsdurchströmung eines menschlichen Körpers

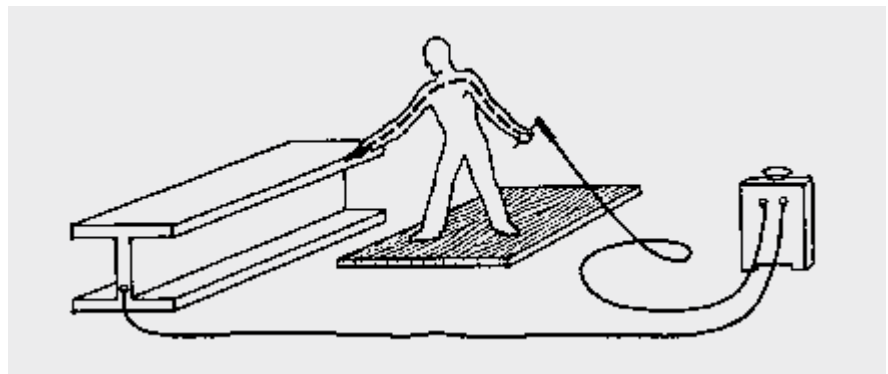


Abb. 3-2
Querdurchströmung eines menschlichen Körpers

Körperdurchströmung

Strom fließt nur in einem geschlossenen Stromkreis. Die Stromstärke (I) in Ampere [A] ist von der Spannung (U) in Volt [V] und von der Größe des Widerstands (R) in Ohm [Ω] abhängig.






Bei konstanter Spannung ist die Stromstärke allein von der Größe des Widerstands abhängig. Wenn der Widerstand gegen Null geht, steigt die Stromstärke gegen unendlich (Kurzschluss). Der Zusammenhang wird anhand des Ohmschen Gesetzes erkennbar:

$$I = U/R$$

Für den Menschen besteht dann Gefahr, wenn er selbst ein Teil des Stromkreises wird. Der Strom durchfließt den menschlichen Körper auf kürzestem Weg. Sollte die Verbindung mit dem Stromkreis z. B. über beide Hände gegeben sein, durchfließt der Strom die Hände, die Arme, den Oberkörper und damit lebenswichtige Organe wie das Herz.

Mit den durchschnittlichen Widerständen des menschlichen Körpers und mit der Berührungsspannung, die in der Regel bekannt ist, kann die Stromstärke mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes abgeschätzt werden.

Tabelle 1 Körperdurchströmungen bei einer Berührungsspannung von 113 Volt (maximal zulässige Spannung im Schweißstromkreis)

Stromweg	Körperwiderstand R_{Mensch} in $[\Omega]$ ca.	Stromstärke in Milliampere [mA] bei einer Spannung von 113 Volt
Hand – Hand 	1000 Ω	113 mA
Hand – Fuß 	1000 Ω	113 mA
Hand – Füße 	750 Ω	150 mA
Hand – Brust 	450 Ω	251 mA
Hand – Gesäß 	550 Ω	205 mA

Körperdurchströmungen können folgende Auswirkungen haben:

- Muskelverkrampfung
- Muskelkontraktion
- Nervenerschütterung
- Blutdrucksteigerung
- Herzkammerflimmern
- Herzstillstand
- Strommarken an den Stromein- und austrittsstellen
- Flüssigkeitsverluste, Verkochungen
- innere Verbrennungen

Muskelverkrampfungen können bereits bei Stromstärken ab etwa 5 mA auftreten. Werden die Hände durchströmt, kann die Hand- und Fingermuskulatur verkrampfen, so dass mit den Händen erfasste, unter Spannung stehende Gegenstände nicht mehr losgelassen werden können (Loslassgrenze). Ist der Brustkorb betroffen, kann Atemstillstand eintreten, Herzstillstand ausgelöst werden oder der geregelte Ablauf der einzelnen Herzmuskelbewegungen wird durcheinandergebracht, so dass eine ungeordnete Bewegung ohne Pumpwirkung entsteht – das sogenannte Herzkammerflimmern.

Die physiologische Wirkung von Gleichstrom bei gleicher Stromstärke ist weniger stark als die von Wechselstrom, aber keineswegs ungefährlich.

Die auftretende Stromstärke bei einer Körperdurchströmung hängt ab von:

- dem Stromweg
- der Art und den Einstellungen der Schweißstromquelle (z. B. Höhe der Spannung, der Frequenz)
- dem Zustand von Schweißstromleitungen, des Elektrodenhalters, der Elektrode, des Werkstücks
- den Übergangswiderständen im Schweißstromkreis (Hin- und Rückleitung)
- der Beschaffenheit der Kleidung (z. B. Schuhe, Arbeitsanzug, Handschuhe)
- dem Menschen selbst, z. B. Zustand seiner Haut (trocken oder feucht, unverletzt oder verletzt)
- dem Körperinnenwiderstand

Der Widerstand der für die Fortleitung des Schweißstroms vorgesehenen Leiter ist gegenüber den Widerständen von Körper und Bekleidung vernachlässigbar gering. Für die Sicherheit der Schweißfachkraft ist deshalb in erster Linie die Beschaffenheit

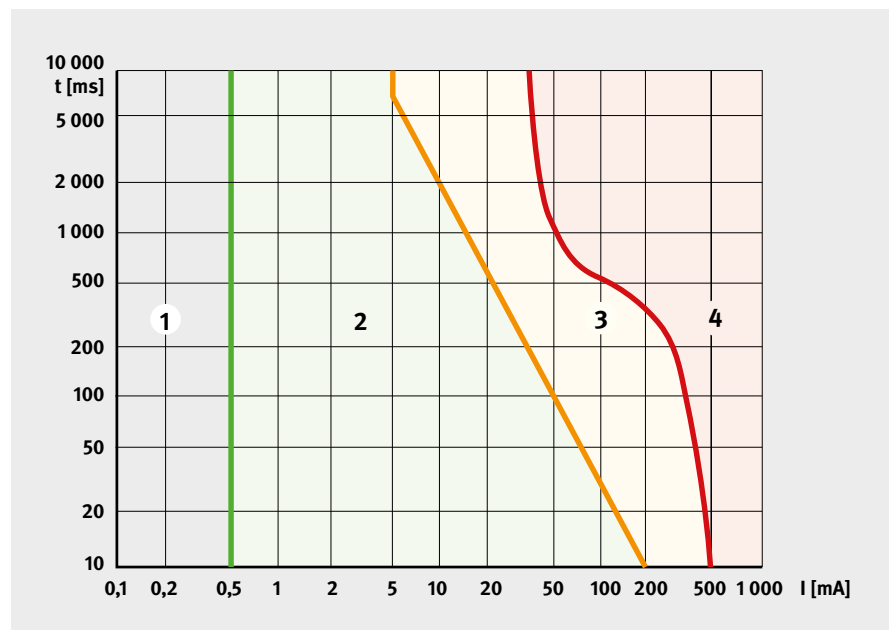


Abb. 3-3 Zeit-Stromstärke-Abhängigkeit der Auswirkungen von Wechselstrom bei Körperdurchströmung in Anlehnung an VDE V 0140-479-1

der Bekleidung von Bedeutung. Der Isolationswert von Schutzkleidung beim Schweißen kann von „ausreichend hoch“ bis „lebensgefährlich niedrig“ schwanken. Nasse oder durchgeschwitzte Kleidung dagegen ist elektrisch leitfähig und hat fast keinen Widerstand. Unbeschädigtes trockenes Schuhwerk mit Gummisohlen hat einen Widerstand von ca. 100 000 Ohm und bietet eine ausreichende Isolation.

Sekundärünfälle

Schon bei geringen, für den Menschen eigentlich ungefährlichen Körperdurchströmungen unterhalb der Loslassgrenze können Schreckreaktionen auftreten, die zu gefährlichen Sekundärünfällen wie Sturz in eine Arbeitsgrube oder von einer Leiter führen können.

3.2 Schutzmaßnahmen

Bei Elektrowerkzeugen wie Bohrmaschine und Winkelschleifer sind alle unter elektrischer Spannung stehenden Teile gegen Berühren geschützt. Durch die Schutzmaßnahmen zum Basis- und Fehlerschutz besteht keine Möglichkeit, die unter Spannung stehenden Teile zu berühren.

Beim Lichtbogenschweißen dagegen können nicht alle spannungsführenden Teile isoliert werden. Kein Berührungsschutz besteht z. B. gegenüber der Schweißelektrode. Werden Elektrode und Werkstück gleichzeitig berührt, wird die Schweißspannung somit zur Berührungsspannung.

Folgende im Schweißstromkreis unter Spannung stehende Teile sind von der Grundforderung des Berührungsschutzes ausgenommen:

- Stabelektroden
- Kontaktflächen des Elektrodenhalters
- Düsenvorderteil und Elektrode am Schweißbrenner
- Anschlussvorrichtung am Werkstück für die Schweißstromrückleitung
- Werkstücke
- Schweißvorrichtungen, Schweißtische, Zulagen

Damit müssen für das Lichtbogenschweißen insbesondere die in den Kapiteln 3.2.1 bis 3.2.5 beschriebenen Schutzmaßnahmen angewendet werden.

3.2.1 Netzspannungsseite

Der empfindlichste Teil der Netzseite ist die Zuleitung. Diese ist besonders gegen Beschädigungen zu schützen. Wenn beim Verändern des Aufstellungsorts der Schweißstromquelle die Netzzuleitung beschädigt werden kann, muss sie vorher vom Netz getrennt werden. Beim Verschieben ist jede Beschädigung der Leitung zu vermeiden: So können beispielsweise die Räder der Stromquelle die Leitung leicht gegen ein kantiges Profil drücken und dabei die Leitungsisolation zerstören. Hierzu reicht ein Weg von nur wenigen Zentimetern aus! Natürlich müssen Leitungen auch während des Schweißens gegen Beschädigungen – besonders gegen Überfahren – geschützt werden.



Abb. 3-4
Sicherung der Schweißleitung gegen Beschädigung beim Überfahren.



Abb. 3-5
30 mA FI-Schutzschalter – RCD
(englisch: residual current protective device)

Bei längeren Arbeitsunterbrechungen müssen Schweißgeräte vom Netz getrennt werden, um Gefährdungen durch die Leerlaufspannung während dieser Zeit von vornherein unmöglich zu machen. Längere Arbeitsunterbrechungen sind z. B. auch Essenspausen und Schichtwechsel.

Ein sehr guter Schutz gegen Gefährdungen auf der Netzspannungsseite sind FI Schutzschalter (siehe Abb. 3-5) mit max. 30 mA Auslösestrom. Erkennt der FI-Schutzschalter einen Fehler, wird der dazugehörige Stromkreis vom Netz getrennt. Für moderne Schweißstromquellen (Invertertechnik) wird ein FI-Schutzschalter Typ B empfohlen.

3.2.2 Schweißgeräte

Der Netzstrom ist zur direkten Verwendung für das Lichtbogenschweißen nicht geeignet. Die beim Lichtbogenschweißen unregelmäßig auftretenden Kurzschlüsse würden das Stromnetz erheblich stören. Zum Lichtbogenschweißen werden daher spezielle Stromquellen benötigt. Sie müssen das „Werkzeug“ Strom in jeder gewünschten Form, d. h. Gleich- oder Wechselstrom, gepulst oder konstant, mit oder ohne Rampen etc., zur Verfügung stellen können. Die Bauart von Schweißstromquellen reicht damit heute vom „einfachen“ Transformator bis zum computergesteuerten Typ in Inverterbauweise.

Herstellfirmen von Schweißeinrichtungen richten sich bei der Konzeption und Produktion ihrer Geräte üblicherweise nach Bauvorschriften/Normen. Die Betreibenden sollten bei ihrer Bestellung eine Geräteausführung nach der Normenreihe DIN EN IEC 60974 fordern.

Leerlaufspannung

Wenn der Lichtbogen brennt, tritt – je nach Schweißverfahren und Art der verwandten Elektrode – eine Arbeitsspannung von 15 bis 40 V auf. Wenn der Lichtbogen nicht brennt, liegt zwischen den An-

schlussstellen der Schweißleitungen die Leerlaufspannung an. Sie ist wesentlich höher als die Arbeitsspannung. Die Leerlaufspannung wird benötigt, um den Lichtbogen zünden zu können. Die zulässigen Höchstwerte der Leerlaufspannung (siehe Abb. 3-6) sind für verschiedene Einsatzbedingungen so festgelegt, dass sie alle Schweißaufgaben ermöglichen, aber unnötig große Gefährdungen vermeiden. Die Höchstwerte sind für Gleich- und Wechselspannung als Scheitelwerte festgelegt. Für Wechselspannung sind zusätzlich die Effektivwerte einzuhalten.

Tabelle 2 Zulässige Höchstwerte der Leerlaufspannung

Einsatzbedingung	Max. zulässige Leerlaufspannung in Volt		
	Spannungsart		
	Gleichspannung	Wechselspannung	
		Scheitelwert	Effektivwert
Erhöhte elektrische Gefährdung	113	68	48
Ohne erhöhte elektrische Gefährdung	113	113	80
Begrenzter Betrieb ohne erhöhte elektrische Gefährdung ¹⁾	113	78	55
Schweißbrenner maschinell geführt ²⁾	141	141	100
Plasmaschneiden	500	–	–
Unter Wasser mit Personen im Wasser ³⁾	65	unzulässig	

¹⁾ Die Leistung von Schweißstromquellen für begrenzten Betrieb nach DIN EN 60974-6 ist durch die Einschaltdauer (Temperaturwächter) und die Stromstärke (bis 160 A) eingeschränkt. Hier handelt es sich um Heimwerkergeräte für Laien.

²⁾ Schweißbrenner gelten als maschinell geführt, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Der Brenner darf nicht von Hand gehalten werden.
2. Die Leerlaufspannung muss selbsttätig abgeschaltet werden, wenn nicht geschweißt wird.
3. Der Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile muss:
 - mindestens der Schutzart IP 2X entsprechen
 - oder durch eine Gefahrenminderungseinrichtung sichergestellt sein

³⁾ Die Schweißstelle, der Schweißprozess und die unter Wasser schweißende Person befinden sich in Kontakt mit dem umgebenden Wasser. Schweißstromquellen befinden sich grundsätzlich in trockener Umgebung.

Das Einhalten der maximal zulässigen Leerlaufspannung allein bietet keine ausreichende Sicherheit. Auch bei Einhaltung dieser Spannungswerte können Unfälle mit Todesfolge bei niedrigen Widerständen im Stromweg nicht ausgeschlossen werden. Daher ist eine isolierende Ausrüstung, wie Schutzkleidung für das Schweißen, Sicherheitsschuhe, Handschuhe und eine isolierende Unterlage, zwingend erforderlich.

Auf dem Leistungsschild von Stromquellen wird der Bemessungswert der Leerlaufspannung nach DIN EN 60974-1 wie folgt angegeben:

- für Wechselspannung: nur als Effektivwert
- für Gleichspannung: als arithmetischer Mittelwert anstelle des Scheitelwerts

Drahtvorschubgeräte

Wenn der Scheitelwert der Leerlaufspannung 75 V und – bei Wechselspannung – zusätzlich den Effektivwert 50 V überschreiten kann, müssen die Schweißdrahtspindel und die übrigen unter Schweißspannung stehenden Teile gegen zufälliges Berühren geschützt sein.

In Verbindung mit Schweißstromquellen für maschinell geführte Schweißbrenner, bei denen die Leerlaufspannung selbsttätig abgeschaltet wird, ist kein Berührungsschutz erforderlich.

Drahtvorschubgeräte, die kein gemeinsames Gehäuse mit der Schweißstromquelle haben, müssen deutlich erkennbar und dauerhaft mit der Art der Antriebsspannung und der vorgesehenen Leerlaufspannung gekennzeichnet sein.

3.2.3 Schweißspannungsseite

Die Schweißstromrückleitung muss direkt und übersichtlich geführt sein und gut leitend am Werkstück oder an der Werkstückaufnahme angeschlossen werden. Stahlkonstruktionen, Gleise, Rohrleitungen, Stangen und Ähnliches dürfen nicht zur Rückleitung des Schweißstromes verwendet werden.

3.2.4 Vagabundierende Schweißströme

Nicht nur dem Menschen kann ein unbeabsichtigter Stromfluss schaden. Auch Bauteile und Leitungen können durch vagabundierende Schweißströme beschädigt werden. Oftmals sind z. B. Schutzleiter von Motoren an Kranen und Bearbeitungsstationen und an handgeführten Arbeitsmitteln sowie leitfähige Trag- und Anschlagmittel betroffen, da diese nicht für die großen Schweißströme ausgelegt sind. Vagabundierende Schweißströme können auftreten, wenn die Werkstücke geerdet sind oder während des Schweißens mit Elektrowerkzeugen der Schutzklasse I (mit Schutzleiteranschluss) in Berührung kommen und Fehler im Schweißstromkreis vorliegen (Abb. 3-6). Bei unsachgemäßem

Anschluss der Schweißstromrückleitung kann Schweißstrom über den Schutzleiter fließen und ihn zerstören. Deshalb ist anzustreben, die Antriebsmotoren an Vorrichtungen und Absaugtischen soweit wie möglich isoliert anzubauen oder die Schutzmaßnahme „Schutztrennung“ zu verwenden, um den Schutzleiter völlig getrennt vom Schweißstromkreis halten zu können.

Vagabundierende Ströme können auftreten, wenn der Schweißstromrückleitungsanschluss am Werkstück fehlt oder der Stabelektrodenhalter oder Schweißbrenner nicht isoliert abgelegt werden.

3.2.5 Lichtbogenschweißen mit mehreren Stromquellen

Schweißen mehrere Schweißerinnen und Schweißer mit mehreren Stromquellen an einem Werkstück oder an mehreren elektrisch leitend miteinander verbundenen Werkstücken, so können unzulässig hohe Berührungsspannungen auftreten. Wenn Schweißstromquellen und Zusatzgeräte oder mehrere Schweißstromquellen zusammengeschaltet sind, gilt die resultierende Spannung als Leerlaufspannung. Sie darf bei keiner Einstellung



Abb. 3-6
Elektrowerkzeuge der Schutzklasse I (mit Schutzleiteranschluss) mit Schweißwerkstücken

und Schaltung von Stromquellen und Zusatzgeräten die festgelegten Höchstwerte der Leerlaufspannung überschreiten.

Bei Anlagen mit mehreren zusammengeschalteten Stromquellen darf weder die Leerlaufspannung der einzelnen Stromquelle noch die resultierende Leerlaufspannung aller zusammengeschalteten Geräte die zulässigen Höchstwerte überschreiten.

Rückspannung am gezogenen Netzstecker

Am gezogenen Netzstecker einer Stromquelle kann eine gefährliche Rückspannung in Größenordnung der Netzspannung auftreten, wenn die Stromquelle durch ihre Schweißleitungen mit einer eingeschalteten Stromquelle in Reihe oder parallel geschaltet ist.

Summenspannung zwischen zwei Stabelektrodenhaltern bzw. Schweißbrennern

Bei Reihenschaltung summieren sich die Leerlaufspannungen der Stromquellen. Dadurch kann zwischen zwei Stabelektrodenhaltern oder Schweißbrennern eine Spannung bis zur doppelten Leerlaufspannung auftreten. Da dieser Fall nicht ohne weiteres zu erkennen ist, dürfen schweißende Personen nicht gleichzeitig zwei Stabelektrodenhalter oder Schweißbrenner anfassen.

Den Einfluss von Stromart, Netzanschluss und Polung auf die Summe der Schweißspannungen zwischen zwei Stabelektrodenhaltern oder Schweißbrennern zeigen folgende Beispiele:

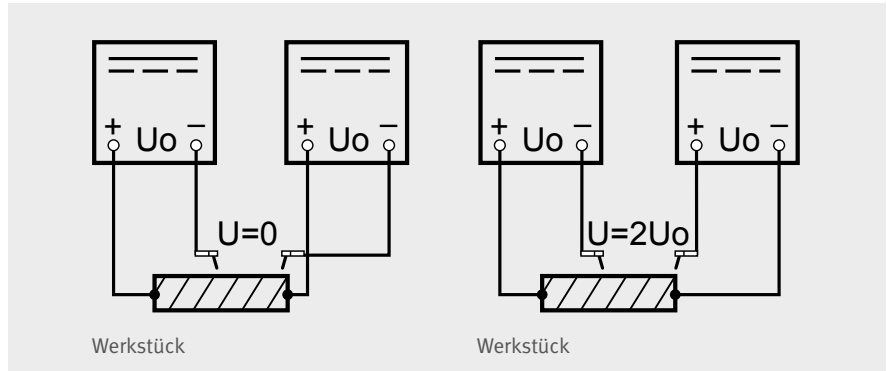


Abb. 3-7 Einfluss der Polung von Gleichstromquellen auf die Summenspannung. Die zum Schweißen gewählte Polung ist schweißtechnisch bedingt.

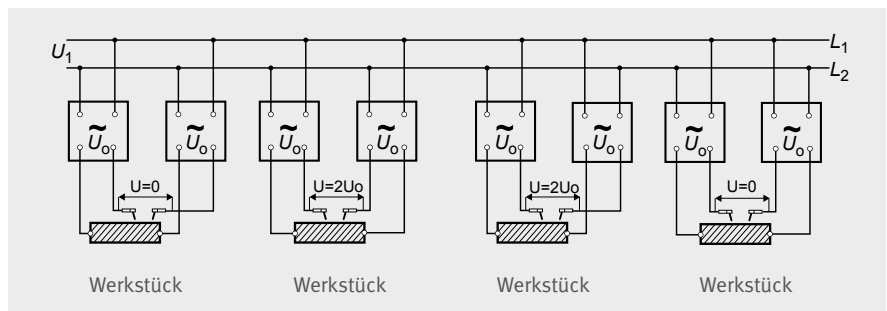


Abb. 3-8 Einfluss der Sekundärpolung von Wechselstromquellen mit Netzanschluss an gleichen Phasen auf die Summenspannung

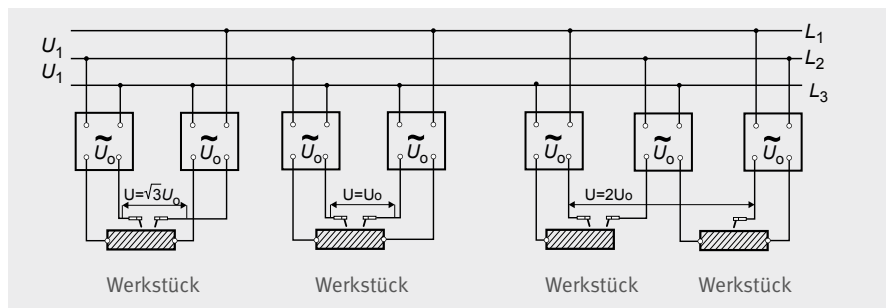


Abb. 3-9 Einfluss der Sekundärpolung von Wechselstromquellen mit Netzanschluss an verschiedenen Phasen auf die Summenspannung

Gleichstrom

Der Netzanschluss ist ohne Einfluss auf die Summe der Schweißspannungen. Wenn gleichzeitig mit verschiedener Polung geschweißt wird, summieren sich die Leerlaufspannungen der beiden Schweißstromquellen (siehe Abb. 3-7). Dadurch kann die maximal zulässige Leerlaufspannung bis zum Doppelten überschritten werden.

Schutzmaßnahmen

1. Beschäftigte auf Gefahr hinweisen
2. schweißende Personen möglichst so weit auseinander arbeiten lassen, dass nicht zwei Stabelektrodenhalter bzw. Schweißbrenner gleichzeitig berührt werden können
3. falls Angaben unter Punkt 2. nicht umsetzbar, Arbeitsplätze durch isolierende Wände trennen (auch transportabel)

Wechselstrom

Der Netzanschluss hat Einfluss auf die Summe der Schweißspannungen.

Zum Ausgleich der Belastung der einzelnen Phasen erfolgt der Netzanschluss häufig an verschiedenen Phasen (Abb. 3-8 und 3-9).

Neben der Sekundärpolung beeinflusst auch der Phasenanschluss die Höhe der Summe der Leerlaufspannung zweier Wechselstromquellen.

Die Summenspannung kann die maximal zulässige Leerlaufspannung bis zum Doppelten überschreiten.

Schutzmaßnahmen

1. Beschäftigte auf Gefahren hinweisen
2. Vor Schweißbeginn Spannung zwischen Stabelektrodenhaltern bzw. Schweißbrennern messen:
 - a) Die Summenspannung U überschreitet nicht den Höchstwert der zulässigen Leerlaufspannung – erst dann darf geschweißt werden.

- b) Die Summenspannung überschreitet den Höchstwert der zulässigen Leerlaufspannung – die Sekundärpolung an einer Wechselstromquelle ist zu vertauschen, eine weitere Messung muss bestätigen, dass die Summenspannung den Höchstwert der maximal zulässigen Leerlaufspannung nicht mehr überschreitet – erst dann darf geschweißt werden.

3.3 Erste Hilfe beim elektrischen Schweißunfall

Beim Schweißen kommt es immer wieder zu Unfällen mit dem elektrischen Strom. Je nach Stromstärke, Stromart, Frequenz und Stromweg durch den Körper kann es zu den unter Abschnitt 3.1 genannten Auswirkungen kommen, wobei insbesondere Herzrhythmusstörungen, Kammerflimmern oder sofortiger Herzstillstand lebensbedrohend sind.

Vor Beginn der Rettungsmaßnahmen müssen die Rettungskräfte den Eigenschutz sicherstellen. Es muss gewährleistet sein, dass die Rettungskräfte bei der Bergung nicht selbst durchströmt werden. Als erster Schritt muss der Stromfluss durch den Körper der verunfallten Person unterbrochen werden. Dies kann durch Trennen des Schweißgeräts vom Netz, z. B. durch Abschalten des Hauptschalters oder Ziehen des Netzsteckers, erfolgen.

Wenn dies nicht möglich ist, muss die verunglückte Person durch nicht leitende Gegenstände, wie trockene Holzlatten, von den unter Spannung stehenden Teilen getrennt werden.

Erst dann kommen die üblichen Maßnahmen der Ersten Hilfe zum Einsatz. Dabei sind folgende Sachverhalte zu unterscheiden:

1. Ist die verunfallte Person ansprechbar (nur kurze Körperdurchströmung), wird sie in die nächste Arztpraxis oder Klinik

oder zu einem Notarzt oder einer Notärztin gebracht.

2. Ist die Person nicht ansprechbar, werden elementare Lebenszeichen wie Puls und Atmung geprüft. Wenn elementare Lebenszeichen vorhanden sind, ist die verunfallte Person in stabile Seitenlage zu bringen und Rettungskräfte und der Notarzt/die Notärztin sind zu alarmieren.
3. Wenn Puls und Atmung fehlen, wird der automatische Defibrillator eingesetzt. Ist dieses Gerät nicht vorhanden, ist die Herz-Lungen-Wiederbelebung durchzuführen und die Rettungskräfte und der Notarzt/die Notärztin sind zu alarmieren.

Wegen der Gefahr von Herzrhythmusstörungen ist eine möglichst umgehende ärztliche Kontrolle notwendig. Diese sollte die Durchführung eines EKGs sowie eine eingehende Anamnese mit körperlichen Untersuchungen einschließen. Möglicherweise kann eine 24-stündige stationäre Überwachung mit zusätzlichen diagnostischen Maßnahmen erforderlich sein.

Die Ersthelfer und Ersthelferinnen sind in ausreichender Anzahl durch eine zugelassene Einrichtung entsprechend DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ auszubilden.

Unter Umständen sollten zusätzliche Schulungen zum Verhalten bei Stromunfällen und zum Umgang mit im Betrieb vorhandenen Defibrillatoren durchgeführt werden.

4 Betreiben von Schweißgeräten (Maßnahmen, Handhabung)

Personen, die Schweißeinrichtungen betreiben, sind verantwortlich für:

- einwandfreie Installation
- sichere Benutzung
- betriebssicheren Zustand

4.1 Installation und Benutzung

4.1.1 Zusammenschalten von Schweißstromquellen

Wenn Schweißstromquellen zusammengeschaltet werden sollen, weil beispielsweise mit mehreren Schweißstromquellen an einem Werkstück oder an leitfähig verbundenen Werkstücken gearbeitet wird, muss durch eine geeignete Person geprüft werden, ob diese für ein Zusammenschalten geeignet sind und ob die zulässige Leerlaufspannung nicht überschritten wird. Die einzelnen Schweißstromquellen müssen auf die gleiche Stromstärke eingestellt werden, damit keine Stromquelle überlastet wird. Eine Reihenschaltung von Schweißstromquellen ist unzulässig, weil sich dann die Leerlaufspannungen addieren und der zulässige Höchstwert überschritten wird. Um irrtümliche Reihenschaltung oder Kurzschluss zu erkennen, muss vor der Inbetriebnahme die Leerlaufspannung kontrolliert werden (siehe auch Abschnitt 3.2.5).

Geeignete Personen sind:

- Elektrofachkraft mit zusätzlichen Kenntnissen über das Entstehen und die Auswirkung von vagabundierenden Schweißströmen sowie über unbeabsichtigtes Zusammenschalten von Schweißstromquellen
- Schweißfachingenieur/Schweißfachingenieurin, Schweißtechniker/Schweißtechnikerin, Schweißfachkraft oder Lehrschweißer/Lehrschweißerin, wenn diese Personen zusätzliche elektrotechnische Kenntnisse besitzen

4.1.2 Schutzmaßnahmen gegen elektrische Fehler

Schweißstromquellen, die in trockenen Bereichen eingesetzt werden, müssen mindestens der Schutzart IP 21 entsprechen, ungeschützt im Freien eingesetzte Stromquellen mindestens der Schutzart IP 23. Für wechselnden Einsatz empfiehlt sich von vornherein die höhere Schutzart.

Für Schweißstromquellen ist eine Ausführung in der Schutzklasse I (mit Schutzleiter) oder in Schutzklasse II (Schutzisolierung ohne Schutzleiter) geeignet. Es empfiehlt sich die Schutzklasse II, da die Netzzuleitung keinen Schutzleiter enthält, der durch vagabundierende Schweißströme zerstört werden könnte. Vagabundierende Schweißströme können auftreten, wenn Werkstückaufnahmen oder Werkstücke geerdet sind. Schematische Darstellungen der Gerätekonstellationen sind in Abschnitt 3.2.4 näher beschrieben. Schweißvorrichtungen sind häufig über ihre Antriebsmotoren mit dem Schutzleiter verbunden (Schutzklasse I).

Zum ordnungsgemäßen Umgang mit Schweißstromquellen gehört es, die Stromquelle erst einzuschalten, nachdem alle Anschlüsse im Schweißstromkreis hergestellt sind, und diese abzuschalten, bevor die Anschlüsse im Schweißstromkreis getrennt werden. Dadurch wird vermieden, dass unbeabsichtigt ein Lichtbogen entstehen kann. Im Gefahrfall muss es möglich sein, den Stabelektrodenhalter oder Schweißbrenner schnell spannungsfrei zu machen. Dazu kann z. B. ein Schalter in der Schweißstromquelle oder eine Steckvorrichtung in der Schweißleitung zum Stabelektrodenhalter dienen, soweit sie in der Nähe der Schweißstelle leicht erreichbar sind.

4.1.3 Schweißleitungsanschlüsse

Schweißleitungsanschlüsse und -verbinder müssen lösbar und gegen unbeabsichtigtes Lösen gesichert sein. Bei angeschlossener Schweißleitung muss ein vollständiger Schutz gegen direktes Berühren wirksam sein. Ohne angeschlossene Schweißleitung ist nur ein Schutz gegen zufälliges Berühren erforderlich. Schweißstromrückleitungsanschlüsse am Werkstück oder an der Werkstückaufnahme erfordern keinen Berührungsschutz.

Die Schweißstromrückleitung muss übersichtlich geführt sein und gut leitend am Werkstück oder an der Werkstückaufnahme angeschlossen werden. Der Anschluss sollte direkt und so nah wie möglich an der Schweißposition erfolgen. Werkstückfremde Stahlkonstruktionen, Gleise, Rohrleitungen, Stangen u. Ä. dürfen nicht zur Rückleitung des Schweißstromes verwendet werden. Das Verbinden von mehreren Schweißtischen oder Werkzeugaufnahmen mit der Absicht, nach Anschluss der Schweißstromrückleitung an jeder Stelle schweißen zu können, ist unzulässig, denn dadurch wird die Gefahr vagabundierender Schweißströme vergrößert. Wenn die Notwendigkeit besteht, mit einer Schweißstromquelle an verschiedenen Schweißtischen oder Werkzeugaufnahmen zu schweißen, empfiehlt es sich, für den Anschluss der Schweißstromrückleitung Steckverbindungen vorzusehen. Folgendes ist beim Anschließen der Schweißstromrückleitung zu berücksichtigen:

- Zum Anschließen werden Schraubklemmen empfohlen.
- Federklemmen sind geeignet, soweit ihre Federkraft zu einem einwandfreien Kontakt führt.

- Haftmagnete dürfen nur verwendet werden, wenn die Kontaktflächen auch am Werkstück glatt und sauber sind und wenn das Werkstück magnetisierbar ist. Schweißspritzer, Rost, Grundierungen oder Anstriche lassen keinen ausreichenden Stromübergang zu.
- Übergehängte Haken sind kein gut leitender Anschluss und deshalb ungeeignet.

Vor Schweißbeginn muss sich die Schweißerin beziehungsweise der Schweißer vom einwandfreien Anschluss der Schweißstromrückleitung überzeugen. Dies ist besonders wichtig, wenn der Stromverlauf bei großen Schweißbauteilen oder Werkstücken unübersichtlich ist. Wird an Werkstücken elektrisch geschweißt und gleichzeitig an ihnen mit Elektrowerkzeugen gearbeitet, werden schutzisolierte Werkzeuge (Schutzklasse II, ohne Schutzleiter) empfohlen (siehe Abb. 4-1).

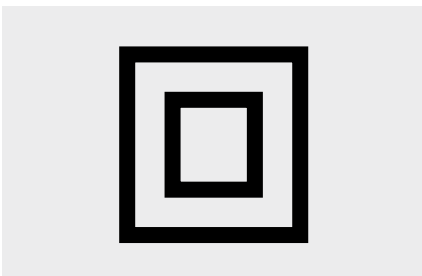


Abb. 4-1
Symbol für die Kennzeichnung von schutzisoliertem Elektrowerkzeug

4.1.4 Benutzung

Stabelektrodenhalter müssen immer isoliert abgelegt werden. Eine sinnvolle und einfache Maßnahme, dieses Ziel zu erreichen, besteht schon darin, den Elektrodenhalter erst nach Entfernen des Elektrodenrestes abzulegen (siehe Abb. 4-2). Die Isolierstücke (Halbschalen) der Stabelektrodenhalter müssen deshalb bei Beschädigung sofort ausgetauscht werden.



Abb. 4-2
Ohne Elektrodenrest isoliert abgelegter Stabelektrodenhalter

Lichtbogenzündversuche an nicht dafür vorgesehenen Teilen sind unzulässig, denn sie können vagabundierende Schweißströme hervorrufen und z. B. Schutzleiter zerstören. Müssen ausnahmsweise Werkstücke am Kran hängend geschweißt werden, ist das Werkstück sorgfältig vom Kranhaken zu isolieren, um eine mögliche Beschädigung der Kranseile zu verhindern. Dazu genügt z. B. schon ein trockenes Hanf- oder Kunstfaserseil als Anschlagmittel oder ein Isolierwirbel (siehe Abb. 4-3). Unfälle mit Personenaufnahmemitteln haben gezeigt, dass durch vagabundierende Schweißströme die dünnen Stahlseile sehr schnell durch-

brennen können, sodass die Personenaufnahmemittel abstürzen. Deshalb müssen beim Schweißen von Personenaufnahmemitteln folgende Vorkehrungen getroffen werden:

- Arbeitskorb isoliert aufhängen
- eine elektrisch leitende Verbindung mit ausreichendem Querschnitt zwischen der Anschlussstelle für die Schweißstromrückleitung an der Schweißstromquelle und dem Arbeitskorb herstellen



Abb. 4-3
Isolierwirbel

Standicherheit

Schweißstromquellen, Gasflaschen und Drahtvorschubgeräte müssen standicher aufgestellt werden. Auf geneigtem Untergrund müssen sie gegebenenfalls zusätzlich gegen Umstürzen gesichert werden.

Betriebsanleitung, Betriebsanweisung

Jede Schweißstromquelle muss mit einer Betriebsanleitung ausgeliefert werden. Darin sind wichtige Hinweise für sicheres und gesundes Arbeiten enthalten. Je nach Art der auszuführenden Schweißarbeiten und Arbeitsbedingungen ist in der Regel

eine schriftliche Betriebsanweisung zu erstellen. Betriebsanweisungen sind in jedem Falle bei besonderen Gefahren, z. B. Arbeiten in engen Räumen, an Behältern mit gefährlichem Inhalt, bei erhöhter elektrischer Gefährdung und Unterwasserschweiß- und Unterwasser-schneidarbeiten erforderlich.

4.1.5 Isolation der Schweißfachkraft gegen Schweißspannung

Da nicht alle aktiven Teile des Schweißstromkreises gegen direktes Berühren geschützt werden können, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich. Eine ausreichende Isolation der Person beim Lichtbogenschweißen, z. B. durch isolierende Unterlage, geeignete Handschuhe und Schuhwerk, ist der beste Schutz gegen eine elektrische Durchströmung. Die Benutzung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung ist dabei für die Isolation der Schweißfachkraft entscheidend.

Am sichersten lassen sich isolieren:

- Füße durch unbeschädigtes, trockenes Schuhwerk mit Gummi- oder Kunststoffsohle, z. B. nach DIN EN 345 (siehe Abb. 4-4)

- Hände durch unbeschädigte, trockene Schutzhandschuhe für das Schweißen aus Leder nach DIN EN 12477

Metallteile in Handschuhen, z. B. Nieten oder Klammern, heben die isolierende Wirkung von Handschuhmaterialien auf. Sie sind deshalb in Schutzhandschuhen für das Schweißen nicht zulässig. Produkte, die der DIN EN 12477 entsprechen, erfüllen die elektrischen Isolationsanforderungen nicht zwangsläufig, da die Norm keinerlei Anforderungen an das elektrische Isolationsvermögen enthält. Aber auch dann, wenn die Norm erfüllt ist, gewährleisten die Materialeigenschaften der Handschuhe nicht, schweißswarme Teile ungefährdet kurzzeitig berühren oder sogar anfassen zu können.

Vorsicht mit Schutzhandschuhen für das Schweißen nach DIN EN 12477. Denn obwohl diese ein CE Zeichen tragen, müssen sie nicht für das Lichtbogenschweißen geeignet sein!

Nähere Informationen über die Einsatzmöglichkeiten von Handschuhen liefern Prüfbescheinigungen von akkreditierten Prüfstellen und Produktinformationen der Herstellfirma.

Ein kritischer Teil der Isolation ist der Arbeitsanzug, denn er wird schnell durchfeuchtet oder durchschwitz und damit leitfähig. Deshalb müssen Stabelektrodenhalter und Schweißbrenner so gehalten werden, dass kein Strom durch den menschlichen Körper fließen kann.

Daher: Elektrodenhalter oder Schweißbrenner bei Schweißunterbrechung niemals unter den Arm klemmen.

Stabelektroden dürfen nur mit trockenen Schutzhandschuhen gewechselt werden, denn gerade im Leerlauf ist die Gefährdung durch die Schweißspannung am größten, da sie als Leerlaufspannung ihren höchsten Wert erreicht.

Drahtelektroden dürfen nur spannungsfrei gewechselt werden.

Auch bei den Sitzgelegenheiten für das Lichtbogenschweißen muss darauf geachtet werden, dass keine leitfähige Verbindung von der schweißenden Person zum Werkstück besteht, z. B. durch einen Stuhl mit Metallgestell (siehe Abb. 4-5). Sind einzelne Körperteile nicht ausreichend isoliert, müssen sie durch isolierende Unterlagen oder Zwischenlagen geschützt werden.



Abb. 4-4
Nur unbeschädigtes trockenes Schuhwerk mit Gummisohle isoliert ausreichend.



Abb. 4-5
Mit oder ohne Auflage – trockenes Holz isoliert beim Lichtbogenschweißen

4.2 Instandhaltung

Von der Herstellfirma vorgeschriebene Reinigungs- und Wartungsarbeiten dürfen nicht unterlassen werden. In der Schweißstromquelle nützt die beste Isolierung nichts, wenn sie durch Ablagerung leitfähigen Staubes überbrückt wird!

Obwohl Schweißfachkräfte mit dem Schweißstrom direkt umgehen, sind sie dennoch keine Elektrofachkräfte. Mängel auf der Netzseite der Schweißstromquelle haben sie an ihre Vorgesetzten zu melden und dürfen sie nicht selbst beheben. Arbeiten in diesem Bereich dürfen nur von Elektrofachkräften ausgeführt werden. Einrichtungen für Lichtbogenverfahren dürfen nur mit geeigneten Ersatzteilen instandgesetzt werden.

Abb. 4-6
Arbeiten an einer Schweißstromquelle nur durch Elektrofachkraft zulässig



ungeeignet. Das macht ein Vergleich der Dicke von Leitungsisolationen (meistens mehrere Millimeter) mit der Dicke eines Isolierbandes (in der Regel wenige hundertstel Millimeter) deutlich. Beschädigte Isolierstoffe von Stabelektrodenhaltern und Schweißbrennern müssen sofort durch einwandfreie Teile ersetzt werden. Arbeiten am Stabelektrodenhalter oder Schweißbrenner sind nur im spannungsfreien Zustand zulässig. Für den Austausch von Verschleißteilen können – nach besonderer Unterweisung – auch Schweißer und Schweißerinnen selbst befähigt werden. Geeignete Ersatzteile müssen zur Verfügung stehen.

4.3 Prüfung

Die Schweißgeräte sind wiederkehrend auf ihre elektrische Sicherheit nach TRBS 1201 zu prüfen. Die Prüfungen dürfen nur von befähigten Personen nach TRBS 1203 durchgeführt werden. Nur eine befähigte Person kann aufgrund ihrer Fachkenntnisse aus Berufsausbildung, Berufserfahrung und zeitnaher beruflicher Tätigkeit das erforderliche Verständnis

für sicherheitstechnische Belange aufbringen und dafür sorgen, dass Prüfungen ordnungsgemäß durchgeführt werden können.

Bei der Bemessung der Prüffristen für Einrichtungen der Lichtbogentechnik muss die befähigte Person folgende Punkte berücksichtigen:

- Schweißleitungen, Schlauchpakete, Steckvorrichtungen, Stabelektrodenhalter und Schweißbrenner werden stark beansprucht.
- Netzanschlussleitungen und Steckvorrichtungen können durch vagabundierende Schweißströme beschädigt sein.
- Die Isolation spannungsführender Teile kann innerhalb der Schweißstromquellen durch Staubablagerungen vermindert sein.

Nach Tabelle 2 der TRBS 1201 gelten für elektrische Einrichtungen der Schweißtechnik folgende Prüffristen (bewährte Richtwerte):

- im Werkstattbetrieb: alle 6 Monate
- im Baustellenbetrieb: alle 3 Monate

Es soll dabei die Prüfung der elektrischen Schutzmaßnahmen entsprechend normativer Vorgaben in Verbindung mit einer Reinigung des Geräteinneren durchgeführt werden. Die Prüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme gegen gefährliche Körperströme umfasst z. B. die Messung des Schutzleiterwiderstandes nach DIN EN 60974-4 „Lichtbogenschweißeinrichtungen“, Teil 4 „Sicherheit, Instandhaltung und Prüfung von Lichtbogenschweißeinrichtungen im Betrieb“.

Es dürfen nur geeignete Prüfgeräte verwendet werden, die insbesondere den Normen der DIN EN 61557-Serie genügen. Die Ergebnisse der Prüfungen sind zu dokumentieren.

5 Erhöhte elektrische Gefährdung

5.1 Begriffsbestimmungen

Erhöhte elektrische Gefährdung liegt vor, wenn elektrische Anlagen und Betriebsmittel in leitfähigen Bereichen mit begrenzter Bewegungsfreiheit oder in sonstigen Räumen und Bereichen mit leitfähiger Umgebung betrieben werden (siehe Abb. 5-1).

Ein leitfähiger Bereich mit begrenzter Bewegungsfreiheit liegt vor, wenn dessen Begrenzungen im Wesentlichen aus Metallteilen oder leitfähigen Teilen bestehen, eine Person mit ihrem Körper großflächig in Berührung mit der umgebenden Begrenzung stehen kann und die Möglichkeit der Unterbrechung dieser Berührung eingeschränkt ist. Beispiele für entsprechende Tätigkeiten:

- Arbeiten in kleinen Kesseln, Tanks usw.
- Reparaturarbeiten oder Montagen in engen, metallisch begrenzten Räumen
- Arbeiten in Bohrungen und Rohrschächten

Sonstige Räume und Bereiche mit leitfähiger Umgebung liegen vor, wenn die Begrenzung vollständig oder teilweise aus metallischen oder elektrisch leitfähigen Teilen besteht und eine großflächige Berührung nicht zwingend gegeben ist. Sie kann jedoch aufgrund der Arbeitshaltung auftreten, zum Beispiel:

- bei Arbeiten in bzw. auf Stahlkonstruktionen, Gittermasten, Betonarmierungen
- auf Arbeitsplätzen an oder in Fahrzeugen



Abb. 5-1
Beispiel für erhöhte elektrische Gefährdung beim Schweißen





Abb. 5-2
Lichtbogenschweißen unter erhöhter elektrischer Gefährdung mit Hilfe isolierender Zwischenlage

5.2 Schutzmaßnahmen beim Schweißen

Der Schutz der Schweißfachkraft ist bei erhöhter elektrischer Gefährdung durch zwei Maßnahmen sicherzustellen:

- Auswahl geeigneter Stromquellen
- Sicherstellung einer ausreichenden Isolation der Schweißfachkraft

Die in Tabelle 2 genannten maximalen Leerlaufspannungen für erhöhte elektrische Gefährdung müssen durch die eingesetzte Stromquelle garantiert werden. Höhere Spannungen sind nur durch spezielle in die Stromquelle implementierte Gefahrenminderungseinrichtungen zulässig.

Schweißstromquellen, die für Lichtbogenarbeiten unter erhöhter elektrischer Gefährdung geeignet sind, müssen deutlich erkennbar und dauerhaft das Symbol nach Abb. 5-3 oder die bisherigen Symbole bei Wechselstromquellen  und bei Gleichstromquellen  tragen.

Werden Arbeiten sowohl unter erhöhter elektrischer Gefährdung als auch ohne erhöhte elektrische Gefährdung durchgeführt, sollten – um lebensgefährdende Verwechslungen von vornherein auszuschließen – nur Stromquellen eingesetzt werden, die zur Verwendung unter erhöhter elektrischer Gefährdung geeignet und entsprechend gekennzeichnet sind. Da Gleichstrom bei gleicher Stromstärke weniger gefährlich als Wechselstrom ist, sind Gleichstromquellen zu empfehlen.

Auch Plasmastromquellen sind für die Anwendung unter erhöhter elektrischer Gefährdung zulässig, wenn sie die Anforderungen an Gefahrenminderungseinrichtungen erfüllen.

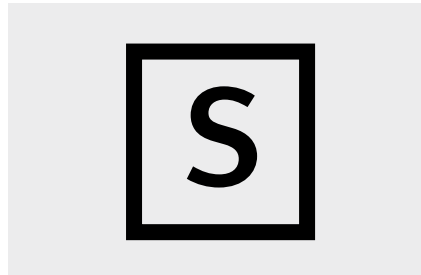


Abb. 5-3
Kennzeichnung für Schweißstromquellen zum Lichtbogenschweißen unter erhöhter elektrischer Gefährdung

Geräte, die für den Einsatz unter erhöhter elektrischer Gefährdung geeignet sind, bieten allein keinen ausreichenden Schutz beim Schweißen. Deshalb ist es besonders unter erhöhter elektrischer Gefährdung notwendig, die Isolation der schweißenden Person sicherzustellen, z. B. durch isolierende Zwischenlagen (siehe Abb. 5-4) und isolierende Kopfbedeckung.





Abb. 5-4
Geschützt durch isolierende Unterlage


Zusätzliche Gefahren können durch die Netzspannung entstehen, z. B. bei Beschädigung der Netzzuleitung. Daher dürfen Schweißstromquellen nicht in Arbeitsbereichen aufgestellt werden, in denen unter erhöhter elektrischer Gefährdung geschweißt wird. Ist es durch die Art des Arbeitsplatzes nicht zu umgehen, Schweißstromquellen auf leitfähigen Flächen aufzustellen, muss die Netzzuleitung geschützt verlegt werden, um einer Kabelbeschädigung vorzubeugen. Weiterhin ist die Netzzuleitung mit einer Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) mit 30 mA Nennfehlerstrom abzusichern. Die Steckdose muss sich außerhalb des Arbeitsbereichs bzw. der elektrisch leitfähigen Flächen befinden. Es kann auch ein Trenntransformator, der ebenfalls außerhalb der leitfähigen Flächen positioniert werden muss, zur Einspeisung benutzt werden.

5.3 Schutzmaßnahmen für andere elektrische Betriebsmittel

5.3.1 Schutzmaßnahmen in leitfähigen Bereichen mit begrenzter Bewegungsfreiheit

Ortsveränderliche Betriebsmittel dürfen nur unter Anwendung einer der folgenden Schutzmaßnahmen betrieben werden:

- Schutzkleinspannung (SELV)
Es dürfen nur Betriebsmittel der Schutzklasse III (Schutzkleinspannung ) verwendet werden. Schutzart mindestens IP 2X, d. h. isolieren oder finger-sicher abdecken
- Schutztrennung
Hierbei darf nur ein einzelner Verbraucher angeschlossen werden. Bei Geräten der Schutzklasse I (Schutzleiteranschluss ) ist ein Potenzialausgleich mit der leitfähigen Umgebung herzustellen.
- Handleuchten dürfen nur mit Schutzkleinspannung betrieben werden.
- Handgeführte Elektrowerkzeuge sind mit flexiblen Leitungen (mindestens Gummi-Schlauchleitungen vom Typ H0 7 RN-F oder gleichwertiger Bauart) zu verwenden. Werkzeuge mit doppelter oder verstärkter Isolierung sind zu bevorzugen.

An Stellen, an denen Leitungen mechanisch besonders beansprucht werden können, sind sie durch geschützte Verlegung oder Abdeckung zu schützen. Leitungsroller (Kabeltrommeln) müssen für erschwerte Bedingungen geeignet () und nach den Festlegungen für schutzisolierte Betriebsmittel gebaut sein.

Ortsveränderliche Stromquellen für Schutzkleinspannung oder Schutztrennung müssen außerhalb des leitfähigen Bereiches mit begrenzter Bewegungsfreiheit aufgestellt sein. Ist dies aus technischen Gründen nicht möglich, z. B. bei sehr langen Rohrleitungen, Kanälen, Kastenträgern usw., darf im Einzelfall die Stromquelle innerhalb des Bereichs aufgestellt werden, wenn als Zuleitung mindestens Leitungen des Typs NSSHÖU oder bei geschützt verlegter Leitung H0 7 RN-F verwendet und diese über eine Fehlerstromschutzeinrichtung mit Nennfehlerstrom bis zu 30 mA betrieben werden.

Bei der Auswahl von ortsveränderlichen elektrischen Betriebsmitteln ist anzustreben, nur solche der Schutzklasse II (Schutzisolierung) zu verwenden. Ortsveränderliche Trenntransformatoren müssen schutzisoliert sein.

5.3.2 Schutzmaßnahmen in sonstigen Räumen und Bereichen mit leitfähiger Umgebung

Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel dürfen mit den Schutzmaßnahmen für leitfähige Bereiche mit begrenzter Bewegungsfreiheit betrieben werden, wie im Abschnitt 5.3.1 ausgeführt. Alternativ kann als Schutzmaßnahme der Schutz durch automatische Abschaltung mit Fehlerstromschutzeinrichtung bis zu 30 mA Nennfehlerstrom eingesetzt werden.

Weiterführende Informationen zum Abschnitt 5.3 können der DGUV Information 203-004 „Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung“ entnommen werden.

6 Lichtbogenstrahlung

Bei den Lichtbogenverfahren wird durch Anlegen einer elektrischen Spannung die Luft zwischen Elektrode und Werkstück, die eigentlich ein schlechter elektrischer Leiter ist, ionisiert (elektrisch leitend). Es entsteht Plasma. Dieses Plasma ist mehrere tausend Grad heiß und sendet Strahlungen mit unterschiedlichen Wellenlängen aus. Neben dem sichtbaren Licht wird Infrarotstrahlung (IR-Strahlung) und ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) erzeugt.

Sichtbares Licht

Das sichtbare Licht führt zur Blendung und befindet sich im elektromagnetischen Spektrum im Wellenlängenbereich von 400 nm bis zu 750 nm.

Infrarotstrahlung

Die Infrarotstrahlung wird als Wärmestrahlung wahrgenommen und befindet sich im elektromagnetischen Spektrum im Wellenlängenbereich von 750 nm bis zu 1000 nm. Die menschliche Haut besitzt Thermorezeptoren, die die Wärme spüren und entsprechende Nervensignale an das Gehirn weitergeben. Kälteeinwirkung bewirkt im menschlichen Körper eine Verengung der Blutgefäße, Wärmeeinwirkung eine Erweiterung. Längere Einwirkung von IR-Strahlung auf der Haut kann zu Verbrennungen führen. Neben der Haut kann auch das Auge durch IR-Strahlung geschädigt werden. Kurzwellige IR-Strahlung kann bei langanhaltender Einwirkung zur Trübung der Augenlinse führen (Feuerstar), langwellige IR-Strahlung zur Verbrennung der Hornhaut.

Ultraviolette Strahlung

Für die ultraviolette Strahlung besitzt der menschliche Körper kein Sinnesorgan. Der menschliche Körper benötigt geringe Mengen an UV-Strahlung zur Bildung von Vitamin D. Zu hohe Dosen sind aber für den Menschen schädlich. UV-Strahlung verursacht u. a. das Verblitzen der Augen, indem sie eine Entzündung des äußeren Auges (Bindehautentzündung) hervorruft.

Auch weitere Auswirkungen der UV-Strahlung spürt der Mensch erst, wenn es zu spät ist. Kurzzeitige hohe Dosen von UV-Strahlung führen zu Sonnenbrand, beim Schweißen zum Beispiel zur sogenannten „Schweißerkravatte“ (der Verbrennung des nicht abgedeckten Bereichs zwischen Hemd und Gesichtsschutz). Langfristig zu hohe Dosen können zu Hautkrebs und grauem Star (Eintrübung der Augenlinse) führen.

Die UV-Strahlung befindet sich im Wellenlängenbereich von 100 nm bis 380 nm im elektromagnetischen Spektrum. Sie wird, in drei Kategorien unterteilt:

- UV-A (320 nm – 380 nm), dringt tief in die Haut ein, verursacht Bräunung und Hautalterung.
- UV-B (280 nm – 320 nm), dringt in obere Hautschichten ein, verursacht Sonnenbrand, hat höchste krebs-erzeugende Wirkung.
- UV-C (100 nm – 280 nm), verursacht Sonnenbrand und Hauttumore.

Im Schweißlichtbogen sind alle Anteile von UV-Strahlung enthalten. Die Strahlungsintensität ist abhängig vom Schweißverfahren, der Stromstärke und der Reflexion im Schweißbereich.

Schutzmaßnahmen

Um Haut- und Augenschäden zu vermeiden, muss der ganze Körper vor Strahlungseinwirkung geschützt sein.

Es wird ein Gesichtsschutz benötigt. Ein Schutzhelm für das Schweißen ist einem Schutzschild vorzuziehen, damit auch die Schläfen ausreichend abgedeckt werden. An diesem Schutzhelm sollten auch Abdeckungen für die Schädeldedecke, den Nacken und den Hals befestigt sein. Alle Hautpartien, die nicht von der Schutzkleidung bedeckt sind, müssen z. B. bei Bedarf durch die Schutzhaube und unter Verwendung einer speziell für das Schweißen angefertigten UV-Hautschutzcreme geschützt werden. So sind die Personen an den Schweißarbeitsplätzen nicht nur

gegen die Strahlung von benachbarten Arbeitsplätzen geschützt, sondern auch gegen Strahlung, die von den Wänden oder den Werkstücken reflektiert wird. Die richtige Schutzstufe der Augenschutzfilter muss in Abhängigkeit vom Schweißverfahren und von der Stromstärke gewählt werden.

Hierzu werden beim Lichtbogenschweißen Augenschutzgeräte nach DIN EN 175 mit Schutzfiltern nach DIN EN 169 verwendet. Diese Schutzfilter müssen in der Randzone eine dauerhafte Kennzeichnung tragen.

Beispiel 12 XY 1 DIN (Abb. 6-1)

Darin bedeuten:

- Zahl 12: Schutzstufe 12;
- Buchstaben XY: Kurzzeichen der Herstellfirma;
- Ziffer 1: Brechwertklasse 1 (Optische Güte);
- DIN: DIN-Prüf- und Überwachungszeichen



Abb. 6-1
Kennzeichnung eines Schweißschutzfilters
entsprechend der Norm (Ausschnitt)

Schutzfilter für das Schweißen, die auch für Stoßbelastung geeignet sind und so auch als Sicherheitsscheibe fungieren, sind nach dem DIN-Zeichen zusätzlich mit dem Buchstaben „L“ für Verbundwerkstoff oder „P“ für Kunststoff gekennzeichnet. Vorsatzscheiben müssen mit dem Kurzzeichen der Herstellfirma und dem DIN-Zeichen gekennzeichnet sein.

Hinweise zur richtigen Anwendung der Schutzstufen bei den verschiedenen Lichtbogenschweißverfahren in Abhängigkeit von der Stromstärke gibt die aus DIN EN 169 Teil 1 wiedergegebene Tabelle (Tabelle 3).

Beim Schweißen mit Langlichtbogen ist die nächsthöhere Schutzstufe zu verwenden. Soll die Erwärmung durch Absorption vermindert werden, sind verspiegelte Schweißschutzfilter zu verwenden. Bei Überkopfschweißarbeiten sind die Schweißschutzfilter durch eine Vorsatzscheibe zu schützen. Einscheibenglas kann beim Auftreffen heißer Metallspritzer zerspringen. Selbstverständlich müssen immer genügend Ersatzscheiben bereitgehalten werden. Wenn der Lichtbogen häufig gezündet werden muss, z. B. bei kurzen Nähten und Heftarbeiten, sind Schutzschirme mit Schutzfiltern nach DIN EN 379 zu empfehlen, die sich selbsttätig mit dem Zünden des Lichtbogens abdunkeln.

Tabelle 3 Schutzstufen und empfohlene Verwendung bei Lichtbogenverfahren

Verfahren	Stromstärke in Ampere																																			
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600															
Umhüllte Elektroden	8				9				10				11				12				13				14											
MAG	8				9				10				11				12				13				14											
WIG	8				9				10				11				12				13															
MIG bei Schwermetallen									9				10				11				12				13				14							
MIG bei Leichtmetallen													10				11				12				13				14							
Lichtbogen-Fugenhobel													10				11				12				13				14				15			
Plasmaschmelzschneiden													9				10				11				12				13							
Mikroplasma-schweißen	4		5		6		7		8		9		10		11		12																			
	1,5	6	10	15	30	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600															

Anmerkung: Die Bezeichnung „Schwermetalle“ bezieht sich auf Stähle, legierte Stähle, Kupfer und seine Legierungen usw.

Auch beim kurzzeitigen Heften von Werkstücken darf nicht auf die Benutzung der persönlichen Schutzausrüstung verzichtet werden. Die Schutzausrüstung ist ebenfalls für die beim Schweißen helfende Person notwendig, da diese, z. B. beim Fixieren von Bauteilen, belastet sein kann. Muss die helfende Person nicht direkt in den Lichtbogen sehen, kann sie einen Augenschutz mit geringerer Schutzstufe tragen, z. B. 1 bis 4 nach DIN EN 175 (Abb. 6-2).



Abb. 6-2
Spezielle Brille für die helfende Person beim Schweißen mit Schutzfilter nach DIN EN 175 (geringere Schutzstufe)

Um Reflexionen und Blendungen für andere Beschäftigte zu minimieren, muss jeder Schweißarbeitsplatz z. B. mit Lamellenschutzvorhängen nach DIN EN ISO 25980 abgegrenzt werden. Diese Lamellenschutzvorhänge absorbieren die Strahlung weitgehend und bieten, je nach dem Grad der Einfärbung, die Möglichkeit des Sichtkontakts. Grundsätzlich gilt für Lamellenvorhänge: Je dunkler die Farbe, desto besser die Absorption der UV-Strahlung. Blechstellwände sollten nicht verwendet werden, da diese die UV-Strahlung stark reflektieren.

Bei ortsfesten Schweißarbeitsplätzen sollten die Wände nicht hellfarbig und glänzend sein. Gut geeignet sind rohe Ziegelwände. Über die Reflexionseigenschaften von Anstrichstoffen sind die Farbenhersteller zu befragen. Ungeeignet sind Kalkanstriche, weil sie die Strahlen stark reflektieren.

Rechtsverbindliche Regelungen zum Schutz der Beschäftigten gegen optische Strahlung sind in der „Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung“ (OStrV) festgelegt.

7 Gefahrstoffe

7.1 Emissionen (Schweißrauche und Gase)

Nahezu alle Lichtbogenverfahren setzen Gefahrstoffe in Form von Schweißrauchen und Gasen frei. Rauche entstehen vorrangig durch Verdampfen von Metall aus der Schmelze. Der Metaldampf kondensiert in der Umgebungsluft, wodurch Schweißrauch-Partikel entstehen. Gase werden bei den Lichtbogenverfahren entweder als Prozessgase eingesetzt, z. B. Schutzgase bestehend aus argon- und kohlendioxidhaltigen Gasgemischen, oder durch den Prozess freigesetzt, z. B. Ozon, nitrose Gase. Werden verunreinigte oder mit Anstrichmitteln (z. B. Primer) beschichtete Werkstücke geschweißt, entstehen aus den Verunreinigungen oder Beschichtungen zusätzliche Gefahrstoffe, meist in Form von dampfförmigen Pyrolysestoffen. Die Emissionen steigen über der Freisetzungsstelle (dem Schweißprozess) bedingt durch die Thermik auf und vermischen sich mit der Luft im Arbeitsbereich.

Vor allem beim manuellen Schweißen besteht durch die Nähe der Schweißfachkraft zur Emissionsquelle (Schweißstelle) die Gefahr, dass Schweißrauche und Gase mit der Atemluft eingeatmet werden. Schweißrauche und Gase sind Gefahrstoffe, die unterschiedliche Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen haben. Die von Schweißrauchen ausgehenden Gefahren werden oftmals unterschätzt, weil gesundheitliche Beeinträchtigungen oder Erkrankungen in der Regel nur bei langandauernder und intensiver Einwirkung auftreten. Akute Gefahren können jedoch durch Gase hervorgerufen werden, die z. B. in engen Räumen den Luftsauerstoff verdrängen, so dass Erstickengefahr besteht.

Die Gesundheitsgefahren sind unter anderem abhängig von den eingesetzten Werkstoffen und Verfahren, denn diese beeinflussen die Menge und Zusammensetzung der Rauche und Gase. Werden unlegierte Stähle geschweißt, besteht der Schweißrauch überwiegend aus Eisenoxid-Partikeln. Gelangen diese in die Lunge, können sie die Lungenfunktion schädigen. Eisenoxid ist „nur“ als atemwegsbelastend eingestuft. Andere Stoffe in Rauchen können toxisch (z. B. Kupfer- und Zinkpartikel) oder krebserzeugend (z. B. Chrom(VI)-Verbindungen und Nickeloxid) wirken.

7.1.1 Rechtsverbindliche Vorgaben zum Arbeitsschutz

Da Schweißrauche und -gase als Gefahrstoffe eingestuft sind, gilt die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) in Verbindung mit technischen Regeln zu Gefahrstoffen, insbesondere der TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“. Beide Schriften sind rechtsverbindlich und z. B. auf der Homepage der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin veröffentlicht (siehe: www.baua.de).

Gemäß diesen Arbeitsschutzvorschriften müssen bereits vor Arbeitsaufnahme die mit der Tätigkeit verbundenen Gefährdungen ermittelt, dokumentiert und Maßnahmen getroffen werden, die ein gefahrloses Arbeiten sicherstellen. Kann eine Gefährdung durch Gefahrstoffe nicht ausgeschlossen werden, sind Maßnahmen zu treffen, durch die eine ausreichend gute Luftqualität am Arbeitsplatz erreicht wird. Als ausreichend gut gilt die Luftqualität, wenn z. B. Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden.

Hinweise über Schutzmaßnahmen zur Luftreinhaltung liefert die TRGS 528. Bei der Auswahl von Schutzmaßnahmen ist die Rangfolge zu beachten, die durch die Gefahrstoffverordnung vorgegeben ist:

1. Vorrangig sind Gefahrstoffemissionen zu vermeiden oder zu reduzieren. Dies kann durch Auswahl emissionsfreier oder emissionsarmer Verfahren sowie durch Verwendung geeigneter Arbeitsmittel und Materialien nach dem Stand der Technik erfolgen.
2. Als nächster Schritt sind die Anwendung kollektiver Schutzmaßnahmen technischer Art an der Gefahrenquelle, wie angemessenes Be- und Entlüften des Arbeitsraums, sowie die Anwendung geeigneter organisatorischer Maßnahmen vorzusehen.
3. Kann eine Gefährdung durch Gefahrstoffe mit den unter 1 und 2 beschriebenen Maßnahmen nicht verhütet werden, ist der Schutz durch individuelle Schutzmaßnahmen, wie das Bereitstellen und Verwenden von persönlicher Schutzausrüstung (z. B. Atemschutz, fremdbelüftete Schutzhelme für das Schweißen), sicherzustellen.

7.1.2 Vermeiden von Emissionen

In der Schweißtechnik sind Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Reduzierung von Emissionen oftmals Grenzen gesetzt. Konstruktive Vorgaben an das zu erstellende Bauteil bestimmen in der Regel den Werkstoff, das Verfahren und die Anforderungen an die Nahtqualität. Dennoch sollte geprüft werden, ob emissionsarme Verfahren und Werkstoffe (in der Regel Zusatzwerkstoffe) angewendet werden können. Hinweise zu emissionsarmen Verfahren enthält z. B. die TRGS 528. Darüber hinaus liefern auch die Herstellerfirmen von Schweißzusatzwerkstoffen in ihren Sicherheits- bzw. Schweißrauchdatenblättern Informationen über Schweißrauchemissionen.

7.1.3 Lüftungstechnische Maßnahmen

Speziell auf die Schweißtechnik abgestimmte Absauggeräte und Filteranlagen werden von zahlreichen Firmen hergestellt. Üblicherweise erfassen diese die gefährstoffhaltige Luft im Bereich der Schweißstelle und leiten sie über Rohrleitungen zum Abscheider, in dem die Partikel an Filtermedien abgeschieden werden. Zum Abscheiden von Gasen und Dämpfen lassen sich einzelne Geräte mit zusätzlichen Gasfiltern (z. B. Aktivkohle) ausrüsten.

Die Wirksamkeit von Lüftungstechnischen Maßnahmen wird maßgeblich durch die Gefahrstoffeffassung bestimmt. Wirkungsvoll sind Einrichtungen, mit denen Gefahrstoffe gezielt an der Freisetzungsstelle (Entstehungsstelle) erfasst werden. Nur erfasste Rauche können in Filtergeräten abgeschieden werden. Nicht erfasste Stoffe gelangen in die Arbeitsbereichsluft und beeinträchtigen die Luftqualität. Lüftungstechnische Einrichtungen ohne gezielte Raucherfassung (z. B. raumlufttechnische Anlagen) bieten beim Schweißen in der Regel nur einen unzureichenden Schutz. Zahlreiche Messungen der Unfallversicherungsträger belegen, dass mit diesen Anlagen, als alleinige Maßnahme eingesetzt, Arbeitsplatzgrenzwerte oftmals nicht eingehalten werden.

Geeignete Absauganlagen zeichnen sich neben einer wirkungsvollen Erfassung auch durch effektive Filtereigenschaften aus. Anforderungen dazu sind in der Norm DIN EN ISO 15012 festgelegt. Entsprechend der Norm müssen Geräte der Schweißrauchabscheideklasse W3 einen Abscheidegrad von wenigstens 99% haben. Geräte, die nach dieser Norm geprüft und zertifiziert wurden, entsprechen dem Stand der Technik. Unter der Voraussetzung, dass dem Arbeitsraum auch in ausreichender Menge Frischluft (in der Regel Außenluft) zugeführt wird,

darf die Abluft dieser Filtergeräte – auch bei Chrom-Nickel-Stahl-Anwendungen – in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden (siehe TRGS 528).

Informationen über geprüfte Geräte enthalten:

- die DGUV Test Datenbank: <http://zzmweb.dguv.de>
- die Positivliste im IFA-Handbuch: <http://www.ifa-handbuchdigital.de/sg/05/did/51021501/inhalt.html>.

Die „ausreichende Frischluftmenge“ ist durch die VDI-Richtlinie 2262-3 definiert. Für Gefahrstoffe, die Arbeitsplatzgrenzwerten (AGW) unterliegen, muss das Verhältnis Frischluft/Umluft größer als oder gleich 0,43 sein. Für Stoffe, die als Krebs erzeugend eingestuft sind, gilt ein Frischluft-/Umluft-Verhältnis von größer als oder gleich 1. Das bedeutet: Bei Krebs erzeugenden Gefahrstoffen muss die Frischluftmenge wenigstens so groß sein, wie die in den Arbeitsraum zurückgeführte Luftmenge.

Bei der Luftzufuhr ist zu beachten, dass die Luft mit geringer Geschwindigkeit und ausreichend temperiert aus den Luftauslässen austritt, da anderenfalls Zugerscheinungen durch Kaltlufteinfluss auftreten. Idealerweise sollte die Luft im Raum so geführt werden, dass die Luftströmung im Raum die Gefahrstoffeffassung an der Entstehungsstelle unterstützt.

Ein Gesamtkonzept einer Lüftungstechnischen Anlage einschließlich Wärmerückgewinnung ist in Abb. 7-1 dargestellt.

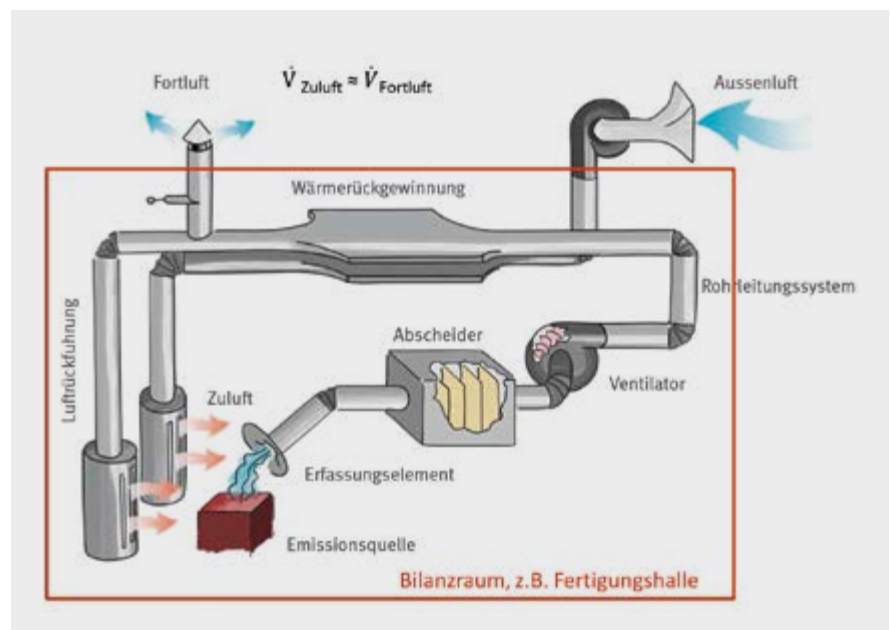


Abb. 7-1
Luftführung in einem Arbeitsraum – schematische Darstellung

7.1.4 Persönliche Schutzmaßnahmen (Atemschutz)

Bei der Auswahl von Atemschutz ist zunächst zu klären, ob die Tätigkeit einen Schutz entweder gegenüber Partikeln oder gegenüber Gasen oder gegenüber der Kombination aus beiden erfordert.

Prinzipiell sind zum Schutz vor Schweißrauchpartikeln z. B. partikelfiltrierende Halbmasken der Klassen FFP2 und FFP3 geeignet. Bei der Auswahl von Atemschutz ist darauf zu achten, dass dieser auch hinter beziehungsweise unter dem Blendschutz getragen werden kann. Wird ein Handschild als Blendschutz verwendet, ist ein Tragen von Atemschutz üblicherweise problemlos möglich. Dagegen ist das Tragen von Atemschutz unter den Hauben und Helmen für das Schweißen oftmals nicht oder nur mit Einschränkungen möglich. Bewährt haben sich die Hauben der Geräteklasse TH2P und TH3P, die den Anforderungen an Gesichts- und Augenschutz entsprechen. Während der Nutzung dieser Hauben wird der Schweißfachkraft mit Hilfe eines Gebläses gefilterte Atemluft zugeführt. Derartige Filtergeräte sind als nicht belastender Atemschutz eingestuft. Damit gelten für diese Systeme keine Tragezeitbegrenzungen.

Weiterführende Informationen für das Tragen von Atemschutz sind in der DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ festgelegt (siehe <http://publikationen.dguv.de>).

Tabelle 4 Prozessgase, die bei Lichtbogenverfahren verwendet werden

Verfahren	Ar	He	CO ₂	H ₂	N ₂	O ₂	Luft
WIG/MIG	X	X					
MAG	X	X	X			X	
Wurzelschutz/Formiergas	X			X	X		
Plasmaschweißen	X	X		X			
Plasmaschneiden	X			X	X		X
Sauerstoffschneiden						X	
Druckluftschneiden							X
Lichtbogenspritzen							X
Plasmaspritzen	X	X		X	X		

7.2 Prozessgase

Schutzgase, Schutzgasgemische und Formiergase sind Prozessgase, die beim Schweißen eingesetzt werden, um primär das Schmelzbad vor unkontrollierten Reaktionen mit dem Luftsauerstoff zu schützen (Tabelle 4). Je nach zu verschweißenden Werkstoffen werden Inert- oder Aktivgase (z. B. Ar, He, CO₂) verwendet. Aktivgase haben zusätzlich die Aufgabe, das Reaktionsverhalten des Schweißbades oxidierend oder reduzierend zu beeinflussen. Formiergas kann als Wurzelschutz und zur verbesserten Nahtqualität beim Schweißen dienen. Bei den Schneidverfahren wird Luft u. a. zum Austrag (Ausblasen) der Schmelze verwendet.

Prozessgase können in geschlossenen oder schlecht durchlüfteten Räumen (z. B. in engen Räumen wie Behälter, Vertiefungen) zur Verdrängung der Atemluft führen. Sie können je nach Zusammensetzung und Mischungsverhältnis leichter oder schwerer als Luft sein, sodass sich in Behältern je nach Zusammensetzung oben oder unten Gasansammlungen bilden können. Eine ausreichende Be- und Entlüftung der Arbeitsbereiche ist sicherzustellen.

Schlauchpakete und Schweißbrenner müssen bei Arbeitsunterbrechungen, wie Frühstückspause, Mittagspause oder Schichtwechsel, aus Vertiefungen, Behältern oder engen Räumen entfernt werden, um gefährliche Ansammlungen von Schutzgasen bei eventuellen Leckagen zu verhindern. Die Flaschenventile oder Entnahmeventile in zentralen Versorgungsleitungen müssen geschlossen werden.

Als Formiergas wird häufig Stickstoff (N₂) mit Wasserstoff (H₂) gemischt. Formiergase können je nach Wasserstoffgehalt brennbar oder sogar explosionsfähig sein. Formiergase mit mehr als 4 % H₂ sind zündfähig. Werden diese Gase mit mehr als 10 % H₂-Gehalt verwendet, müssen sie an ihren Austrittsstellen kontrolliert abgefackelt werden, um eine explosionsfähige Atmosphäre an der Schweißstelle zu vermeiden. Weitere Informationen können dem DVS-Merkblatt 0937 entnommen werden.

Vor dem Schweißen an Behältern sind diese ausreichend lange und intensiv mit dem Formiergas zu spülen. Enthält das Formiergas mehr als 4 % H₂, ist unmittelbar vor Schweißbeginn der O₂-Gehalt im Behälter festzustellen und unkontrollierter

<p>blau blau weiß blau (grau)</p> <p>Sauerstoff techn.</p>	<p>grau grau (schwarz) leuchtend grün grau (leuchtend grün)</p> <p>Xenon, Krypton, Neon</p>
<p>gelb gelb (schwarz) kastanienbraun kastanienbraun (schwarz, gelb)</p> <p>Acetylen</p>	<p>rot rot rot rot</p> <p>Wasserstoff</p>
<p>grau grau dunkelgrün grau (dunkelgrün)</p> <p>Argon</p>	<p>rot rot (dunkelgrün) rot grau</p> <p>Formiergas (Gemisch Stickstoff/Wasserstoff)</p>
<p>dunkelgrün dunkelgrün schwarz grau (dunkelgrün, schwarz)</p> <p>Stickstoff</p>	<p>grau grau leuchtend grün grau</p> <p>Gemisch Argon/Kohlendioxid</p>
<p>grau grau grau grau</p> <p>Kohlendioxid</p>	<p>grau grau leuchtend grün grau</p> <p>Druckluft</p>
<p>grau grau braun grau</p> <p>Helium</p>	

Abb. 7-2
Farbkennzeichnung von Gasflaschen

Luft Eintritt, wie durch Nahtspalten, zu verhindern. Der O₂-Gehalt im Behälter muss kleiner als 4 % sein.


Die Gasversorgung besteht aus Gasflaschen oder zentralen Versorgungsleitungen mit Druckminderern, Überdruckmessgeräten für Vor- und Hinterdruck sowie Gasschläuchen. Die Druckminderer müssen für die Gasart geeignet, gekennzeichnet und sicher angeschlossen sein. Anstelle des Hinterdruckmessgerätes kann auch ein Mengemesser verwendet werden.

Bei rauem Betrieb (z. B. auf Baustellen) haben sich Einzelgasflaschen z. B. mit festmontierten Schutzkappen und integrierten Druckminderern bewährt (siehe Abb. 7-3).

Gasschläuche müssen für die verwendeten Gase geeignet sein und dem höchsten zu erwartenden Betriebsdruck sicher widerstehen.

Um Verwechslungen brennbarer und nicht brennbarer Gase auszuschließen, dienen für den Anschluss von Flaschendruckminderern am Flaschenventil und für Schlauchanschlüsse nach DIN EN 560:

- Linksgewinde für brennbare Gase (z. B. Wasserstoff)
- Rechtsgewinde für nicht brennbare Gase

Überdruckmessgeräte für Sauerstoff müssen deutlich erkennbar und dauerhaft mit dem Bildzeichen  und der Aufschrift „Oxygen“ oder dem Buchstaben „O“ gekennzeichnet sein.

Schläuche sind gegen Abgleiten von den Schlauchtüllen mit geeigneten Mitteln z. B. mit Schlauchschellen zu sichern.

Kennfarben für die Schläuche entsprechend der Gasart sind:

- **rot** für brennbares Gas (z. B. H₂ und H₂-Gemische)
- **schwarz** für nicht brennbare Gase (z. B. Ar, He, CO₂, Luft, N₂)
- **blau** für O₂

Die Kennzeichnung von Behältern und Rohrleitungen mit Gefahrstoffen ist in der Technischen Regel für Arbeitsstätten (ASR) A 1.3 festgelegt.

Einzelheiten zum sicheren Umgang mit Gasen und den dazu benötigten Geräten und Einrichtungen enthält die DGUV Information 209-011 „Gas-schweißer“.

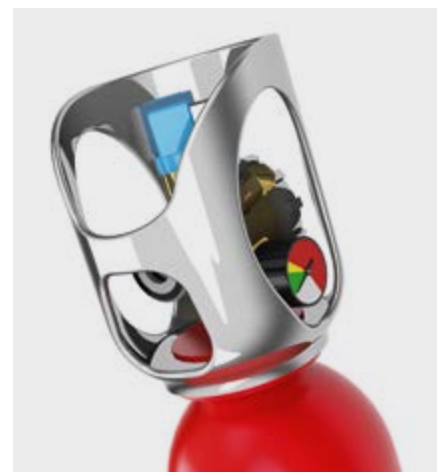


Abb. 7-3
Schutzgasflasche mit fester Schutzkappe

8 Brand-, Explosions- und Verbrennungsgefahren

8.1 Allgemein

Bei den Lichtbogenverfahren sind immer Zündquellen vorhanden:

- durch den Lichtbogen selbst
- durch die prozessbedingten Temperaturen und die Wärmeleitung
- durch frei werdende Funken, heiße Metall- und Schlacketeilchen

Funken können sich in alle Richtungen ausbreiten, auch wenn einzelne Verfahren (z. B. thermisches Trennen) den Funkenflug in eine bestimmte Richtung begünstigen. Funken und Schweißspritzer können brennbare Materialien in Brand setzen und explosionsfähige Stoffe zünden. Dies gilt nicht nur für Materialien im unmittelbaren Schweißbereich, sondern auch in angrenzenden Bereichen, denn Funken und Spritzer können auch durch unscheinbare Öffnungen in benachbarte Bereiche gelangen (siehe Abb. 8-1).

Ausdehnung und Form der durch Funkenflug gefährdeten Bereiche ergeben sich aus den Flugbahnen der heißen Partikel (siehe Abb. 8-2).

Die Angaben über die Reichweiten sind Anhaltswerte zur Abschätzung des Funkenflugs. Sie berücksichtigen die Gesamtreichweite und das Zündvermögen heißer Metall- und Schlacketeilchen bei fachgerechter Ausführung der Arbeiten und ungünstigen Arbeitsbedingungen (siehe Tabelle 5).

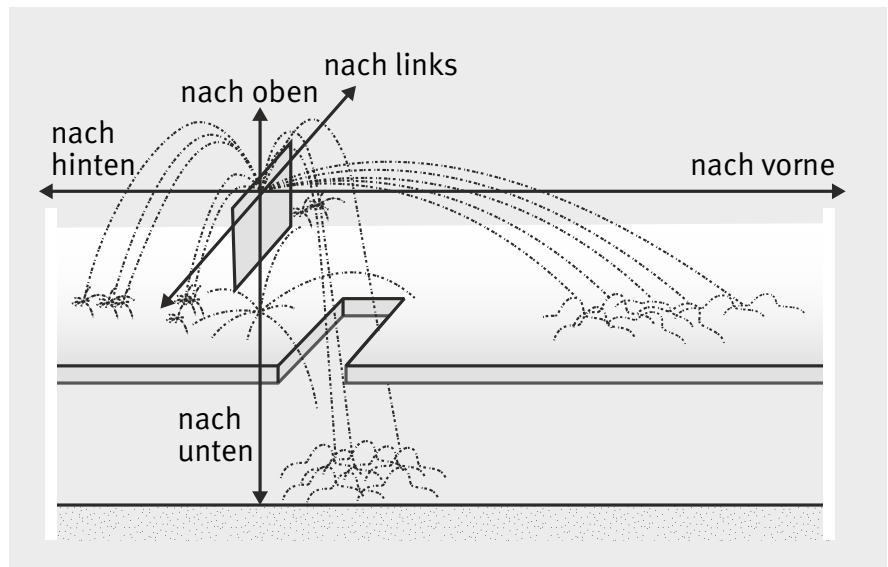


Abb. 8-1 Ausbreitungsverhalten von Funken, Metall- und Schlackepartikeln bei Schweißarbeiten

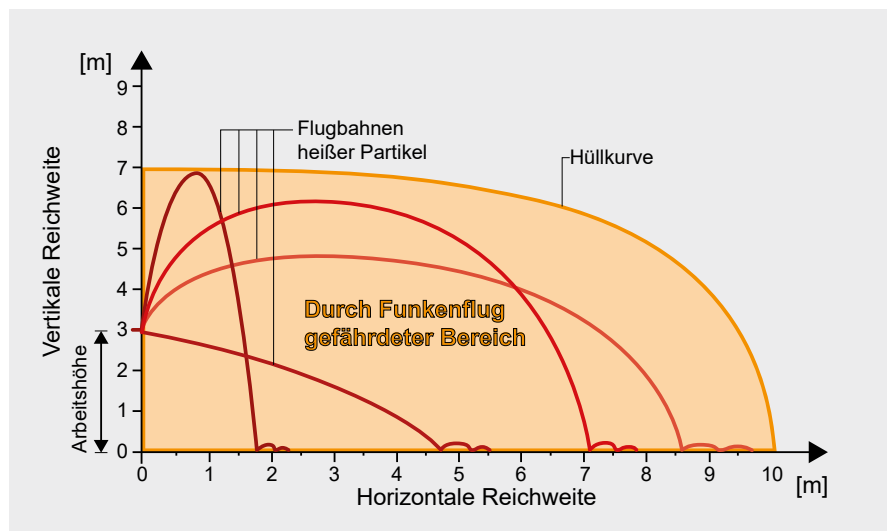


Abb. 8-2 Ausdehnung des durch Funkenflug gefährdeten Bereiches beim thermischen Trennen in einer Arbeitshöhe von 3 m

Tabelle 5 Anhaltswerte zur Abschätzung des Funkenflugs

Arbeitsverfahren	Durch Funkenflug gefährdete Bereiche		
	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

Übliche Verfahrensstörungen wurden dabei berücksichtigt. Die Reichweiten für den horizontalen Bereich umfassen auch mögliche Ablenkungen der Partikel aus ihrer Flugbahn durch Hindernisse in der Umgebung (z. B. Gerüste, Geländer). Die Reichweitenangaben für thermisches Trennen schließen auch Schleifarbeiten ein. Raumbegrenzungen und wirksame Abschirmungen können die durch Funkenflug gefährdeten Bereiche beschränken. Bei Arbeitshöhen über 3 m ist als Richtwert anzunehmen, dass sich mit jedem Meter zusätzlicher Arbeitshöhe der Bereich in der Horizontalen um etwa 0,5 m vergrößert.

Besonders heimtückisch ist die Gefahr, dass sich Brände noch viele Stunden nach dem Ende einer Schweißarbeit entwickeln können. Deshalb müssen vor Beginn schweißtechnischer Arbeiten, besonders bei Montagen und Reparaturen außerhalb betrieblicher Schweißwerkstätten, der Arbeitsbereich und seine Umgebung besichtigt werden, um geeignete Maßnahmen auch gegen Schweißbrände treffen zu können.

Durch bauliche Verkleidungen sind brennbare Stoffe (z. B. Dämmstoffe, Elektroinstallationen) häufig nicht sichtbar. Schweißarbeiten in Kaufhäusern, Lagerräumen und Betrieben, in denen brennbare Stoffe lagern, haben schon oft zu

Großbränden geführt. Vor Beginn der Schweißarbeiten sind die Brandlasten durch vollständiges Entfernen des brennbaren Materials zu beseitigen. Dabei dürfen Papierreste, Holzwolle, Späne, Fasern oder Staubansammlungen, aber auch brennbare Stoffe und Gegenstände, die fest mit dem Gebäude verbunden sind (z. B. Verkleidungen oder Isolierungen), nicht übersehen werden. Sind die Ansammlungen brennbaren Materials nicht zu vermeiden, muss die Brandgefahr durch Abdecken des gefährdeten Materials und Abdichten, z. B. von Mauerdurchbrüchen, beseitigt werden. Es ist vor Beginn der Schweißarbeiten zu prüfen, ob eine Brandwache mit geeigneten Feuerlösch-einrichtungen erforderlich ist. Weiterhin muss festgelegt werden, ob die Arbeitsstelle und ihre Umgebung auch nach Beendigung der Schweißarbeiten beobachtet werden muss.

Die erforderlichen Maßnahmen sind im Rahmen der Ermittlungen zur Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Bei regelmäßig wiederkehrenden, gleichartigen schweißtechnischen Arbeiten, bei denen sich eine Brandentstehung durch das Entfernen brennbarer Stoffe und Gegenstände nicht verhindern lässt, können diese Maßnahmen in Betriebsanweisungen festgelegt werden. Außerhalb dieser Bereiche muss bei Brand- und Explosionsgefahr ein Erlaubnisschein

für Schweißen und verwandte Verfahren (Schweißerlaubnis) erstellt werden (siehe Anhang 1). Werden die Schweißarbeiten als Dienstleistung von einem anderen Unternehmen durchgeführt, sind die erforderlichen Maßnahmen zwischen dem Auftraggeber, der die speziellen Gegebenheiten seines Unternehmens kennt, und dem Auftragnehmer, der die verfahrensspezifischen Gefährdungen kennt, abzustimmen. Das Ergebnis dieser Abstimmung ist im Schweißerlaubnisschein zu dokumentieren und der ausführenden Schweißfachkraft zur Kenntnis zu geben. Die Sicherheitsmaßnahmen müssen unter Beachtung der jeweiligen Bedingungen mit dem Auftraggeber abgestimmt und in einer Schweißerlaubnis schriftlich festgelegt werden.

Sämtliche Sicherheitsmaßnahmen dürfen erst aufgehoben werden, wenn keine Zündgefahr mehr besteht.

8.2 Bereiche mit Brandgefahr

Lassen sich brennbare Stoffe und Gegenstände aus baulichen Gegebenheiten oder betriebstechnischen Gründen nicht vollständig entfernen, sind zum Verhindern einer Brandentstehung folgende ergänzende Sicherheitsmaßnahmen erforderlich:

Abdecken verbliebener brennbarer Stoffe und Gegenstände z. B. durch Sand, Erde, geeignete Pasten, Schäume oder schwer entflammable Tücher. Ein Feuchthalten der Abdeckung verbessert deren Wirkung (Abb. 8-3, Nr. 2)

Abdichten von Öffnungen zu benachbarten Bereichen (z. B. Fugen, Ritzen, Mauerdurchbrüche, Kanäle, Rohröffnungen, Rinnen, Kamine, Schächte) mit Lehm, Gips, geeigneten Massen oder feuchtem Sand (Abb. 8-3, Nr. 3)



Abb. 8-3
Maßnahmen beim Schweißen unter Brandgefahr

Bereitstellen geeigneter **Feuerlöscheinrichtungen** entsprechend der Brandlast (z. B. wassergefüllte Eimer, Feuerlöscher oder angeschlossener Wasserschlauch); Überwachen durch einen **Brandposten**, der während der schweißtechnischen Arbeiten den brandgefährdeten Bereich auf eine Brandentstehung beobachtet, einen entstehenden Brand durch einen eigenen Löschangriff verhindert und gegebenenfalls weitere Hilfe herbeiholt (Abb. 8-3, Nr. 4)

Kontrolle durch eine **Brandwache**, die im Anschluss an die schweißtechnischen Arbeiten über eine zuvor festgelegte Dauer den Arbeitsbereich und seine Umgebung auf Glimmnestern, verdächtige Erwärmung und Rauchentwicklung regelmäßig kontrolliert (Abb. 8-3, Nr. 5)

8.3 Bereiche mit Explosionsgefahr

Wenn sich explosionsfähige Stoffe und Gegenstände durch bauliche Gegebenheiten und betriebstechnische Gründe nicht vollständig entfernen lassen, sind zum Verhindern einer explosionsfähigen Atmosphäre folgende ergänzende Maßnahmen erforderlich:

1. Sicheres Abdichten gegenüber der Atmosphäre z. B. von fest eingebauten Behältern, Apparaten oder Rohrleitungen, die brennbare Flüssigkeiten, Gase oder Stäube enthalten bzw. enthalten haben
2. Sicheres Abdichten gegenüber anderen Arbeitsbereichen z. B. durch Lehm, Gips, Mörtel, geeignete Massen oder feuchten Sand
3. Lüftungstechnische Maßnahmen in Verbindung mit messtechnischer Überwachung z. B. mit Gaswarngeräten während der Arbeiten

4. Überwachen der Wirksamkeit der Maßnahmen während der Arbeiten, z. B. Beobachten der Gaskonzentration mit Warngeräten und augenblickliches Einstellen der Arbeiten bei Erreichen der unteren Explosionsgrenze

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

8.4 Schweißarbeiten in oder an Behältern mit gefährlichem Inhalt

Für Schweißarbeiten in oder an Behältern, z. B. Tanks, Silos, Fässer, Apparate, Rohrleitungen, Kanäle und dergleichen, die gefährliche Stoffe oder Zubereitungen enthalten oder enthalten haben, muss eine sachkundige Person vor Beginn der Arbeiten die erforderlichen Schutzmaßnahmen festlegen und die Durchführung der Arbeiten überwachen.

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

- explosionsgefährlich
- brandfördernd
- hochentzündlich
- leichtentzündlich
- entzündlich
- krebserzeugend
- sehr giftig
- giftig
- gesundheitsschädlich
- ätzend
- reizend

Auch geringe Reste solcher Stoffe können bei Schweißarbeiten gefährlich werden. Solche Stoffe sind z. B. Heizöl, Dieseldieselkraftstoff, Öle, Fette, Bitumen.

Weiterführende Informationen:

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- DGUV Information 213-001 „Arbeiten in engen Räumen“

Für Arbeiten in Behältern mit gefährlichem Inhalt siehe auch:

- DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume“
- Technische Regel für Gefahrstoffe „Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern“ (TRGS 507)

Schweißtechnische Arbeiten an Behältern, die gefährliche Stoffe beinhalten bzw. beinhaltet haben, erfordern zuvor das vollständige Entleeren und Reinigen des Behälters sowie eine flammen-erstickende Schutzfüllung vor und während der Arbeiten.

Die Eigenschaften des Behälterinhalts können z. B. 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 flammen-erstickende Schutzfüllung ist bei Behältern erforderlich, die z. B. explosionsgefährliche oder entzündliche Stoffe enthalten haben. Die Schutzfüllung kann aus Wasser, Stickstoff oder Kohlendioxid bestehen (siehe Abb. 8-4, 8-5).

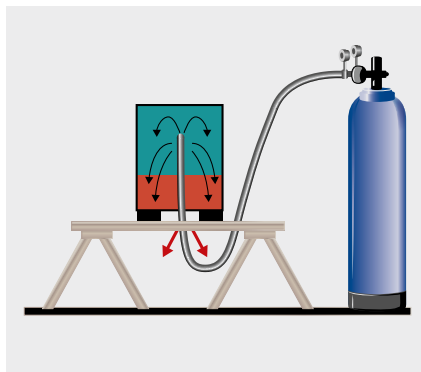


Abb. 8-4 Schutzfüllung mit Stickstoff

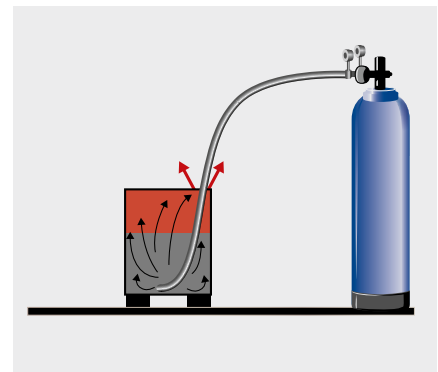


Abb. 8-5 Schutzfüllung mit Kohlendioxid

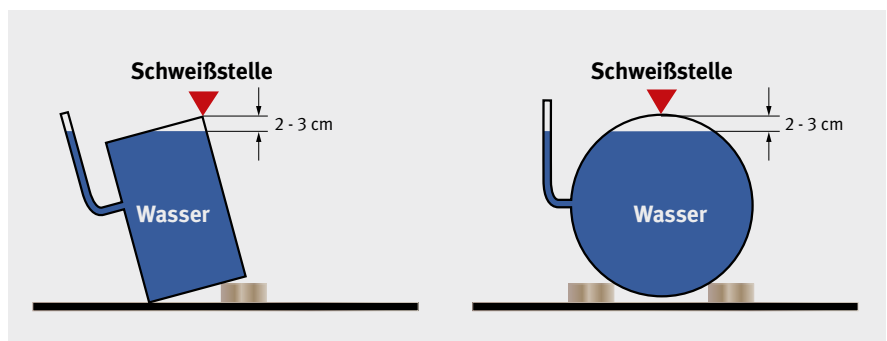


Abb. 8-6 Arbeitstechnik beim Schweißen an Fässern oder ähnlichen Hohlkörpern

An geschlossenen Behältern darf nur geschweißt werden, wenn darüber hinaus Vorsichtsmaßnahmen getroffen sind, die das Entstehen eines gefährlichen Überdrucks verhindern (siehe Abb. 8-6).

8.5 Verbrennungsgefahren

Der Lichtbogen ist mit seiner hohen Temperatur die Wärmequelle. Beim Elektroschweißprozess können Metall- und Schlackespritzer entstehen. Daneben sind die heiße Elektrode, der heiße Brenner und das geschweißte Werkstück als Wärmequellen zu beachten. Persönliche Schutzausrüstung (PSA) ist so auszuwählen, dass sie vor Lichtbogenstrahlung, elektrischer Gefährdung und auch vor

Verbrennungsgefahr schützt. Kleidungs- und Wäschestücke aus leicht entflammbarem oder leicht schmelzendem Material (z. B. Kunstfaser) dürfen beim Schweißen nicht getragen werden, denn sie können Brandverletzungen erheblich verschlimmern. Es ist Schutzkleidung für das Schweißen nach EN ISO 11611 (früher EN 470-1) aus schwer entflammaren Baumwollgeweben (siehe Abb. 8-8) oder hitzebeständigem Leder zu tragen. Je nach Arbeitsaufgabe und Schweißposition (z. B. Arbeiten an einem Schweißstisch) kann zusätzlich auch das Tragen einer Schürze aus Leder erforderlich sein. Besonders beim Überkopfschweißen ist der Kopf ausreichend zu schützen. Zum Schutz von Nacken und Kopfhaut gibt es schwer entflammare Kopfhäuben. Die Kleidung darf nicht durch Öl, Fett, Sauer-



Abb. 8-7
Piktogramm für den Schutz gegen Gefährdungen beim Schweißen (ISO 7000-2638)



Abb. 8-8
Kennzeichnung schwer entflammbarer Kleidung

stoff oder Ähnliches verunreinigt sein. Anzüge sind nach den Angaben der Herstellfirma zu reinigen, um die Wirksamkeit der Ausrüstung zu erhalten. Feuerzeuge und Spraydosen, aus denen brennbare Gase entweichen können, dürfen nicht in der Kleidung getragen werden.

Weitere Informationen können aus DGUV Regel 112-189 und 112-989 „Benutzung von Schutzkleidung“ entnommen werden.

8.6 Hitze Arbeitsplatz

Bei Hitzearbeit kommt es infolge kombinierter Belastung aus Hitze, körperlicher Arbeit und gegebenenfalls Bekleidung zu einer Erwärmung des Körpers und damit zu einem Anstieg der Körpertemperatur. Durch diesen Temperaturanstieg können Gesundheitsschäden entstehen.

Zu den Hitze Arbeitsplätzen gehören die Arbeitsplätze beim Schmelzen, Eisen gießen, Schmieden, aber auch Schweißen in und an vorgewärmten Werkstücken mit größerem Gewicht.

Ob in Arbeitsbereichen Hitzearbeit vorliegt, kann anhand der Checkliste der DGUV Information 213-022 „Beurteilung von Hitzearbeit“ eingeschätzt werden. Hier werden die Lufttemperatur, die Luftfeuchte, die Flüssigkeitsaufnahme, die Wärmestrahlung und das subjektive Befinden in Verbindung mit der Wärmebelastung berücksichtigt.

Beispiele für Schutzmaßnahmen an Hitze Arbeitsplätzen:

- **technisch** – Zufuhr von kälterer Luft für das Schweißpersonal
- **organisatorisch** – Reduzierung der Aufenthaltszeit im Hitzebereich
- **persönlich** – Tragen von Kühlwesten, Bereitstellung von geeigneten Getränken

Personen, die erstmalig an einem Hitze Arbeitsplatz tätig sind, müssen vor Arbeitsaufnahme arbeitsmedizinisch untersucht werden, um sicherzustellen, dass nur geeignete Personen eingesetzt werden. Darüber hinaus ist in regelmäßigen Abständen und in Abhängigkeit vom Alter eine arbeitsmedizinische Pflichtvorsorge durchzuführen. Weitere Informationen sind im Kapitel 11 enthalten.

Die Informationen aus der DGUV Information 240-300 „Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 30 Hitze“ sind umzusetzen.

9 Lärm

Bei Schweiß-, Schneid- und verwandten Verfahren ist die Einwirkung von geschädigendem Lärm gegeben (siehe Tabelle 6).

Die erforderlichen Lärmschutzmaßnahmen sind vom jeweiligen Lärmbereich abhängig:

Maßnahmen in Bereichen mit Beurteilungspegeln ab 80 dB(A) ($L_{EX, 8h}$)

- Gehörschutz zur Verfügung stellen
- Informationen und Unterweisung der Beschäftigten
- Anspruch auf Angebotsvorsorge G20 – Gehörschutz (nach ArbMedVV)

Zusätzliche Maßnahmen in Bereichen mit Beurteilungspegeln ab 85 dB(A) ($L_{EX, 8h}$)

- Kennzeichnung (siehe Abb. 9-1), Bereichsabgrenzung (räumliche Trennung oder schallabsorbierende Abschirmung) und Zugangseinschränkung
- Gehörschutz-Tragepflicht
- Durchführung der Pflichtvorsorge G20 – Gehörschutz (nach ArbMedVV)
- Lärminderungsprogramm

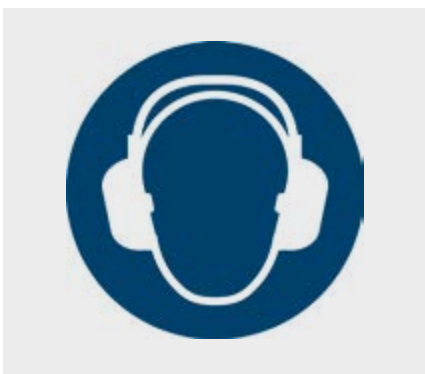


Abb. 9-1
Gebotsschild „Gehörschutz benutzen“
(Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung)

Tabelle 6 Schallpegel verschiedener Lichtbogenverfahren

Verfahren	Schallpegel dB(A) (Anhaltswerte)						
	70	80	90	100	110	120	130
Lichtbogenschweißen		80-90					
Schutzgasschweißen: MIG, MAG		80-95					
Schutzgasschweißen: WIG	70-75						
Unterpulverschweißen		80-90					
Plasmaschweißen				105-115			
Lichtbogenspritzen					105-120		
Atmosphärisches Plasmaspritzen						120-130	

Quelle: Praxiswerte aus Messungen von BGHM-Mitgliedsbetrieben

Gehörschutz, z. B. Gehörschutzstöpsel, Kapselgehörschutz, Gehörschutzwatte, ist vom Arbeitgeber oder von der Arbeitgeberin bereitzustellen und von den Beschäftigten zu benutzen.

Bei Schweißarbeiten über Schulterhöhe ist schwer entflammbarer Gehörschutz zur Verfügung zu stellen.

Einzelheiten zum Thema Lärm enthält die DGUV Information 209-023 „Lärm am Arbeitsplatz“.

10 Mechanische Gefährdungen

Typische Augengefährdungen beim Lichtbogenschweißen entstehen durch Funken- und Partikelflug während des Schweißprozesses, das Abplatzen von Schlacketeilchen während und nach dem Schweißen sowie durch Schleifarbeiten bei der Nahtvor- und Nahtnachbearbeitung. Besonders kritisch sind diese Gefährdungen zu betrachten, wenn in Zwangslage, z. B. Überkopposition, oder im engen Raum gearbeitet werden muss. Aber nicht nur Schweißfachkräfte sind den Gefährdungen ausgesetzt. Betroffen sind ebenso Beschäftigte in der Arbeitsumgebung (z. B. Helfer/Helferinnen, Beschäftigte benachbarter Arbeitsplätze).

Die beschriebenen Arbeiten sind grundsätzlich nur mit Augenschutz auszuführen. Üblicherweise werden als persönliche Schutzausrüstung Schutzbrillen getragen. Bei Schweißarbeiten bieten automatisch verdunkelnde Schutzhauben mit wegschwenkbarer Filtereinheit einen guten permanenten Augen- und Gesichtsschutz. Die darunter befindliche klare Schutzscheibe ermöglicht das gefahrlose Arbeiten vor und nach dem Schweißen, ohne den Helm abnehmen zu müssen (siehe Abb. 10-1). Nach Wegschwenken des Schweißschutzfilters bietet die Klarsichtscheibe weiterhin Augenschutz vor mechanischen Gefährdungen.

Für das Lichtbogenhandschweißen und das MIG/MAG-Schweißen sind auch handgehaltene Schutzschirme einsetzbar.



Abb. 10-1
Flexibler Augen- und Gesichtsschutz mit automatisch verdunkelndem Schweißfilter und klarem Visier

Beim MIG/MAG-Schweißen können durch unbeabsichtigtes Einschalten des Drahtvorschubs Stichverletzungen durch die Drahtelektrode verursacht werden. Verletzungsgefahren bestehen vor allem bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten am Schweißbrenner. Dies kann verhindert werden, wenn vor Beginn der Arbeiten das Schweißgerät abgeschaltet wird. Stichverletzungen können auch beim Wechseln der Drahtrolle auftreten, wenn nach dem Einführen des Schweißdrahts in das Schlauchpaket und Spannen der Andruckrollen aus Zeitgründen die maximale Drahtvorschubgeschwindigkeit eingestellt wird.

Um Augen- oder Gesichtsverletzungen durch den handgeführten Schweißzusatz beim WIG-Schweißen zu vermeiden, ist das Ende des Schweißstabs umzubiegen oder durch Aufstecken eines Korkens zu sichern.

11 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Durch technische und organisatorische Maßnahmen können beim Schweißen große Erfolge im Gesundheitsschutz erreicht werden. Trotzdem haben Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung die Pflicht, eine angemessene arbeitsmedizinische Vorsorge zu organisieren.

Die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) unterscheidet in Pflicht-, Angebots- und Wunschvorsorge. Im Anhang der ArbMedVV ist festgelegt, wann arbeitsmedizinische Vorsorge erforderlich ist.

Pflichtvorsorge:

Pflichtvorsorge ist bei den nachfolgend genannten, besonders gefährdenden Tätigkeiten, zu veranlassen:

- wenn eine Schweißrauchkonzentration von 3 mg/m^3 nicht eingehalten wird
- wenn Expositionen von Fluor/Fluoriden, Cadmium, Blei, Nickel oder Chrom(VI)-Verbindungen vorhanden sind
- bei Tätigkeiten mit Lärmexpositionen, bei denen der obere Auslösewert von 85 dB(A) erreicht oder überschritten wird
- bei Tätigkeiten, die das Tragen von Atemschutzgeräten der Gruppen 2 und 3 erfordern
- bei Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung, die zu einer besonderen Gefährdung führen können, z. B. nach Arbeitsmedizinischer Regel (AMR) 13.1 bei Schweißarbeiten in und an größeren vorgewärmten Werkstücken (Gewicht > 0,5 t, Temperatur > 80 °C)

Angebotsvorsorge:

Angebotsvorsorge ist bei den nachfolgend genannten gefährdenden Tätigkeiten anzubieten:

Liste der Arbeitsmedizinischen Grundsätze und ihre Auswahlkriterien, die beim Schweißen relevant sein können:

Auswahlkriterium	DGUV-Grundsatz	Titel
DGUV Information 240-020	G 2	„Blei oder seine Verbindungen“
DGUV Information 240-150	G 15	„Chrom-VI-Verbindungen“
DGUV Information 240-200	G 20	„Lärm“
DGUV Information 240-260	G 26	„Atemschutzgeräte“
DGUV Information 240-300	G 30	„Hitze“
DGUV Information 240-320	G 32	„Cadmium oder seine Verbindungen“
DGUV Information 240-340	G 34	„Fluor oder seine organischen Verbindungen“
DGUV Information 240-380	G 38	„Nickel oder seine Verbindungen“
DGUV Information 240-390	G 39	„Schweißrauche“

- wenn die Schweißrauchkonzentration von $1,25 \text{ mg/m}^3$ eingehalten wird
- wenn die Lärmexposition des unteren Auslösewertes von 80 dB(A) überschritten ist
- wenn die Tätigkeit das Tragen von Atemschutzgeräten der Gruppe 1 erfordert

Wann die arbeitsmedizinische Vorsorge durchgeführt wird, hängt von der Tätigkeit und von bestimmten Bedingungen dieser Tätigkeit ab.

Hinweise, wann Pflicht- oder Angebotsvorsorge durchzuführen ist, sind im Anhang der ArbMedVV enthalten.

Wunschvorsorge:

Über die Pflicht- und Angebotsvorsorge hinaus haben Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen den Beschäftigten auf Wunsch regelmäßig arbeitsmedizinische Vorsorge zu ermöglichen, es sei denn, Gesundheitsschäden können ausgeschlossen werden.

Die DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Untersuchungen in DGUV Grundsatz 350-001 erläutern die medizinischen Inhalte der Vorsorge für die Betriebsärztinnen und Betriebsärzte. Sie bilden eine solide Grundlage für eine qualitativ ein-

heitliche Vorgehensweise in der arbeitsmedizinischen Vorsorge.

Die Auswahlkriterien zur arbeitsmedizinischen Vorsorge, DGUV Information 240-011 ff sind die Handlungsanleitungen für die Unternehmer und Unternehmerinnen und basieren auf der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge. Sie enthalten ergänzende Hinweise für die Gefährdungsbeurteilung und die Auswahl des zu untersuchenden Personenkreises.

Um die Verantwortlichen in den Betrieben zu unterstützen, die Verhältnisse in den einzelnen Arbeitsbereichen richtig einzustufen, ist in den Handlungsanleitungen beschrieben, in welchen Arbeitsbereichen und bei welchen Arbeitsverfahren oder Tätigkeiten Expositionen auftreten können, die arbeitsmedizinische Vorsorge erfordern.

Beispiele:

Hochlegierte Werkstoffe (Grund- und Zusatzwerkstoffe) mit Chrom $\geq 5 \%$

- Beschichtungsstoffe oder Verunreinigungen auf den zu schweißenden Materialien
- Arbeiten in engen Räumen

12 Vorschriften und Regeln

Nachstehend sind die besonders zu beachtenden, einschlägigen Gesetze, Vorschriften, Regeln, Informationen, Grundsätze und Normen zusammengestellt.

1. Gesetze, Verordnungen

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)

2. Technische Regeln des Staates

- Schweißtechnische Arbeiten (TRGS 528)
- Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern (TRGS 507)
- Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung (ASR A1.3)
- Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen (TRBS 1201)
- Befähigte Personen (TRBS 1203)
- Arbeitsmedizinische Regel „Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung, die zu einer besonderen Gefährdung führen können“ (AMR Nr. 13.1)

3. Vorschriften, Regeln, Informationen und Grundsätze 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“, Kapitel 2.26 „Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren“ (nur online erhältlich)
- 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 203-004 „Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung“
- DGUV Information 209-011
„Gasschweißer“
- DGUV Information 209-023
„Lärm am Arbeitsplatz“
- DGUV Information 213-001
„Arbeiten in engen Räumen“
- DGUV Information 213-022
„Gesund und fit im Kleinbetrieb Beurteilung von Hitzebelastung Tipps für Wirtschaft, Verwaltung, Dienstleistung“
- DGUV Information 240-011 ff
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach DGUV“
- DGUV Information 240-020
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 2 Blei oder seine Verbindungen (mit Ausnahme der Bleialkyle)“

- DGUV Information 240-150
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 15 Chrom-VI-Verbindungen“
- DGUV Information 240-200
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 20 Lärm“
- DGUV Information 240-260
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 26 Atemschutzgeräte“
- DGUV Information 240-300
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 30 Hitze“
- DGUV Information 240-320
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 32 Cadmium oder seine Verbindungen“
- DGUV Information 240-340
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 34 Fluor oder seine organischen Verbindungen“
- DGUV Information 240-380
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 38 Nickel oder seine Verbindungen“
- DGUV Information 240-390
„Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 39 Schweißrauch“

Grundsätze

DGUV Grundsatz 350-001

„DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen“

- G 2 Blei oder seine Verbindungen
- G 15 Chrom-VI-Verbindungen
- G 20 Lärm
- G 26 Atemschutzgeräte
- G 30 Hitzearbeiten
- G 32 Cadmium oder seine Verbindungen
- G 34 Fluor oder seine organischen Verbindungen
- G 38 Nickel oder seine Verbindungen
- G 39 Schweißrauche

4. Normen/Merkblätter

Bezugsquelle:

Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

Schutzkleidung für Schweißen und verwandte Verfahren
(DIN EN ISO 11611:2015-11)

Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Prozessen – Einrichtungen zum Erfassen und Abscheiden von Schweißrauch – Teil 1: Anforderungen an den Abscheidegrad sowie Prüfung und Kennzeichnung des Abscheidegrades
(DIN EN ISO 15012-1:2013-08)

Schweißen und verwandte Prozesse – Liste der Prozesse und Ordnungsnummern
(DIN EN ISO 4063:2011-03)

Thermisches Spritzen – Begriffe, Einteilung
(DIN EN 657:2005-06)

Gasschweißgeräte – Schlauchanschlüsse für Geräte und Anlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Prozesse
(DIN EN 560:2008-03)

Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere Teil 1: Allgemeine Aspekte
(VDE 0140-479-1:2007-05)

Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 1: Schweißstromquellen
DIN EN 60974-1:2013-06;
IEC 60974-1:2012)

Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 4: Wiederkehrende Inspektion und Prüfung
(DIN EN 60974-4:2015-03)

Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 6: Schweißstromquellen mit begrenzter Einschaltdauer
(DIN EN 60974-6:2011-10;
IEC 60974-6:2010);

Sicherheitsschuhe für den gewerblichen Gebrauch
(DIN EN 345-Serie)

Persönlicher Augenschutz – Automatische Schweißerschutzfilter
(DIN EN 379:2009-07)

Schutzhandschuhe für Schweißer
(DIN EN 12477:2005-09)

Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1000 V und DC 1500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen
(DIN EN 61557-Serie)

Persönlicher Schutz – Geräte für Augen- und Gesichtsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren
(DIN EN 175:1997-08)

Persönlicher Augenschutz – Filter für das Schweißen und verwandte Techniken – Transmissionsanforderungen und empfohlene Anwendung
(DIN EN 169:2003-02)

Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Durchsichtige Schweißvorhänge, -streifen und -abschirmungen für Lichtbogenschweißprozesse
(DIN EN ISO 25980:2015-01)

Wurzelschutz beim Schutzgasschweißen
(DVS-Merkblatt 0937)

Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Expositionen durch luftfremde Stoffe; Lufttechnische Maßnahmen
(Richtlinie VDI 2262 Blatt 3)

Anlage 1

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 <input type="checkbox"/> Schweißen <input type="checkbox"/> Schneiden <input type="checkbox"/> sonstiges <input type="checkbox"/> Trennschleifen <input type="checkbox"/> Lötén	
4	Sicherheitsmaßnahmen bei Brandgefahr	<input type="checkbox"/> Entfernen beweglicher brennbarer Stoffe und Gegenstände, ggf. auch Staubablagerungen, im Umkreis von m und (soweit erforderlich) auch in angrenzenden Bereichen <input type="checkbox"/> Entfernen von Wand- und Deckenverkleidungen, soweit sie brennbare Stoffe abdecken oder verdecken oder selbst brennbar sind <input type="checkbox"/> Abdecken ortsfester brennbarer Stoffe oder Gegenstände (z. B. Holzbalken, -wände, -fußböden, Kunststoffteile) mit geeigneten Mitteln und ggf. deren Anfeuchten <input type="checkbox"/> Abdichten von Öffnungen (z. B. Fugen, Ritzen, Mauerdurchbrüche, Schächte) zu benachbarten Bereichen mit nichtbrennbaren Stoffen <input type="checkbox"/> Bereitstellen einer Brandwache mit Löschmittel	Firma/Name: ausgeführt: (Unterschrift)
4a	Beseitigen der Brandgefahr		
4b	Löschgerät/Löschmittel	<input type="checkbox"/> Feuerlöscher mit <input type="checkbox"/> Wasser <input type="checkbox"/> Pulver <input type="checkbox"/> CO ₂ <input type="checkbox"/> Schaum <input type="checkbox"/> Löschdecken <input type="checkbox"/> Löschsand <input type="checkbox"/> angeschlossener Wasserschlauch <input type="checkbox"/> wassergefüllte Eimer <input type="checkbox"/> Benachrichtigen der Feuerwehr	Firma/Name: ausgeführt: (Unterschrift)
4c	Brandwache	<input type="checkbox"/> während der Arbeit Name: <input type="checkbox"/> nach Beendigung der Arbeit Name: <input type="checkbox"/> Dauer: Std. <input type="checkbox"/> unmittelbar nach Beendigung <input type="checkbox"/> weitere Kontrollgänge alle Minuten	
5	Sicherheitsmaßnahmen bei Explosionsgefahr	<input type="checkbox"/> Entfernen sämtlicher explosionsfähiger Stoffe und Gegenstände (auch Staubablagerungen und Behälter mit gefährlichem Inhalt oder dessen Resten) <input type="checkbox"/> Beseitigen der Explosionsgefahr in Rohrleitungen <input type="checkbox"/> Abdichten von ortsfesten Behältern, Apparaten oder Rohrleitungen, die brennbare Flüssigkeiten, Gase oder Stäube enthalten oder enthalten haben (Verbindungen z. B. zu Lüftungskanälen beachten) <input type="checkbox"/> Durchführung Lüftungstechnischer Maßnahmen nach Explosionschutz-Regeln mit nachfolgender Messung („Freimessen“)	Firma/Name: ausgeführt: (Unterschrift)
5a	Beseitigen der Explosionsgefahr		
5b	Überwachung	<input type="checkbox"/> 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.	Kenntnisnahme der ausführenden Person nach Nr. 3

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de