

Herausgeber:

Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften

Verwaltungsgemeinschaft

Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft, Düsseldorf

Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft, Düsseldorf

Norddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft, Hannover

Berufsgenossenschaft Metall Süd, Mainz

Für Mitglieder anderer Berufsgenossenschaften zu beziehen durch
Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln.



Quelle: www.arbeitssicherheit.de - Kooperation des VMBG mit dem Carl Heymanns Verlag © 2005
Unberechtigte Vervielfältigung verboten.



VMBG
Vereinigung der Metall-
Berufsgenossenschaften

Lichtbogenschweißer



Verantwortlich für den Inhalt:



NMBG
Norddeutsche Metall-
Berufsgenossenschaft

Vorwort	5	6 Lichtbogenstrahlung	44
1 Lichtbogenschweißen und verwandte Verfahren	6	6.1 Augenschutz	44
2 Gefahren durch elektrischen Strom	7	6.1.1 Kennzeichnung an Schweißerschutzfiltern.	44
2.1 Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen	7	6.1.2 Empfohlene Schutzstufen beim Lichtbogenschweißen	45
2.1.1 Ermittlung der Stromstärke beim Stromfluss durch den Menschen	8	6.2 Hautschutz	46
2.1.2 Physiologische Wirkungen des Stromflusses	10	6.3 Schutz der Umgebung	46
2.2 Sekundärwirkungen des elektrischen Stromes	12	7 Verbrennungsgefahren beim Lichtbogenschweißen	47
2.3 Vagabundierende Schweißströme	12	8 Schadstoffe	48
3 Schutz gegen elektrische Gefährdung des Lichtbogenschweißers	15	8.1 Lüftung	50
3.1 Netzspannungsseite	15	8.2 Atemschutz.	53
3.2 Schweißspannungsseite	17	8.3 Arbeitsmedizinische Vorsorge	54
3.2.1 Leerlaufspannung	18	9 Brände und Explosionen durch Lichtbogenschweißen.	55
3.2.2 Lichtbogenschweißen mit mehreren Stromquellen	22	9.1 Bereiche mit Brandgefahr	57
3.2.3 Zusammenschalten von Schweißstromquellen	25	9.2 Bereiche mit Explosionsgefahr.	61
3.3 Schweißstromquelle	25	9.3 Schweißarbeiten in oder an Behältern mit gefährlichem Inhalt	62
3.4 Schweißleitungsanschlüsse	30	10 Gase	65
3.5 Schweißstromkreis	30	11 Lärm	68
3.6 Drahtvorschubgeräte.	30	12 Mechanische Gefahren	69
3.7 Fernsteuerung	31	13 Vorschriften und Regeln	70
3.8 Instandhaltung	31	13.1 Unfallverhütungsvorschriften.	70
3.9 Prüffristen	32	13.2 BG-Regeln und BG-Informationen.	70
3.10 Isolation des Lichtbogenschweißers gegen Schweißspannung	33	13.3 Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen	71
4 Erhöhte elektrische Gefährdung	36	13.4 DIN-Normen, VDE-Bestimmungen.	72
4.1 Zulässige Leerlaufspannung unter erhöhter elektrischer Gefährdung	39	13.5 Andere Schriften	74
4.2 Zulässige Schweißstromquellen zum Lichtbogenschweißen unter erhöhter elektrischer Gefährdung	40		
4.3 Aufstellen von Schweißstromquellen zum Lichtbogenschweißen unter erhöhter elektrischer Gefährdung	41		
5 Erste Hilfe beim elektrischen Schweißunfall	42		

Quelle: www.arbeitssicherheit.de - Kooperation des HVBG mit dem Carl Heymanns Verlag © 2005
Unberechtigte Vervielfältigung verboten.

Vorwort



Lichtbogenschweißeinrichtungen sind aus unserer Arbeitswelt nicht mehr wegzudenken. In fast allen Gewerbezweigen wird lichtbogengeschweißt. Schweißer tragen eine große Verantwortung. Jede Schweißnaht muss sorgfältig ausgeführt sein. Eine einzige Nachlässigkeit kann zu erheblichen Schäden führen.

Der erfahrene Schweißer weiß sehr wohl, dass von seiner Arbeit Leben und Gesundheit vieler Menschen abhängen. An eines aber denkt er oft nicht: Dass er bei seiner Arbeit auch für seine eigene Sicherheit zu sorgen hat. Immer wieder zeigen Unfälle, dass Gefahren unterschätzt oder – schlimmer noch – dass sie gar nicht erkannt worden sind. Beim Lichtbogenschweißen können vielfältige Gefahren auftreten:

- elektrischer Strom,
- Lichtbogenstrahlung,
- Verbrennungen,
- Schadstoffe,
- Brände und Explosionen,
- Gase,
- Lärm
und
- mechanische Gefahren.

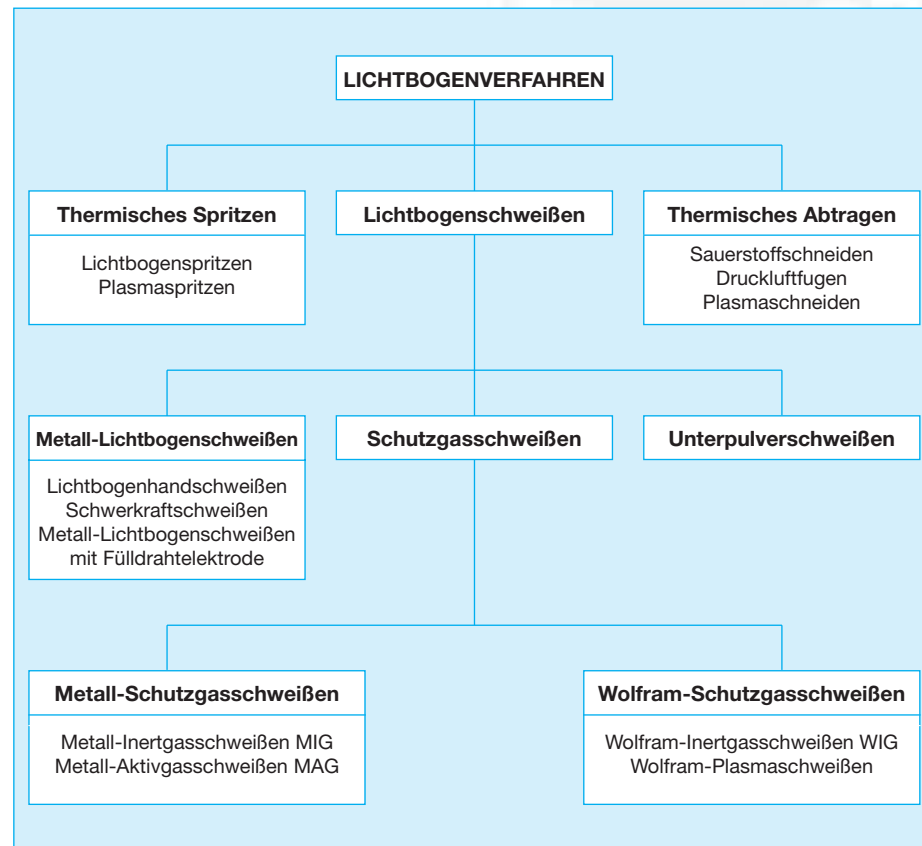
Diese BG-Information soll dazu beitragen, diese Gefahren und ihre erforderlichen Schutzmaßnahmen kennen und verstehen zu lernen. Denn nur wer die Gefahren kennt und weiß, wie man sich gegen sie schützen kann, ist in der Lage, das Lichtbogenschweißen ohne Risiko und sicher anzuwenden.

1 Lichtbogenschweißen und verwandte Verfahren

Lichtbogen-Schweißverfahren (Bild 1-1) und verwandte Verfahren verwenden einen Lichtbogen zur Bearbeitung von Metallteilen. Es handelt sich dabei um Lichtbogen-Schweiß-, -Schneid- und

-Spritzverfahren. Für alle diese Verfahren sind die hier behandelten Gefahren typisch. Infolge dessen erfordern diese Verfahren auch gleichartige Schutzmaßnahmen.

Bild 1-1: Die wichtigsten Lichtbogenverfahren



2 Gefahren durch elektrischen Strom

Beim Lichtbogenschweißen steht der elektrische Strom als Gefahr an erster Stelle. Das leuchtet vielleicht nicht sofort ein, denn jeder hat mit elektrischen Geräten sowohl zu Hause als auch am Arbeitsplatz zu tun, ohne dass ständig die Gefahr des elektrischen Stromes betont wird. Hier besteht jedoch ein wichtiger Unterschied.

Bei Elektrowerkzeugen dient elektrischer Strom dazu, mit Motoren mechanische Bewegungen oder mit Heizelementen Wärme zu erzeugen. Alle unter elektrischer Spannung stehenden Teile sind gegen Berühren geschützt und es besteht, solange das Gerät ohne Fehler ist, keine Möglichkeit, unter Spannung stehende Teile zu berühren.

Beim Lichtbogenschweißen dagegen kann die Schweißspannung leicht zur Berührungsspannung werden, wenn z. B. Elektrode und Werkstück gleichzeitig berührt werden, denn hierbei wird der Strom im Lichtbogen unmittelbar als „Werkzeug“ benutzt.

Im Schweißstromkreis bestehen deshalb für einige unter Spannung stehende Teile Ausnahmen von der Grundforderung des Berührungsschutzes, z. B. für

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

Der elektrische Unfall hat die Besonderheit, dass er sofort zum Tode führt, irreversible Schädigungen verursacht oder – wie beim elektrischen Schlag – bleibende Folgen nicht hinterlässt und deshalb oft gar nicht als Unfall angesehen wird. Schon leichte elektrische Schläge sind deshalb wichtige Hinweise. Im Wissen um die Gefahr des elektrischen Stromes sollten solche Hinweise immer ernst genommen werden und dazu führen, eine Situation, die zu einem elektrischen Schlag geführt hat, zu untersuchen und Missstände zu beseitigen. Oft hängt es nur von Zufällen ab, ob es zu einem tödlichen Unfall oder „nur“ zu einem elektrischen Schlag kommt.

2.1 Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen

Netzspannung von 230/400 Volt kann bekanntlich zu tödlichen Unfällen führen. Aber auch die fälschlich für ungefährlich gehaltene Schweißspannung führt immer wieder zu elektrischen Unfällen. Wie kann es dazu kommen?

Die Steuerung der menschlichen Lebensfunktionen erfolgt durch körpereigene kleinste elektrische Ströme. Diese Vorgänge können durch von außen dem Körper zugeführte Ströme gestört werden. Das Herz hat ein eigenes Steuerungssystem und ist gegen elektrische Ströme von außen besonders empfindlich.

Bei genügend großem Stromfluss verkrampft ein Muskel. Handelt es sich dabei um die Muskeln in einer Hand, so kann man einen erfassten Gegenstand nicht mehr loslassen. Ist der Brustkorb betroffen, so tritt Atemstillstand ein. Am Herzen kann Herzstillstand ausgelöst werden oder der geregelte Ablauf der einzelnen Herzmuskelbewegungen wird durcheinander gebracht, sodass eine ungeordnete Bewegung ohne Pumpwirkung entsteht – das Herzkammerflimmern.

Die Wirkung des elektrischen Stromes hängt ab

- von der Stromstärke,
- vom Weg des Stromes im Körper,
- von der Einwirkdauer und
- von der Frequenz.

Bei Wechselstrom verkrampfen Muskeln schon bei geringen Stromstärken ab etwa $10/1000 \text{ Ampere} = 0,01 \text{ A} = 10 \text{ mA}$.

2.1.1 Ermittlung der Stromstärke beim Stromfluss durch den Menschen

Ein Strom I kann nur fließen, wenn eine Spannung U ihn durch einen Widerstand R treibt.

Die Verknüpfung dieser drei Größen drückt das ohmsche Gesetz aus:

$$I = \frac{U}{R}$$

Der Strom fließt umso stärker durch den Widerstand, je größer die Spannung bei unverändertem Widerstand ist oder je kleiner der Widerstand bei unveränderter Spannung ist. Entscheidend für die Größe des Stromes sind also **Spannung** und die Größe des zu durchfließenden **Widerstandes**. Dieser Widerstand setzt sich aus der Summe aller Einzelwiderstände des Stromkreises zusammen. Das sind z. B. beim Lichtbogenhandschweißen folgende Widerstände:

- Schweißstromquelle,
- Schweißstromleitungen,
- Elektrodenhalter,
- Elektrode,
- Werkstück,
- Kleidung, z. B. Schuhe, Arbeitsanzug, Handschuhe,
- Mensch, z. B. Haut, Körper und
- Übergänge von einem Material zum anderen.

Der Widerstand der für die Fortleitung des Schweißstromes vorgesehenen Leiter ist gering. Für die Sicherheit des Schweißers sind deshalb zunächst nur

- der Widerstand der Kleidung und
- der Widerstand des Schweißers von Bedeutung. Ihr Isolationswert kann von „ausreichend hoch“ bis „lebensgefährlich niedrig“ schwanken.

Der **elektrische Widerstand von Bekleidungsstücken** ist sehr unterschiedlich. Unbeschädigtes trockenes Schuhwerk mit Gummisohlen hat einen Widerstand von etwa 10 000 Ohm und ist eine ausreichende Isolation gegen eine leitfähige Stand-

fläche. Nasse oder durchgeschwitzte Kleidung dagegen ist elektrisch leitfähig und hat fast keinen Widerstand. Eine auch unter schwierigen Verhältnissen sicher isolierende Arbeitskleidung mit brauchbaren Trageeigenschaften gibt es nicht!

Der elektrische

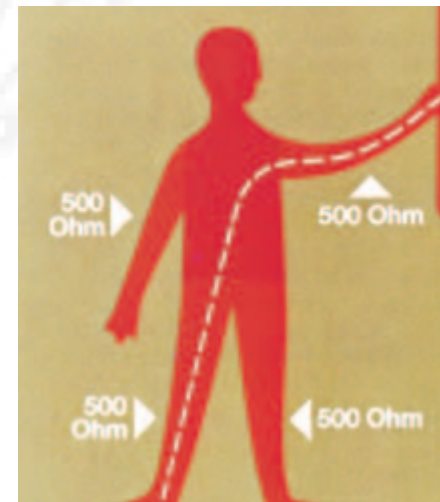
Widerstand des Menschen hängt

- vom Stromweg,
- vom Zustand der Haut, z. B. trocken oder feucht, unverletzt oder verletzt,
- von der Größe der Spannung und
- von der Frequenz

ab und setzt sich aus Körperinnenwiderstand und Hautwiderstand zusammen.

Der Körperwiderstand beträgt ca. 1000 Ohm. Der Innenwiderstand je Arm oder Bein beträgt ca. 500 Ohm (Bild 2-1).

Bild 2-1: Körperinnenwiderstand des Menschen



Damit ergibt sich überschlägig

- bei Längsdurchströmung (Bild 2-2)
Hand – Fuß ca. 1000 Ohm
Hand – Füße ca. 750 Ohm
Hände – Füße ca. 500 Ohm
- bei Querdurchströmung (Bild 2-3)
Hand – Hand ca. 1000 Ohm
- bei Teildurchströmung
Hand – Rumpf ca. 500 Ohm
Hände – Rumpf ca. 250 Ohm.

Mit diesen Werten und mit der Berührungsspannung, die in der Mehrzahl der Fälle bekannt ist, kann die Stromstärke abgeschätzt werden, z. B.

- für den Stromweg Hand – Hand mit einem Widerstand von 1000 Ohm ergibt sich bei einer Berührungsspannung von 80 Volt die Stromstärke:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{80}{1000} = 0,080 \text{ Ampere} = 80 \text{ mA}$$

Bild 2-2: Elektrische Längsdurchströmung

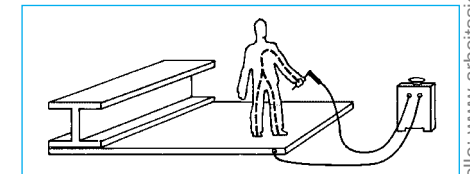
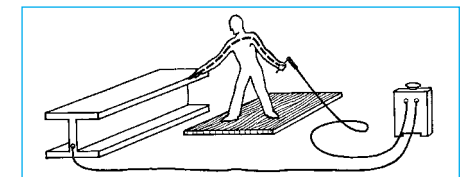


Bild 2-3: Elektrische Querdurchströmung



2.1.2 Physiologische Wirkungen des Stromflusses

Der Stromweg im menschlichen Körper hat durch seine Länge Einfluss auf den Widerstand und damit auf die fließende Stromstärke. Vom Weg des Stromes im menschlichen Körper hängt auch der Anteil des Stromes entscheidend ab, der durch die Atemmuskulatur oder das

Herz fließt. Die Größe dieses Stromanteiles und die Stromeinwirkungsdauer sind ausschlaggebend für die Reaktion von Atmung und Herzfunktion.

Zwischen der Größe des für den menschlichen Körper noch ungefährlichen Stromes und der Dauer seiner Einwirkung besteht eine Beziehung, die nicht geradlinig verläuft: Bei kurzen Einwirkzeiten

bleiben vergleichsweise größere Stromstärken ohne schädliche Auswirkung als bei längerer Einwirkdauer.

Schon bei Stromstärken unterhalb der Loslassgrenze können Schreckreaktionen zu Sekundärnfällen, beispielsweise durch Sturz oder Fall, führen (vergleiche Abschnitt 2.2). In diesem Stromstärkebereich wäre theoretisch eine beliebig lange Einwirkdauer noch ungefährlich. Bei Stromstärken oberhalb der Loslassgrenze stellt das Erreichen der Flimmerschwelle des Herzens den kritischen Wert dar. Es lassen sich Zeit-Stromstärke-Kurven erstellen, die auch die Schwelle für das Auftreten von Herzkammerflimmern angeben.

Die Zeit-Stromstärke-Abhängigkeit für das Herzkammerflimmern steht in engem Zusammenhang mit den Erregungsabläufen im Herzen. Herzkammerflimmern ist dann auslösbar, wenn der Strom in die Phase der Erregungsrückbildung fällt. In dieser Phase ist ein größerer Verband von Herzmuskeln in einem ungleich arbeitenden Erregungszustand. Bei Einwirkung eines genügend großen Stromes ist dann die Entstehung des Herzkammerflimmerns möglich (Bild 2-4).

Bei **Quer- und Teildurchströmungen** ist zu berücksichtigen, dass das Herz mehr oder weniger im Nebenschluss liegt. Man führt daher die Quer- oder Teildurchströmung mittels Stromwegfaktoren k_H nach Sam auf eine für das Herz wirkungsgleiche Längsdurchströmung zurück. Dabei ist die tatsächliche Stromstärke mit dem jeweils zugehörigen Faktor k_H zu multiplizieren (Bild 2-5).

Gleichstrom ist keinesfalls ungefährlich. Er wirkt aber bei gleicher Stromstärke weniger stark auf den Menschen als Wechselstrom. Das liegt daran, dass Muskelreizungen durch Stromänderungen hervorgerufen werden. Bei reinem Gleichstrom finden solche Stromänderungen nur beim Schließen und Öffnen des Stromkreises statt.

Der Gleichspannung aus Schweißstromquellen ist, je nach Art der Stromquelle, eine Wechselspannung überlagert. Bei einer Mischspannung üben Gleichspannung und Wechselspannung ihre Wirkung entsprechend ihrem Anteil aus.

Bild 2-4: Zeit-Stromstärke-Abhängigkeit der Auswirkungen von Wechselstrom im Frequenzbereich von 15 bis 100 Hz bei Körperdurchströmung nach IEC/CEI-Publikation 479: Längsdurchströmung

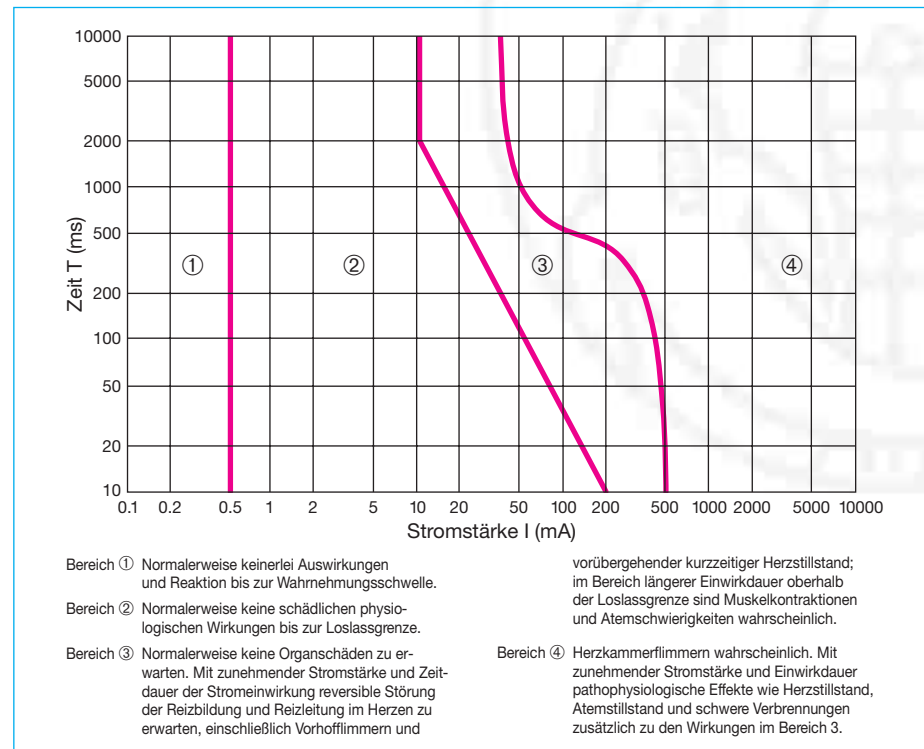


Bild 2-5: Stromwegfaktoren k_H nach Sam

Stromweg	Faktor k_H
linke Hand – linker Fuß	1,0
linke Hand – rechter Fuß	1,0
linke Hand – Füße	1,0
linke Hand – rechte Hand	0,4
rechte Hand – rechter Fuß	0,8
rechte Hand – linker Fuß	0,8
rechte Hand – Füße	0,8
Hände – linker Fuß	0,9
Hände – rechter Fuß	0,9
Hände – Füße	1,0
Rücken – linke Hand	0,7
Rücken – rechte Hand	0,3
Rücken – Hände	0,6
Brust – linke Hand	1,5
Brust – rechte Hand	1,3
Brust – Hände	1,1
Gesäß – linke Hand	0,8
Gesäß – rechte Hand	0,6
Gesäß – Hände	0,7
Hals – linke Hand	0,3
Hals – rechte Hand	0,2
Hals – Hände	0,1
linke Achselhöhle – Füße	1,0

2.2 Sekundärwirkungen des elektrischen Stromes

Eine elektrische Durchströmung kann dem Menschen auch indirekt schaden, wenn er beispielsweise durch einen elektrischen Schlag sein Gleichgewicht verliert und stürzt. Welche Folgen Sturzunfälle haben können, braucht hier nicht erörtert zu werden.

2.3 Vagabundierende Schweißströme

Nicht nur dem Menschen kann ein unbeabsichtigter Stromfluss schaden. Auch Bauteile und Leitungen, die für den Schweißstrom nicht vorgesehen sind,

können durch vagabundierende Schweißströme gefährdet werden.

Besonders gefährdet sind z. B. Schutzleiter, leitfähige Trag- und Anschlagmittel. Vagabundierende Schweißströme können z. B. 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 (Bild 2-6).

Solche Fehler können z. B. sein: fehlender Schweißstromrückleitungsanschluss am Werkstück, nicht isoliertes Ablegen von Stabelektrodenhaltern und Lichtbogenbrennern (Bilder 2-7, 2-8 und Bilder 2-9, 2-10 auf Seite 14).

Bild 2-6: Elektrowerkzeuge der Schutzklasse I (mit Schutzleiteranschluss) auf Schweißwerkstücken



Bild 2-7: Wenn irrtümlich am Werkstück II zu schweißen begonnen wird, ohne die Schweißstromrückleitung von Werkstück I auf Werkstück II umzuklemmen, fließt der gesamte Schweißstrom über die Schutzleiter der beiden Elektrowerkzeuge und kann die Schutzleiter durchschmelzen. Der Weg des vagabundierenden Schweißstromes ist punktiert

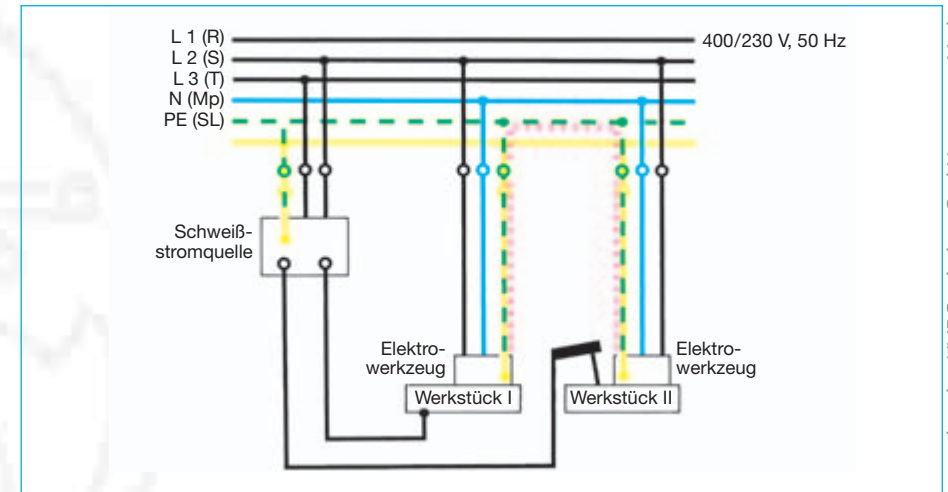


Bild 2-8:
Achtlos unzulässig abgelegter
Stabelektrodenhalter
mit noch eingespannter Elektrode
führte zur Fassexplosion



3 Schutz gegen elektrische Gefährdung des Lichtbogenschweißers

Bild 2-9: Wenn der Elektrodenhalter mit eingespannter Stabelektrode unzulässig nicht isoliert auf der Schweißstromquelle abgelegt wird, können durch den Schweißstrom die Schutzleiter von Elektrowerkzeug und Schweißstromquelle durchbrennen. Der Weg des vagabundierenden Schweißstromes ist punktiert

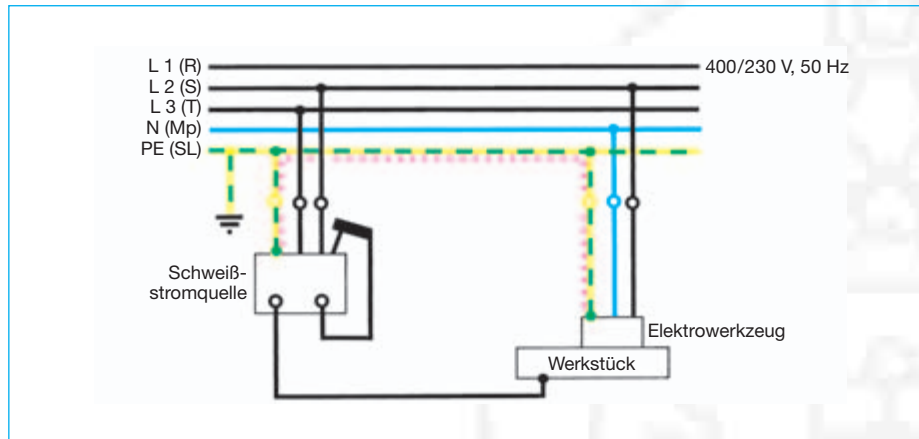
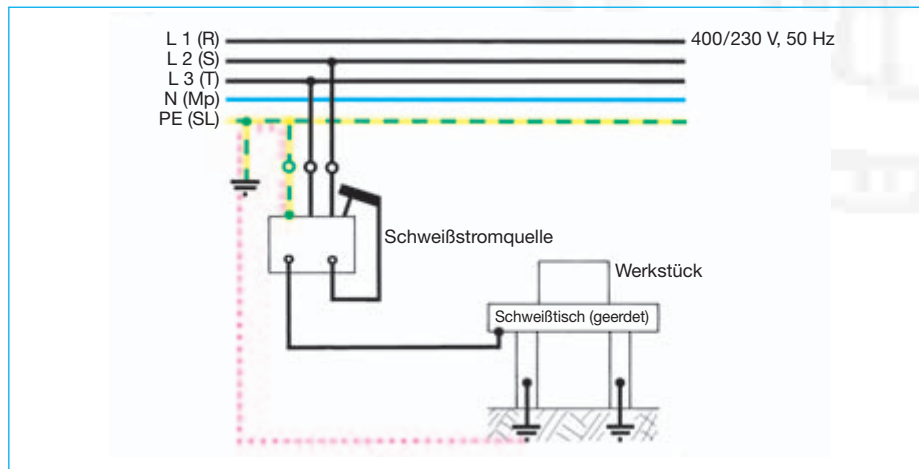


Bild 2-10: Beim nicht isolierten Ablegen des Stabelektrodenhalters auf die Schweißstromquelle kann deren Schutzleiter auch dann durchschmelzen, wenn das Werkstück oder der Schweißstisch auch ohne Elektrowerkzeug eine Erdverbindung besitzt. Der Weg des vagabundierenden Schweißstromes ist punktiert



Der Schutz gegen elektrische Gefährdung des Lichtbogenschweißers durch Schweißeinrichtungen für das Lichtbogenschweißen (Stromquellen, Leitungen, Brenner, Elektrodenhalter und sonstige Betriebsmittel) erstreckt sich auf deren

- Bau,
- Errichtung
- und
- Benutzung.

Der Schutz umfasst Maßnahmen gegen Gefährdungen durch

- Netzspannung
- und
- Schweißspannung.

Hersteller von Schweißeinrichtungen richten sich nach den Bauvorschriften; ihre Einhaltung muss der Betreiber in seiner Bestellung fordern.

Betreiber von Schweißeinrichtungen sind für deren

- betriebssicheren Zustand,
 - einwandfreie Errichtung
 - und
 - sichere Benutzung
- verantwortlich.

3.1 Netzspannungsseite

Obwohl der Lichtbogenschweißer mit dem Schweißstrom direkt umgeht, ist er dennoch keine Elektrofachkraft. Er hat auf der Netzseite der Schweißstromquelle nur die Aufgabe, Fehler an seine Vorgesetzten zu melden. Arbeiten in diesem Bereich sind für ihn unzulässig. Wie bei jedem anderen elektrischen Betriebsmittel ist hierfür allein die Elektrofachkraft zuständig (Bild 3-1 auf Seite 16)!

Der empfindlichste Teil der Netzseite ist die Zuleitung. Diese gilt es besonders gegen Beschädigungen zu schützen.

Wenn beim Verändern des Aufstellungs-ortes der Schweißstromquelle die Netzzuleitung beschädigt werden kann, muss sie zusätzlich 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 Leitungs-isolation zerstören. Hierzu reicht ein Weg von nur wenigen Zentimetern aus!

Natürlich müssen Leitungen auch während des Schweißens gegen Beschädigungen – besonders gegen Überfahren – geschützt werden (Bild 3-2 auf Seite 16).

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

Bild 3-1: Arbeiten an einer Schweißstromquelle nur durch Elektrofachkraft zulässig



Bild 3-2: Sicherung der Schweißleitungen gegen Beschädigung beim Überfahren



Da die Stromquelle für Reinigungs- und Wartungsarbeiten zu öffnen ist, sind solche Arbeiten eine Aufgabe der Elektrofachkraft. Selbstverständlich muss die Netzspannung vor dem Öffnen des Gehäuses der Stromquelle abgeschaltet werden.

Bei längeren Arbeitsunterbrechungen muss die Netzspannung abgeschaltet werden, um Gefährdungen durch die Leerlaufspannung während dieser Zeit von vornherein unmöglich zu machen. Längere Arbeitsunterbrechungen sind z. B. auch Essenspausen, Schichtwechsel.

Ein sehr guter Schutz gegen Gefährdung durch die Netzspannung sind Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCDs) mit max. 30 mA Auslösestrom (Bild 3-3). Sie machen durch ihr Auslösen rechtzeitig auf Fehler aufmerksam. Geeignete Bauarten arbeiten auch bei rauem Betrieb zuverlässig.

Bild 3-3: 30 mA Fehlerstromschutz-einrichtung – RCD (englisch: residual current protective devices)



3.2 Schweißspannungsseite

Im Schweißstromkreis dürfen nur einwandfreie Schweißleitungen und Betriebsmittel benutzt werden. 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, läuft die Stromquelle leer und die Spannung steigt stark an. Die hohe Leerlaufspannung wird benötigt, um den Lichtbogen zünden zu können.

Der Netzstrom ist zur direkten Verwendung zum Lichtbogenschweißen nicht geeignet. Seine Spannung ist zu hoch. 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 computer-gesteuerten Typ in Inverterbauweise.

3.2.1 Leerlaufspannung

Als Leerlaufspannung gilt die Spannung zwischen den Anschlussstellen der Schweißleitungen zur Schweißstelle, wenn der Schweißstromkreis offen ist und eventuell vorhandene Lichtbogen-Zündeinrichtungen und -Stabilisierungseinrichtungen abgeschaltet sind.

Wenn Schweißstromquellen und Zusatzgeräte oder mehrere Schweißstromquellen zusammengeschaltet sind, gilt die resultierende Spannung als Leerlaufspannung. Sie darf bei keiner Einstellung und Schaltung von Stromquellen und Zusatzgeräten die in Bild 3-4 festgelegten Höchstwerte überschreiten.

Diese Festlegung stellt klar, dass es um eine Begrenzung derjenigen Spannung geht, mit der der Schweißer beim Schweißen in Berührung kommen kann. Deshalb darf z. B. bei Anlagen mit mehreren zusammengeschalteten Stromquellen weder die Leerlaufspannung der einzelnen Stromquelle noch die resultierende Leerlaufspannung die zulässigen Höchstwerte überschreiten.

Die zulässigen Höchstwerte der Leerlaufspannung sind für verschiedene Einsatzbedingungen so festgelegt, dass sie alle Schweißaufgaben ermöglichen, aber unnötig große Gefährdungen vermeiden.

Das Einhalten der Grenzwerte allein bietet jedoch keine Sicherheit, denn bei entsprechend niedrigen Widerständen im Stromweg reicht jeder dieser Spannungswerte aus, den Stromtod zu bewirken.

Die Höchstwerte sind als Scheitelwert und für Wechselstrom zusätzlich als Effektivwert festgelegt. Es darf keiner der beiden Grenzwerte überschritten werden.

Das Verhältnis der festgelegten Scheitel- und Effektivwerte entspricht sinusförmiger Spannung. Diese Festlegung wird auch Gefahren gerecht, die durch Spannungsformen auftreten können, die von der Sinusform abweichen. Bei einer Rechteckspannung z. B. sind der Effektiv- und der Scheitelwert gleich groß.

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

- für Wechselspannung nur als Effektivwert und
- für Gleichspannung als arithmetischer Mittelwert (wie technisch gewohnt) anstelle des elektrophysiologisch wichtigen Scheitelwerts.

Im Folgenden werden für die verschiedenen Einsatzbedingungen die zulässigen Höchstwerte der Leerlaufspannung und die Bedingungen für ihre Anwendung angegeben.

Einsatzbedingung 1:

Erhöhte elektrische Gefährdung

Siehe Abschnitt 4.1.

Einsatzbedingung 2:

Ohne erhöhte elektrische Gefährdung

Gleich- und Wechselspannung dürfen 113 V Scheitelwert und Wechselspannung zusätzlich 80 V Effektivwert nicht überschreiten.

Einsatzbedingung 3:

Begrenzter Betrieb ohne erhöhte elektrische Gefährdung

Bei Schweißstromquellen für begrenzten Betrieb nach DIN EN 60974-6 ist die Leistung begrenzt durch die Einschalt-dauer (Temperaturwächter) und die Schweißstromstärke (bis 160 A).

Hierfür gelten abweichend von Einsatzbedingung 2 für Wechselspannung niedrigere Höchstwerte: 78 V Scheitelwert und 55 V Effektivwert.

Mit diesen Schweißstromquellen können umhüllte Stabelektroden verschweißt werden.

Einsatzbedingung 4:

Lichtbogenbrenner maschinell geführt

Gleich- und Wechselspannung dürfen 141 V Scheitelwert und Wechselspannung zusätzlich 100 V Effektivwert nicht überschreiten.

Bild 3-4: Zulässige Höchstwerte der Leerlaufspannung

Nr.	Einsatzbedingung	Leerlaufspannung		
		Spannungsart	Höchstwerte in Volt	
			Scheitelwert	Effektivwert
1	Erhöhte elektrische Gefährdung	Gleich Wechsel	113 68	48
2	Ohne erhöhte elektrische Gefährdung	Gleich Wechsel	113 113	80
3	Begrenzter Betrieb ohne erhöhte elektrische Gefährdung	Gleich Wechsel	113 78	55
4	Lichtbogenbrenner maschinell geführt	Gleich Wechsel	141 141	100
5	Plasmaschneiden	Gleich	500	–
6	Unter Wasser mit Personen im Wasser	Gleich Wechsel	65	unzulässig

Diese Werte dürfen nur angewendet werden, 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 und
3. der Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile muss
 - mindestens der Schutzart IP2X entsprechen oder
 - durch eine Gefahrenminderungseinrichtung sichergestellt sein.

Einsatzbedingung 5: Plasmaschneiden

Es darf nur Gleichspannung mit einem Scheitelwert von maximal 500 V verwendet werden.

Da beim Plasmaschneiden auch die Arbeitsspannung meist über den Werten nach Nr. 1, 2 oder 4 der Tabelle in Bild 3-4 auf Seite 18 liegt, sind Leerlaufspannungsminderungseinrichtungen nicht anwendbar.

Die Leerlaufgleichspannung darf 113 V Scheitelwert nur überschreiten, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Plasmaschneidstromquelle und Plasmaschneidbrenner bilden sicherheitstechnisch eine Einheit, die eine hohe Leerlaufspannung am Ausgang verhindert, wenn der Plasmaschneidbrenner zerlegt oder von der Stromquelle getrennt wird.

2. Die Leerlaufspannung beträgt, spätestens 2 s, nachdem der Steuerstromkreis (z. B. Startschalter) geöffnet ist, weniger als 68 V Scheitelwert.
3. Die Spannung zwischen Plasmadüse und Werkstück und/oder Erde beträgt bis 68 V Scheitelwert, wenn der Lichtbogenstrom unterbrochen ist, d. h. Pilot- und Hauptlichtbogen erloschen sind.

Wie diese Bedingungen erfüllt werden, ist in der Betriebsanleitung angegeben.

Derartige Plasmaschneidstromquellen dürfen mit dem Symbol  gekennzeichnet sein.

Der Anschluss des Schlauchpaketes für den Plasmaschneidbrenner kann z. B. in der Plasmaschneidstromquelle durch Schraub- oder Steckverbindungen erfolgen oder an der Plasmaschneidstromquelle durch eine Steckvorrichtung. Diese muss entweder durch ein Werkzeug, d. h. beabsichtigt, zu betätigen oder so gebaut sein, dass ein Anschluss unpassender Brenner sicher vermieden ist.

Wenn die Steckverbindung getrennt ist, darf keine Spannung vorhanden sein, welche die Werte der Schutzkleinspannung übersteigt.

In den Betriebsanleitungen für die Plasmaschneidstromquelle und für den Plasmaschneidbrenner muss angegeben sein, welcher Plasmaschneidbrenner bzw. welche Plasmaschneidstromquelle zusammen eine sicherheitstechnische Einheit bilden.

Plasmadüsen, die aus technischen Gründen gegen direktes Berühren nicht geschützt werden können, werden beim Ein-Fehler-Fall als ausreichend geschützt angesehen, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Bei nicht brennendem Lichtbogen überschreitet die Spannung zwischen Plasmadüse und Werkstück und/oder Erde unter keinen Umständen die Werte für die Schutzkleinspannung.
2. Bei brennendem Lichtbogen überschreitet die Gleichspannung zwischen Plasmadüse und Werkstück und/oder Erde unter keinen Umständen 113 V Scheitelwert.

Die Anforderungen nach Ziffer 1 und 2 dürfen mit einer Leerlaufspannungsminderungseinrichtung erfüllt werden.

Ein Ein-Fehler-Fall ist z. B. ein „unüblicher“ Zustand durch Kontakt der Elektrode mit der Plasmadüse durch

- fehlende Isolatoren,
- Kleben der Plasmadüse an der Elektrode,
- leitfähiges Material zwischen Plasmadüse und Elektrode,
- falsche, lose oder falsch eingebaute Teile,
- Elektrodenabnutzung,
- falsche Belastung oder
- falschen Gasfluss.

Einsatzbedingung 6:

Unter Wasser mit Personen im Wasser

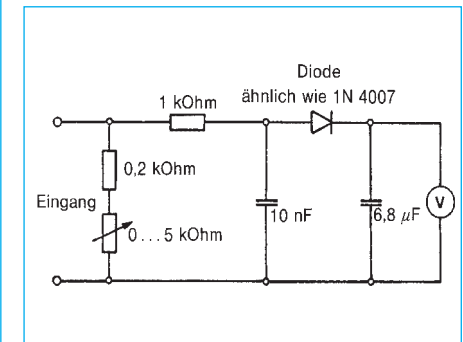
Es darf nur Gleichspannung bis 65 V Scheitelwert verwendet werden.

Näheres zum Unterwasserschneiden und -schweißen siehe BG-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln“ (BGR 500), Teil 2, Kapitel 2.26.

Messung der Leerlaufspannung

Scheitelwerte werden mit folgender Messschaltung reproduzierbar und ohne Beeinflussung durch ungefährliche Spitzenspannungen gemessen (Bild 3-5).

Bild 3-5: Messschaltung für Scheitelwerte



Die zulässige Toleranz der Bauteile der Schaltung beträgt $\pm 5\%$.

Das Voltmeter hat einen Innenwiderstand von mindestens 1 M-Ohm und misst Spannungsmittelwerte mit einer Messgenauigkeit von $\pm 1\%$ des Messbereiches.

Um den höchsten Scheitelwert – gemessen bei der Last von 0,2 bis 5,2 k-Ohm – zu erhalten, ist während der Messung das Potentiometer von 0 bis 5 k-Ohm zu verstellen.

Die Messung ist mit umgekehrter Polung zu wiederholen. Es gilt der höhere Messwert.

Effektivwerte werden gemessen bei einer Last von $5 \pm 0,25$ k-Ohm im äußeren Schweißstromkreis mit einem Gerät der Genauigkeitsklasse I zum Messen echter Effektivwerte.

3.2.2 Lichtbogenschweißen mit mehreren Stromquellen

Schweißen mehrere Schweißer mit mehreren Stromquellen an einem Werkstück oder an mehreren leitfähig miteinander verbundenen Werkstücken, so können unzulässig hohe Berührungsspannungen auftreten.

Rückspannung am gezogenen Netzstecker einer Stromquelle

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

Schutzmaßnahmen zum Netzanschluss der Stromquelle:

1. Beschäftigte auf Gefahr hinweisen.
2. Netzanschluss herstellen.
3. Schweißstromrückleitung am Werkstück anschließen.
4. Stabelektrodenhalter bzw. Schweißbrenner isoliert ablegen.
5. Stromquelle einschalten.

Schutzmaßnahmen zum Trennen der Stromquelle vom Netz:

1. Beschäftigte auf die Gefahr hinweisen.
2. Stabelektrodenhalter bzw. Schweißbrenner isoliert ablegen.
3. Stromquelle abschalten.
4. Schweißstromrückleitung vom Werkstück trennen.
5. Netzstecker ziehen.

Summenspannung zwischen zwei Stabelektrodenhaltern bzw. Schweißbrennern

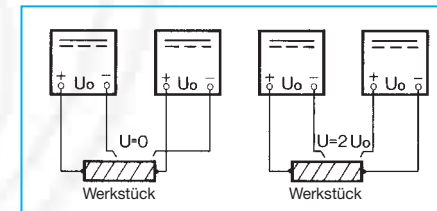
Bei Reihenschaltung summiert sich die Leerlaufspannung der Stromquellen. Dadurch kann zwischen zwei Stabelektrodenhaltern oder Lichtbogenbrennern eine Spannung bis zur doppelten Leerlaufspannung auftreten. Da dieser Fall nicht ohne weiteres zu erkennen ist, darf ein Schweißer nicht gleichzeitig zwei Stabelektrodenhalter oder Schweißbrenner anfassen.

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

Gleichstrom

Der Netzanschluss ist ohne Einfluss auf die Summe der Schweißspannungen. Wenn gleichzeitig mit verschiedener Polung geschweißt wird, summiert sich die Leerlaufspannung der beiden Schweißstromquellen bis zur doppelten zulässigen Leerlaufspannung (Bild 3-6).

Bild 3-6: Einfluss der Polung von Gleichstromquellen auf die Summenspannung. Die zum Schweißen gewählte Polung ist schweißtechnisch bedingt



Schutzmaßnahmen:

1. Beschäftigte auf Gefahr hinweisen.
2. Schweißer möglichst so weit auseinander arbeiten lassen, dass nicht zwei Stabelektrodenhalter bzw. Lichtbogenbrenner gleichzeitig berührt werden können.
3. Falls 2. nicht möglich, bei ständigen Arbeitsplätzen Trennung der Schweißer durch isolierende Wände (auch transportabel).

Wechselstrom

Der Netzanschluss hat Einfluss auf die Summe der Schweißspannungen.

Zum Ausgleich der Belastung der einzelnen Phasen erfolgt der Netzanschluss häufig an verschiedene Phasen (Bilder 3-7 und 3-8 auf Seite 24).

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

Die Summenspannung kann bis zur Höhe der doppelten zulässigen Leerlaufspannung betragen. Zu hohe Wechselspannungen können vermieden werden.

Schutzmaßnahmen:

1. Beschäftigte auf Gefahr hinweisen.
2. Vor Schweißbeginn Spannung zwischen Stabelektrodenhaltern bzw. Lichtbogenbrennern messen:
 - a) Die Summenspannung U überschreitet nicht den Höchstwert der zulässigen Leerlaufspannung: Es kann 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 zulässigen Leerlaufspannung nicht mehr überschreitet. Dann darf geschweißt werden.

Bild 3-7: Einfluss der Sekundärpolung von Wechselstromquellen mit Netzanschluss an **gleichen** Phasen auf die Summenspannung

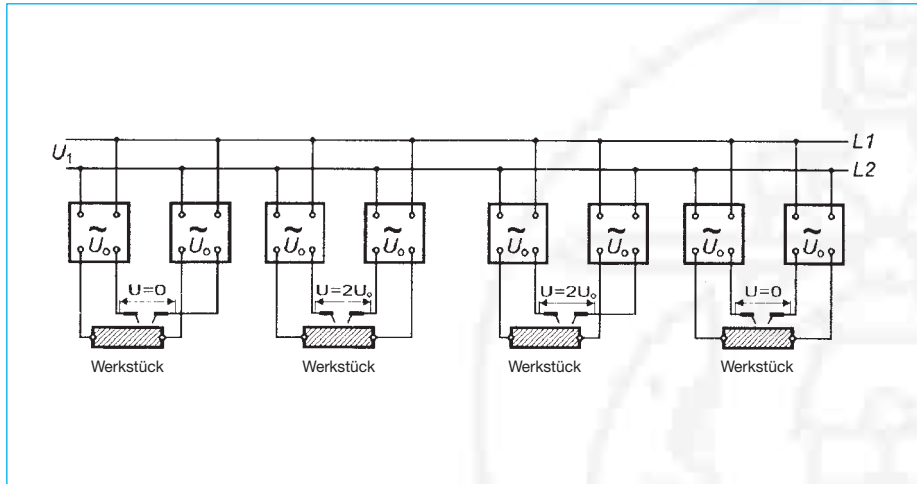
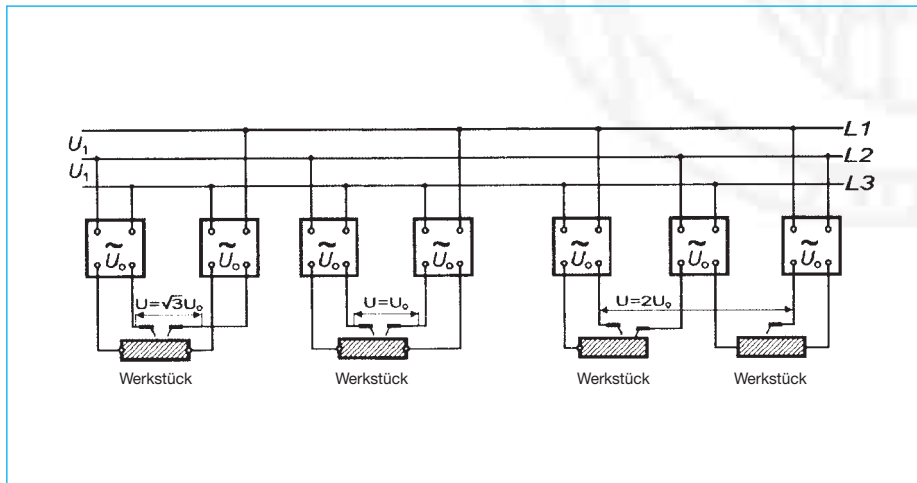


Bild 3-8: Einfluss der Sekundärpolung von Wechselstromquellen mit Netzanschluss an **verschiedenen** Phasen auf die Summenspannung



3.2.3 Zusammenschalten von Schweißstromquellen

Wenn Schweißstromquellen zusammengeschaltet werden sollen, muss durch eine befähigte Person geprüft werden, ob diese für ein Zusammenschalten geeignet sind und dass die zulässige Leerlaufspannung nicht überschritten wird.

Die einzelnen Schweißstromquellen müssen auf die gleiche Stromstärke eingestellt werden, damit keine Stromquelle überlastet wird. Reihenschaltung von Schweißstromquellen ist unzulässig, weil sich dann die Leerlaufspannungen addieren und der zulässige Höchstwert überschritten wird.

Um irrümliche Reihenschaltung oder Kurzschluss zu erkennen, muss vor Inbetriebnahme die Leerlaufspannung kontrolliert werden.

Befähigte Personen können z. B. sein:

- Elektrofachkraft mit zusätzlichen Kenntnissen über das Entstehen und die Auswirkung von vagabundierenden Schweißströmen sowie über unbeabsichtigtes Zusammenschalten von Schweißstromquellen, wenn beispielsweise mit mehreren Schweißstromquellen an einem Werkstück oder an leitfähig verbundenen Werkstücken gearbeitet wird.
- Schweißfachingenieur, Schweißtechniker, Schweißfachmann oder Lehrschweißer mit zusätzlichen elektrotechnischen Kenntnissen.

3.3 Schweißstromquelle

Schutz gegen direktes Berühren

Je nach dem Einsatz müssen Schweißstromquellen in trockenen Bereichen mindestens der Schutzart IP 21 und ungeschützt im Freien mindestens der Schutzart IP 23 entsprechen. Für wechselnden Einsatz empfiehlt sich von vornherein die höhere Schutzart.

Schutz bei indirektem Berühren

Die Schutzklasse I (mit Schutzleiter) und Schutzklasse II (Schutzisolierung ohne Schutzleiter) sind für Schweißstromquellen geeignet. Soweit bereits lieferbar, empfiehlt sich die Schutzklasse II, da die Netzzuleitung keinen Schutzleiter enthält, der durch vagabundierende Schweißströme zerstört werden könnte.

Wenn Werkstückaufnahmen oder Werkstücke zwangsweise geerdet sind (Maschinen und Einrichtungen der Schutzklasse I [mit Schutzleiteranschluss], Stahlbau, Schiffbau), können vagabundierende Schweißströme leichter auftreten.

Zum ordnungsgemäßen Umgang mit dem Schweißstromkreis gehört es, die Schweißstromquelle erst einzuschalten, nachdem alle Anschlüsse im Schweißstromkreis hergestellt sind und die Schweißstromquelle abzuschalten, bevor Anschlüsse im Schweißstromkreis getrennt werden. Dadurch wird vermieden, dass unbeabsichtigt ein Lichtbogen entstehen kann.

Im Gefahrfall muss es möglich sein, den Stabelektrodenhalter oder Lichtbogenbrenner 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.

Schweißstromrückleitung

Die Schweißstromrückleitung muss direkt und übersichtlich geführt sein und gut leitend am Werkstück oder an der Werkstückaufnahme angeschlossen werden. Stahlkonstruktionen, Gleise, Rohrleitungen, Stangen u. Ä. dürfen nicht zur Rückleitung des Schweißstromes verwendet werden (Bild 3-9).

Das vorsätzliche Verbinden von mehreren Schweißtischen oder Werkzeugaufnahmen mit der Absicht, nach Anschluss der Schweißstromrückleitung an jeder Stelle schweißen zu können, ist unzulässig, denn es wird dadurch die Gefahr vagabundierender Schweißströme unnötigerweise vergrößert.

Wenn die Notwendigkeit besteht, mit einer Schweißstromquelle an verschiedenen Schweißtischen oder Werkstückaufnahmen zu schweißen, dann empfiehlt es sich, für den Anschluss der Schweißstromrückleitung Steckverbindungen vorzusehen.

- 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.

Wegen ihrer leichten Versetzbarkeit sind Haftmagnete gut als zusätzlicher Stromanschluss geeignet, um bei Gleichstrom die Blaswirkung auf den Lichtbogen zu mildern. Übergehängte Haken sind kein gut leitender Anschluss und deshalb ungeeignet.

Vor Beginn des Schweißens muss sich der Schweißer vom einwandfreien Anschluss der Schweißstromrückleitung überzeugen.

Dies ist besonders wichtig, wenn der Stromverlauf bei großen Schweißrosten oder Werkstücken unübersichtlich ist.

Häufig sind Schweißvorrichtungen über ihre Antriebsmotoren mit dem Schutzleiter verbunden (Schutzklasse I). Bei unsachgemäßem Anschluss der Schweißstromrückleitung kann Schweißstrom über den Schutzleiter fließen und ihn zerstören. Heimtückisch ist ein solcher Fehler dadurch, dass er zunächst nicht bemerkt wird. Bei nachfolgendem Auftreten eines weiteren Fehlers, z. B. eines

Bild 3-9: Richtig am Waggon angeschlossene Schweißstromrückleitung vermeidet Schäden am Radlager durch vagabundierende Schweißströme

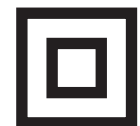


Isolationsfehlers auf der Netzspannungsseite, können dann ernsthafte Unfälle geschehen. Deshalb ist anzustreben, soweit wie möglich die Antriebsmotoren an Vorrichtungen und Absaugtischen isoliert anzubauen oder die Schutzmaßnahme „Schutztrennung“ zu verwenden, um den Schutzleiter völlig getrennt vom Schweißstromkreis halten zu können.

Wird gleichzeitig an Werkstücken elektrisch geschweißt und mit Elektrowerkzeugen gearbeitet, so werden schutz-

isolierte Werkzeuge (Schutzklasse II, ohne Schutzleiter) empfohlen (Bild 3-10).

Bild 3-10: Symbol für die Kennzeichnung von schutzisoliertem Elektrowerkzeug



Selbstverständlich müssen Stabelektrodenhalter immer isoliert abgelegt werden. Eine sinnvolle und einfache Maßnahme dieses Ziel zu erreichen besteht schon darin, den Elektrodenhalter erst nach Entfernen des Elektrodenrestes abzulegen (Bild 3-11). Die Isolierstücke (Halbschalen) der Stabelektrodenhalter müssen deshalb bei Beschädigung sofort ausgetauscht werden.

Lichtbogenzündversuche an nicht dafür vorgesehenen Teilen sind unzulässig, denn sie können vagabundierende Schweißströme hervorrufen und z. B. Schutzleiter zerstören oder Druckgasflaschen unbrauchbar machen, wenn

deren Wandungen durch die Zündstelle in ihrer Festigkeit herabgesetzt werden.

Müssen ausnahmsweise Werkstücke am Kran hängend geschweißt werden, so 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 (Bild 3-12).

Unfälle mit Personenaufnahmemitteln haben gezeigt, dass durch vagabundierende Schweißströme die dünnen Stahlseile sehr schnell durchbrennen können, sodass die Personenaufnahmemittel abstürzen.

Bild 3-11: Ohne Elektrodenrest isoliert abgelegter Stabelektrodenhalter



Bild 3-12: Durch trockenes Seil gegen den Kranhaken isoliertes Schweißstück



Deshalb muss beim Schweißen von Personenaufnahmemitteln aus

- der Arbeitskorb isoliert aufgehängt sein (Bild 3-13) oder
- eine elektrisch leitende Verbindung mit ausreichendem Querschnitt zwischen der Anschlussstelle für die Schweißstromrückleitung an der Schweißstromquelle und dem Arbeitskorb hergestellt werden.

Standsicherheit

Bestimmungsgemäß, z. B. mit Gasflasche und Drahtvorschubgerät, ausgerüstete Schweißstromquellen müssen so standsicher sein, dass sie in ungünstigster Stellung auf einer um 10° geneigten Fläche nicht umstürzen.

Bild 3-13: Isolierwirbel



Zulässige Leerlaufspannung

siehe Abschnitt 3.2.1.

Kennzeichnung

siehe Einsatzbereiche in Abschnitt 3.2.1. Die zusätzliche Kennzeichnung mit einem Typenschild nach Art der Schweißstromquelle ist in den einschlägigen Normen festgelegt.

Betriebsanleitung, Betriebsanweisung

Jede Schweißstromquelle muss mit einer Betriebsanleitung ausgeliefert werden. Darin sind wichtige Hinweise für sicheres und einwandfreies Arbeiten enthalten.

Für stationäre Anlagen und Arbeiten mit besonderen Gefahren muss zusätzlich eine schriftliche Betriebsanweisung aufgestellt werden.

3.4 Schweißleitungsanschlüsse

Schweißleitungsanschlüsse und -verbinder müssen lösbar sein 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.

3.5 Schweißstromkreis

Die Anforderungen an den Schweißstromkreis beugen Zerstörungen durch vagabundierende Schweißströme vor. Schweißleitungen, einschließlich Schweißstromrückleitungen, müssen isoliert sein und einen ausreichenden Querschnitt besitzen.

Der Schweißstromkreis darf nicht geerdet werden.

3.6 Drahtvorschubgeräte

Um neben der Schweißspannung zusätzliche Gefahren zu vermeiden, dürfen die Antriebe von Drahtvorschubgeräten nur mit Schutzkleinspannung oder mit Schweißspannung bis 113 V Scheitelwert betrieben werden.

Wenn der Scheitelwert der Leerlaufspannung 75 V und zusätzlich bei Wechselspannung 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 Lichtbogenbrenner (Einsatzbedingung 4), bei denen die Leerlaufspannung selbsttätig abgeschaltet wird, ist kein Berührungsschutz erforderlich.

Drahtelektroden müssen spannungsfrei gewechselt werden.

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

3.7 Fernsteuerung

Steuerstromkreise, die mit dem Schweißstromkreis elektrisch nicht verbunden sind, müssen die entsprechenden Anforderungen von DIN EN 60204-1 erfüllen.

Wenn ein Steuerstromkreis mit dem Schweißstromkreis verbunden ist, muss seine Energieversorgung durch einen Trenntransformator oder gleichwertige Maßnahmen erfolgen.

Dabei ist zu beachten, dass eine Steuerwechselspannung

- bei Wechselspannung phasengleich oder
- bei Gleichstrom polentsprechend

angeschlossen ist, damit die Spannung zwischen jeder äußeren Steuerleitung und/oder dem Schweißausgang keine zulässige Leerlaufspannung überschreitet.

3.8 Instandhaltung

Einrichtungen für Lichtbogenverfahren dürfen nur von befähigten Personen mit geeigneten Ersatzteilen instand gesetzt werden.

Wird an einer Schweißleitung ein Isolationsschaden entdeckt, so muss der Schweißer sofort für den Ersatz durch eine einwandfreie Leitung sorgen.

Das Instandsetzen von Schweißleitungen ist nur zulässig, wenn die ursprünglichen Isolationseigenschaften wieder hergestellt werden. Isolierband ist für diesen Zweck ungeeignet. Das macht schon allein ein Vergleich der Dicke der Leitungsisolierung von mehreren Millimetern mit der Dicke eines Isolierbandes von wenigen hundertstel Millimetern deutlich.

Beschädigte Isolierstoffe von Stabelektrodenhaltern und Lichtbogenbrennern müssen sofort durch einwandfreie Teile ersetzt werden. Arbeiten am Stabelektrodenhalter oder Lichtbogenbrenner sind nur im spannungsfreien Zustand zulässig.

Für den Austausch von Verschleißteilen, z. B. an Stabelektrodenhaltern oder Lichtbogenbrennern, kann – nach besonderer Unterweisung – auch der Schweißer selbst befähigt sein. Hierfür müssen geeignete Ersatzteile zur Verfügung stehen. Deshalb müssen Isolierstoffteile, die erfahrungsgemäß häufig beschädigt werden oder schnell verschlissen sind, als Ersatzteile vorrätig sein, um dieser Forderung nachkommen zu können.

Spätestens bei der Ersatzteilbeschaffung wird es sich zeigen, dass es sinnvoll ist, schon beim Einkauf nicht nur den Kaufpreis, sondern auch die Qualität, die Halt-

barkeit der Verschleißteile, die Reparaturhäufigkeit und die Reparaturkosten zu berücksichtigen. Durch überlegte Modellauswahl ist es auch möglich, die Zahl der erforderlichen Ersatzteile in Grenzen zu halten.

3.9 Prüffristen

Bei der Bemessung der Prüffristen für nicht ortsfeste Einrichtungen der Lichtbogentechnik ist zu berücksichtigen, dass

- Schweißleitungen, Schlauchpakete, Steckvorrichtungen, Stabelektrodenhalter und Lichtbogenbrenner stark beansprucht werden,
- Netzanschlussleitungen und Steckvorrichtungen durch vagabundierende Schweißströme beschädigt sein können und
- die Isolation der Schweißstromquellen durch Staubablagerungen in ihnen vermindert wird.

Es werden deshalb folgende Prüffristen empfohlen:

1. vierteljährlich

- Sichtprüfung auf ordnungsgemäßen Zustand,
- Funktionsprüfung sicherheitstechnischer Einrichtungen,
- Prüfung der Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme auf Wirksamkeit und

2. jährlich

- Sichtprüfung der geöffneten Steckverbindungen,
- Isolationsprüfung von Eingangs- und Ausgangsstromkreis gegen Körper und beide Stromkreise gegeneinander nach innerer Reinigung der Schweißstromquelle.

Die Sichtprüfung auf ordnungsgemäßen Zustand umfasst z. B.

- Netzanschlussleitungen und Steckvorrichtungen,
- Schweißleitungen, Schlauchpakete, Steckvorrichtungen, Stabelektrodenhalter, Lichtbogenbrenner,
- Schutz- und Sicherheitseinrichtungen, wie Hauptschalter, Notbefehls-einrichtungen, Melde- und Kontrollleuchten, Wahlschalter, Befehlsgeräte.

Die Funktionsprüfung sicherheitstechnischer Einrichtungen umfasst z. B.

- Hauptschalter, Befehlsgeräte, Wahlschalter, Melde- und Kontrollleuchten.

Die Prüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme gegen gefährliche Körperströme umfasst z. B. die Messung des Schutzleiterwiderstandes, siehe pr DIN EN 60974-4 „Lichtbogenschweiß-einrichtungen“, Teil 4 „Sicherheit, Instandhaltung und Prüfung von Lichtbogenschweiß-einrichtungen im Betrieb“. Die Prüfungen sind von einer befähigten Person durchzuführen und zu dokumentieren.

3.10 Isolation des Lichtbogenschweißers gegen Schweißspannung

Da nicht alle aktiven Teile des Schweißstromkreises gegen direktes Berühren geschützt werden können, muss diese Lücke durch eine Isolation des Lichtbogenschweißers und sicherheitsgerechtes Verhalten geschlossen werden. Eine ausreichende Isolation des Lichtbogenschweißers ist der beste Schutz

gegen eine elektrische Durchströmung. Die Bekleidung kann dazu einen wesentlichen Anteil leisten.

Am sichersten lassen sich isolieren:

- Füße durch unbeschädigtes, trockenes Schuhwerk mit Gummi- oder Kunststoffsohle, z. B. nach DIN EN 345 (Bild 3-14),
- Hände durch unbeschädigte, trockene Schweißerschutzhandschuhe aus Leder nach DIN EN 12477.

Bild 3-14: Nur unbeschädigtes, trockenes Schuhwerk mit Gummisohle isoliert Füße ausreichend gegen eine leitfähige Standfläche



Metallteile in Handschuhen, z. B. Nieten oder Klammern, heben die isolierende Wirkung des Leders wieder auf. Sie sind deshalb in Schweißerschutzhandschuhen nicht zulässig.

Leider gilt diese Aussage nicht mehr automatisch für Produkte nach DIN EN 12 477, denn diese Norm

- enthält keinerlei Anforderungen an das elektrische Isolationsvermögen und
- gewährleistet nicht die Materialeigenschaft, dass schweißwarme Teile ungefährdet kurzzeitig berührt oder sogar angefasst werden können.

Bild 3-15: Mit oder ohne Auflage – trockenes Holz isoliert den Lichtbogenschweißer



DIN EN 12 477 ist nach moderner Normenphilosophie werkstoffneutral, mit der Folge, dass nur noch die in dieser Norm festgelegten Mindestanforderungen gewährleistet sind und nicht mehr mit dem Material Leder natürlich verbundene Eigenschaften, die bisher nicht festgelegt zu werden brauchten.

Also – Vorsicht mit Schweißerschutzhandschuhen nach DIN EN 12 477, trotz CE-Zeichen müssen sie nicht für Lichtbogenschweißen geeignet sein.

Die Prüfbescheinigung einer akkreditierten Prüfstelle und die Produktinformationen müssen über die Einsatzmöglichkeiten des Handschuhs alle erforderlichen Angaben enthalten.

Ein kritischer Teil der Isolation ist der Arbeitsanzug, denn er wird schnell durchfeuchtet oder durchschwitzt und damit leitfähig.

Deshalb müssen Stabelektrodenhalter und Lichtbogenbrenner so gehalten werden, dass kein Strom durch den menschlichen Körper fließen kann.

Insbesondere:

Niemals unter den Arm klemmen.

Stabelektroden dürfen nur mit trockenen Schweißerschutzhandschuhen 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 Sitzgelegenheiten für Lichtbogenschweißer muss darauf geachtet werden, dass keine leitfähige Verbindung vom Schweißer zum Werkstück hergestellt wird, z. B. durch einen Stuhl mit Metallgestell mit leitfähigen Armlehnen, oder mit einem Holzsitz, der mit durchgehenden Metallschrauben befestigt ist (Bild 3-15).

Sind einzelne Körperteile nicht ausreichend isoliert, so müssen sie durch isolierende Unterlagen oder Zwischenlagen geschützt werden.

4 Erhöhte elektrische Gefährdung

Bei Lichtbogenarbeiten unter erhöhter elektrischer Gefährdung besteht eine größere Gefährdung durch elektrische Durchströmung als bei Lichtbogenarbeiten unter Normalbedingungen (Bilder 4-1 bis 4-4).

Erhöhte elektrische Gefährdung besteht z. B.

1. wenn der Schweißer zwangsweise (z. B. kniend, sitzend, liegend oder angelehnt) mit seinem Körper elektrisch leitfähige Teile berührt;

2. an Arbeitsplätzen, an denen bereits eine Abmessung des freien Bewegungsraumes zwischen gegenüberliegenden, elektrisch leitfähigen Teilen weniger als 2 m beträgt, sodass der Schweißer diese Teile zufällig berühren kann;
3. an nassen, feuchten oder heißen Arbeitsplätzen, an denen der elektrische Widerstand der menschlichen Haut oder der Arbeitskleidung und der Schutzausrüstung durch Nässe, Feuchtigkeit oder Schweiß erheblich herabgesetzt werden kann.

Bild 4-1: Lichtbogenschweißer unter erhöhter elektrischer Gefährdung, durch isolierende Unterlage geschützt



Elektrisch leitfähige Teile sind z. B. metallische, feuchte oder nasse: Wände, Böden, Roste und Stoffe wie Stein, Beton, Holz, Erreich.

Nach Schätzungen werden weit über die Hälfte aller Lichtbogenschweißarbeiten unter erhöhter elektrischer Gefährdung durchgeführt. Dennoch erkennen viele Schweißer immer noch nicht, wann sie erhöht elektrisch gefährdet sind.

Sie halten die erforderlichen besonderen Isolationsmaßnahmen nicht für notwendig, weil sie bisher aufgrund zufällig günstiger Umstände „nur“ elektrische Schläge erhalten haben. Dabei muss man wissen, dass in einer solchen Situation nur eine etwas anders ausgeführte Bewegung den Tod hätte herbeiführen können.

Bild 4-2: Lichtbogenschweißer unter erhöhter elektrischer Gefährdung mit unzureichender isolierender Unterlage, durch trockene Lederhose geschützt



Eine erhöhte elektrische Gefährdung liegt immer dann vor, wenn die Widerstände für einen Stromfluss durch den Körper verringert sind, sei es durch verkürzte Stromwege oder durch gut leitfähig gewordene Kleidung.

Bild 4-3: Lichtbogenschweißer unter erhöhter elektrischer Gefährdung, durch isolierende Zwischenlage geschützt



Bild 4-4: Lichtbogenschweißer unter erhöhter elektrischer Gefährdung zwischen Spanten



Zur Erleichterung der Beurteilung, ob eine erhöhte elektrische Gefährdung beim Lichtbogenschweißen vorliegt, dient das Pauschalmaß von 2 m für den freien Bewegungsraum zwischen gegenüberliegenden leitfähigen Teilen (Bild 4-5).

Wird dieses Maß auch nur in einer einzigen Abmessung – Länge, Breite,

Höhe oder Durchmesser – unterschritten, so liegt eine erhöhte elektrische Gefährdung vor.

Natürlich bringen nicht nur kleine Behälter und Doppelböden von Schiffen, sondern auch Stahlkonstruktionen erhöhte elektrische Gefährdung mit sich, da der Schweißer zwangsläufig durch

seine Arbeitshaltung mit seinem Körper leitfähige Teile berührt, z. B. wenn er auf einem Träger sitzend lichtbogenschweißt.

Auch an Bauteilen größten Ausmaßes können derartige Gefährdungen vorliegen, wenn der Schweißer, z. B. in oder an großen Tanks, auf einem Stahlrohrgerüst arbeitet.

Der erhöhten elektrischen Gefährdung wird begegnet

- über Bauvorschriften für geeignete Stromquellen und
- durch Sicherstellung einer ausreichenden Isolation des Schweißers.

4.1 Zulässige Leerlaufspannung unter erhöhter elektrischer Gefährdung

Gleichspannung darf 113 V Scheitelwert nicht überschreiten. Wechselspannung ist auf 68 V Scheitelwert und 48 V Effektivwert begrenzt. Auch im Fehlerfalle darf weder die Leerlaufspannung diese Grenzwerte überschreiten, noch der Wechselspannungsanteil der Gleichspannung 48 V Effektivwert überschreiten.

Gefahrenminderungseinrichtung

Höhere Spannungen sind zulässig, wenn die Sicherheit des Schweißers auch im Fehlerfalle durch folgende selbsttätig wirkende Einrichtung gewährleistet ist:

1. Leerlaufspannungsminderungseinrichtung

Hierbei handelt es sich um eine Gefahrenminderungseinrichtung, die selbsttätig eine unzulässig hohe Leerlaufspannung auf einen zulässigen Wert vermindert, wenn nicht geschweißt wird.

2. Umschalteneinrichtung von Wechsel- auf Gleichspannung

Hierbei handelt es sich um eine Gefahrenminderungseinrichtung, die selbsttätig die zum Schweißen erforderliche unzulässig hohe Wechselspannung auf eine zulässige Leerlaufgleichspannung umschaltet, wenn nicht geschweißt wird und nach dem Zünden mit der Leerlaufgleichspannung die Wechselspannung zum Schweißen wieder einschaltet.

Gefahrenminderungseinrichtungen müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- Eine geeignete Einrichtung (z. B. eine Signallampe) zeigt an, dass die Gefahrenminderungseinrichtung wirksam ist. Wenn eine Signallampe vorgesehen ist, leuchtet diese, wenn die Gefahr gemindert, d. h. die Leerlaufspannung auf einen zulässigen Wert vermindert oder in eine zulässige Gleichspannung umgeschaltet ist.
- Gefahrenminderungseinrichtungen können vom Schweißer ohne unzulässigen Werkzeuggebrauch nicht unwirksam gemacht oder umgangen werden.

Bild 4-5: Zwei-Meter-Richtmaß für den freien Bewegungsraum zwischen gegenüberliegenden leitfähigen Teilen zur Beurteilung, ob unter erhöhter elektrischer Gefährdung lichtbogengeschweißt wird (vergleiche auch Bild 4-6 auf Seite 40)



- Gefahrenminderungseinrichtungen werden innerhalb 0,3 s wirksam, wenn ein Grenzwert der Leerlaufspannung überschritten wird und sie sollten bei Versagen innerhalb von 1 s einen gefahrlosen Zustand erreichen, z. B. durch Abschalten der Stromquelle oder durch Umschalten auf eine zulässige Spannung.

Auch die zum Lichtbogenschweißen unter erhöhter elektrischer Gefährdung zulässigen Leerlaufspannungen bieten allein keinen ausreichenden Schutz für den Schweißer.

Deshalb ist es besonders unter erhöhter elektrischer Gefährdung notwendig, die Isolation des Schweißers, z. B. durch isolierende Zwischenlagen oder isolierende Kopfbedeckung, sicherzustellen (Bild 4-6).

Bild 4-6: Isolierende Unterlage



Wird, z. B. liegend mit durchschwitzter Kleidung, auf einem Werkstück ohne isolierende Zwischenlage geschweißt und gerät das Elektrodenende an

den Hals des Schweißers, so beträgt der Widerstand des verkürzten Stromweges zwischen Brust und Hals etwa 300 Ohm.

Bei 100 Volt Gleichspannung fließt hierbei ein Strom von etwa 300 mA, der zum Tod des Schweißers infolge von Herzkammerflimmern führen kann.

Bei Verwendung von zulässiger Wechselspannung unter gleichen Bedingungen ist mit Sicherheit der Tod zu erwarten.

Auch Plasmastromquellen sind für die Anwendung unter erhöhter elektrischer Gefährdung zulässig, wenn sie die in Abschnitt 3.2.1 zu Einsatzbedingung 5 angegebenen Anforderungen erfüllen.

Um Gefährdungen auch bei Brennerstörungen zu vermeiden, darf der Schweißer unter erhöhter elektrischer Gefährdung Lichtbogenbrenner nicht öffnen.

4.2 Zulässige Schweißstromquellen zum Lichtbogenschweißen unter erhöhter elektrischer Gefährdung

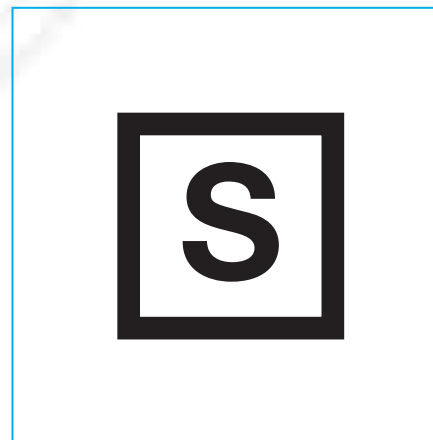
Alle Schweißstromquellen, die für Lichtbogenarbeiten unter erhöhter elektrischer Gefährdung geeignet sind, müssen deutlich erkennbar und dauerhaft das Symbol **S** (Bild 4-7) tragen oder die bisherigen Symbole bei Wechselstromquellen **Ⓢ** und **K** bei Gleichstromquellen.

Werden Arbeiten sowohl unter erhöhter elektrischer Gefährdung als auch ohne erhöhte elektrische Gefährdung durchgeführt, so 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.

Zulässig sind jedoch auch entsprechend gekennzeichnete Wechselstromquellen.

Bild 4-7: Kennzeichnung für Schweißstromquellen zum Lichtbogenschweißen unter erhöhter elektrischer Gefährdung



4.3 Aufstellen von Schweißstromquellen zum Lichtbogenschweißen unter erhöhter elektrischer Gefährdung

Um zu den Gefahren beim Lichtbogenschweißen nicht noch zusätzlich Gefahren durch die Netzspannung, z. B. bei Beschädigung der Netzzuleitung, hinzuzufügen, dürfen Schweißstromquellen nicht in Arbeitsbereichen aufgestellt werden, in denen unter erhöhter elektrischer Gefährdung geschweißt wird.

Ist es erforderlich, Schweißstromquellen auf leitfähigen Flächen aufzustellen, so bieten Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCDs) mit 30 mA Auslösestrom Schutz gegen Berührungsspannung bis max. 50 V im gewerblichen Bereich.

Diese Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) muss so installiert sein, dass sie sich vor der Steckdose, die zum Betreiben der Schweißstromquelle benutzt wird, befindet. Diese Steckdose muss sich auch außerhalb des Arbeitsbereiches bzw. der elektrisch leitfähigen Flächen befinden.

5 Erste Hilfe beim elektrischen Schweißunfall

Besonderheiten des Elektrounfalles beim Schweißen sind:

- Atemstillstand,
- Herzstillstand oder Herzkammerflimmern.

In jedem Fall muss der Strom durch Ausschalten, Stecker ziehen oder Herausnehmen der Sicherung unterbrochen werden. Wenn das nicht möglich ist, muss der Verunglückte durch nicht leitende Gegenstände, wie trockene Holzplatten, von den unter Spannung stehenden Teilen getrennt oder an seinen Kleidern weggezogen werden.

Für diese Tätigkeit muss sich auch der Helfer schützen:

Er muss sich selbst isoliert aufstellen, z. B. auf ein trockenes Brett, auf trockene Kleider, dicke Zeitung. Dabei darf er sonst nichts berühren, weder Wände, Gestelle noch andere Helfer.

Während dieser Tätigkeiten muss der Ersthelfer alarmiert werden. Er kann die notwendigen Maßnahmen zur ersten Hilfe einleiten.

Bei Atemstillstand muss sofort Beatmung eingesetzt werden. Bei Herzstillstand muss unverzüglich die Herz-Lungen-Wiederbelebung eingeleitet werden (Bilder 5-1 und 5-2).

Beide Maßnahmen bedeuten bei einem Elektrounfall oft die einzige Rettungschance.

Es ist deshalb wichtig, dass die Ersthelfer diese Techniken beherrschen.

Bild 5-1: Äußere Herzmassage



Die Herz-Lungen-Wiederbelebung nach der Einhelfermethode ist Bestandteil der Erste-Hilfe-Grundausbildung, die mindestens alle drei Jahre wiederholt werden muss.

Anstelle der Wiederholung kann auch alle zwei Jahre an einem Erste-Hilfe-Training teilgenommen werden.

Darin wird die Herz-Lungen-Wiederbelebung nach der Einhelfermethode

ebenfalls wiederholt und zusätzlich in der Zweihelfermethode unterwiesen.

Um die erste Hilfe bei einem elektrischen Schweißunfall zu beherrschen, empfiehlt es sich sogar, jährlich an einem Erste-Hilfe-Training teilzunehmen.

Bild 5-2: Mund-zu-Nase-Beatmung



6 Lichtbogenstrahlung

Kennzeichen für einen Lichtbogen ist seine starke Helligkeit. Sie wird durch die sehr hohe Temperatur des Lichtbogens von einigen tausend Grad hervorgerufen.

Diese Helligkeit führt zu einer intensiven Blendung. Daneben sendet der Lichtbogen kurz- und langwellige Strahlen aus.

- Die kurzwelligen, unsichtbaren Ultraviolettstrahlen verbrennen die Haut und verursachen das Verblitzen der Augen, indem sie eine Entzündung des äußeren Auges (Bindehautentzündung) hervorrufen.
- Die langwelligen Infrarotstrahlen – die Wärmestrahlen – können bei längerer Einwirkung den Feuerstar hervorrufen.

6.1 Augenschutz

Gegen Lichtbogenstrahlen müssen die Augen geschützt werden. Hierzu verwendet der Lichtbogenschweißer Augenschutzgeräte nach DIN EN 175:

- beim Lichtbogenschweißen mit Stabelektroden z. B. einen Schutzschild,
- beim Schutzgasschweißen und bei Plasmaverfahren z. B. einen Schutzschirm

mit Schweißerschutzfiltern nach DIN EN 169.

6.1.1 Kennzeichnung an Schweißerschutzfiltern

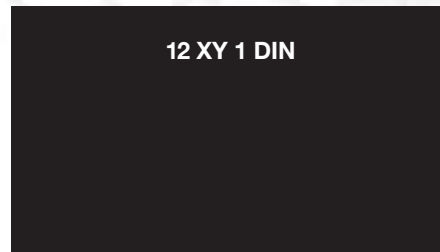
Schweißerschutzfilter müssen in der Randzone eine dauerhafte Kennzeichnung tragen.

Beispiel → **12 XY 1 DIN** (Bild 6-1)

Darin bedeuten:

Zahl **12**: Schutzstufe 12
Buchstaben **XY**: Herstellerkurzzeichen
Ziffer **1**: Brechwertklasse 1 (Optische Güte)
DIN: DIN-Prüf- und Überwachungszeichen

Bild 6-1: Kennzeichnung eines Schweißerschutzfilters entsprechend der Norm (Ausschnitt)



Wenn der Schweißerschutzfilter bei Stoßbelastung zugleich die Funktion einer Sicherheitsscheibe besitzt, so folgt auf das DIN-Zeichen noch der Buchstabe „L“ für Verbundwerkstoff oder „P“ für Kunststoff.

Vorsatzscheiben müssen mit Herstellerkurzzeichen und DIN-Zeichen gekennzeichnet sein.

6.1.2 Empfohlene Schutzstufen beim Lichtbogenschweißen

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 (Bild 6-2).

Beim Schweißen mit verlängertem Lichtbogen ist die nächsthöhere Schutzstufe zu verwenden. Soll die Erwärmung durch Absorption vermindert werden, dann sind verspiegelte Schweißerschutzfilter zu verwenden.

Bei Überkopfschweißarbeiten sind die Schweißerschutzfilter durch eine Vorsatz-

scheibe nach DIN 4647 Teil 6 zu schützen, da Einscheibenglas beim Auftreffen heißer Metallspritzer zerspringen kann.

Selbstverständlich müssen immer genügend Ersatzscheiben bereitgehalten werden.

Wenn der Lichtbogen häufig gezündet werden muss, z. B. bei kurzen Nähten und Heftarbeiten, sind Schutzschirme mit Schweißerschutzfiltern nach DIN EN 379 zu empfehlen, die sich selbsttätig mit dem Zünden des Lichtbogens abdunkeln.

Auch der Schweißerhelfer muss ausreichend gegen Lichtbogenstrahlung geschützt sein. Soweit er nicht beim Helfen direkt in den Lichtbogen sehen muss,

Bild 6-2: Schutzstufen und empfohlene Verwendung bei Lichtbogenverfahren

Stromstärke in Ampere																						
Verfahren	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		
Plasmaschmelz-schneiden									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.																						

7 Verbrennungsgefahren beim Lichtbogenschweißen

kann er eine Schweißhelferbrille (Bild 6-3) nach DIN EN 175 tragen, mit Sichtscheiben geringerer Schutzstufe, z. B. 1,2 bis 4.

Bild 6-3: Schweißhelferbrille mit genormtem Schweißerschutzfilter



6.2 Hautschutz

Nicht nur das Auge, sondern auch die Haut des Schweißers muss vor Ultraviolettstrahlen geschützt werden. Sie verbrennt sonst wie beim Sonnenbrand. Die Hände sind durch Lederstulpenhandschuhe geschützt. Für den Körper reicht meist der normale Arbeitsanzug mit Lederschürze. Ungeschützte Körperteile dürfen nicht zugelassen werden. Das bedeutet: Auch wenn es warm ist, dürfen Ärmel beim Schweißen nicht aufgekremelt sein.

Bei besonders intensiven Lichtbögen, z. B. bei der Verwendung hoher Stromstärken, wird ein zusätzlicher Schutz des Nackens, beispielsweise durch ein Nackenleder, erforderlich; denn durch

Reflexion der Strahlung können auch nicht der Strahlung ausgesetzte Körperteile geschädigt werden. Starke Reflexionen treten beim Schweißen metallisch blanker Werkstücke auf, z. B. in Aluminiumbehältern.

6.3 Schutz der Umgebung

Die Arbeitsplätze sind möglichst so abzuschirmen, dass auch weitere Personen, z. B. Kranfahrer, gegen die Einwirkung der Strahlung geschützt sind. Hierzu bieten sich je nachdem, ob der Arbeitsplatz ortsfest ist oder ob z. B. große, schwere Werkstücke zu schweißen sind, Wände, Stellwände oder Vorhänge an. Geeignet sind auch lichtdurchlässige Abschirmungen nach DIN EN 1598. Auch kleine unmittelbar an der Schweißstelle aufgestellte Schutzbleche haben sich gut bewährt. Solche Begrenzungen sollten möglichst wenig Strahlen reflektieren.

In unmittelbarer Nähe ortsfester Arbeitsplätze sollen 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.

Da die Intensität der Strahlung mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, können an nicht ortsfestgelegenen Arbeitsplätzen bei geringer Expositionszeit bereits einige Meter Abstand vom Schweißplatz ausreichen.

Die Quelle der Wärme ist der Lichtbogen mit seiner hohen Temperatur. Durch das Aufschmelzen von Metall entstehen auch Metall- und Schlackespritzer. Daneben sind die heiße Elektrode, der heiße Brenner und das geschweißte Werkstück als Wärmequellen zu beachten. Der persönliche Schutz des Schweißers ist durch den Schutz gegen die Lichtbogenstrahlung und teilweise gegen elektrische Gefährdung bereits erreicht.

Falls erforderlich, müssen die Ohren besonders geschützt werden (Bild 7-1). Verbrennungen durch glühende Spritzer im Gehörgang sind unangenehm. Soweit der Arbeitsanzug nicht reicht, z. B. bei Arbeiten am Schweißbrenner, muss eine Schürze aus Leder getragen werden. In Fällen, in denen das Tragen einer Schürze nicht angebracht ist, z. B. im Stahlhochbau, hat sich das Tragen von Schweißerschutzanzügen aus schweren Geweben bewährt.

Selbstverständlich darf die Kleidung nicht durch Öl, Fett, Sauerstoff usw. verunreinigt sein. Brennbar Verunreinigungen können auch aus Druckgaspackungen, z. B. Feuerzeugen und Spraydosen, entweichen und sollten deshalb nicht in der Kleidung getragen werden, wenn sie nicht gegen unbeabsichtigtes Betätigen gesichert sind.

Besonders beim Überkopfschweißen ist der Kopf ausreichend zu schützen. Für diesen Zweck und zum Schutz langer Haare gibt es schwer entflammable Kopfhäuben. Bei Schweißarbeiten in engen Räumen und unter besonderer Gefährdung durch heiße Metall- und Schlacketeilchen, z. B. in Zwangshaltung, muss

schwer entflammbare Schutzkleidung getragen werden. Der übliche Arbeitsanzug gerät leicht in Brand und ist bei ungenügender Bewegungsfreiheit nicht zu löschen. Bewährt haben sich z. B. schwer entflammbar ausgerüstete Schweißerschutzanzüge aus schweren Baumwollgeweben. Solche Anzüge sind nach den Angaben der Hersteller zu reinigen, um die Wirksamkeit der Ausrüstung zu erhalten.

Leichte Schutzanzüge zum Schweißen, die nur die allgemeinen Anforderungen der DIN EN 470 Teil 1 erfüllen, bieten in engen Räumen und in Zwangslage hinsichtlich der schweren Entflammbarkeit keinen ausreichenden Schutz gegen das besondere Risiko des Inbrandgeratens.

Kleidungs- und Wäschestücke aus leicht entflammbarer oder leicht schmelzender Kunstfaser dürfen beim Schweißen nicht getragen werden, denn sie können Brandverletzungen erheblich verschlimmern.

Bild 7-1: Ohr des Lichtbogenschweißers durch die Kopfhäube geschützt



8 Schadstoffe

In der sehr hohen Temperatur des Lichtbogens verbrennen und verdampfen viele Materialien, die dem Lichtbogen ausgesetzt sind, z. B.

- Elektrode,
- Elektrodenumhüllung oder Schutzgas,
- Werkstück,
- Metallüberzüge, wie Blei und Zink,
- Anstriche, wie Primer, Farbe, Blei- und Zinkfarben sowie
- Verunreinigungen, wie Öl, Fett, Lösemittelreste.

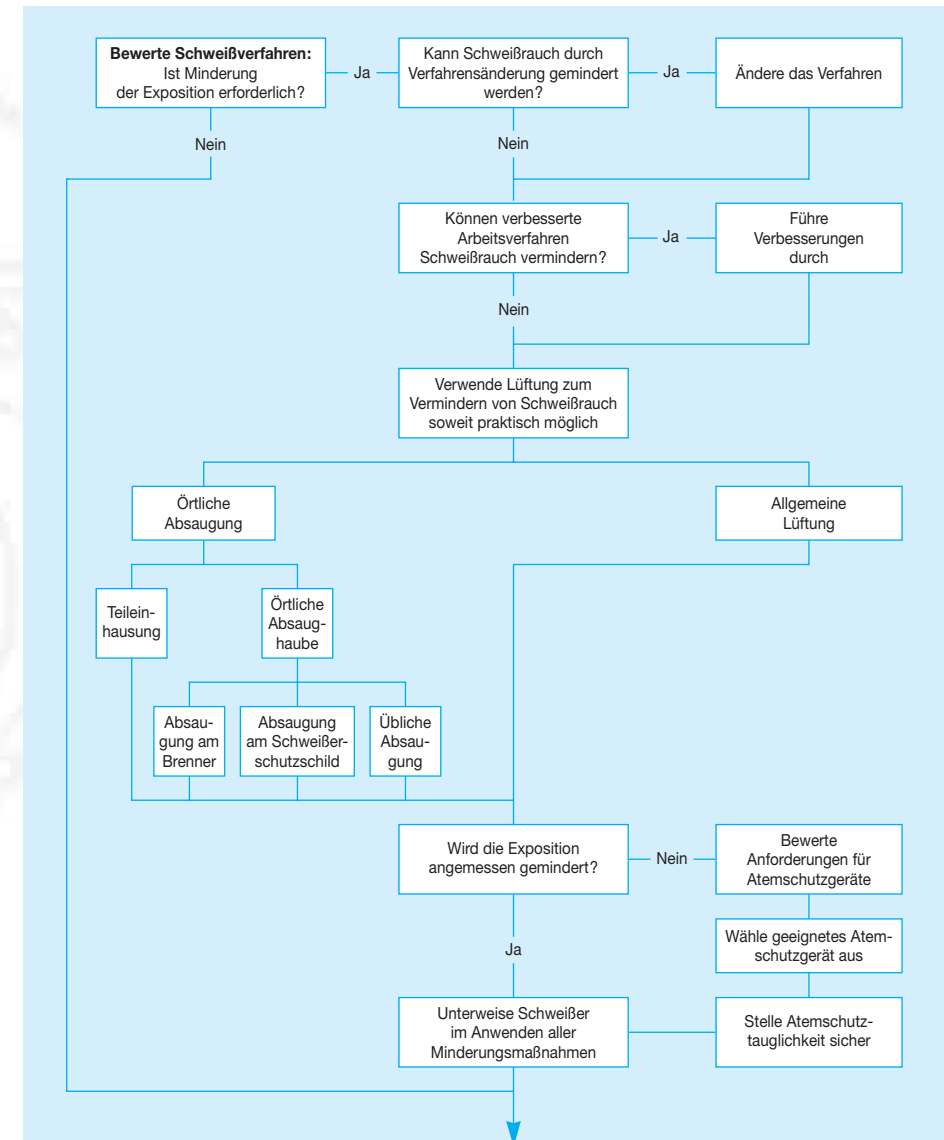
Sobald Bestandteile der entstehenden Rauche und Gase in unzuträglicher

Konzentration auftreten, gelten sie als Schadstoffe. Diese können die Gesundheit des Schweißers beeinträchtigen und müssen aus der Atemluft am Arbeitsplatz ferngehalten werden.

Zur Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen, welche die Atemluft des Schweißers verbessern, dient der Ablaufplan im Bild 8-1.

Einzelheiten zu den Schadstoffen und ihrer Abwehr enthält die BG-Information „Schadstoffe beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“ (BGI 593).

Bild 8-1: Ablaufplan zur Minderung von Schweißrauch



Quelle: www.arbeitssicherheit.de - Kooperation des HVBG mit dem Carl Heymanns Verlag © 2005
Unberechtigte Vervielfältigung verboten.

8.1 Lüftung

Die Atemluft am Arbeitsplatz kann von Schadstoffen freigehalten werden durch:

1. Absaugung im Entstehungsbereich (Bild 8-2),
2. technische Lüftung (maschinelle Raumlüftung, d. h. Austausch von Raumlüftung gegen Außenluft durch Strömungsmaschinen),
3. freie Lüftung (natürliche Raumlüftung, d. h. Austausch von Raumlüftung gegen Außenluft durch Druckunterschiede infolge Wind oder Temperaturdifferenzen zwischen außen und innen),
4. andere geeignete Einrichtungen (z. B. Wasserbadanlagen beim Plasmaschneiden) oder
5. eine Kombination aus vorgenannten Einrichtungen.

Bild 8-2: Absaugen von Schweißrauch



Abgesaugte Luft darf Arbeits- und Verkehrsbereichen nur nach ausreichender Abscheidung der Schadstoffe zugeführt werden.

Aus heutiger Sicht sind Schweißarbeiten ohne technische Lüftung abzulehnen. Ausnahme sind lediglich Schweißarbeiten im Freien, wobei aber auf die Position des Schweißers zur Windrichtung hin zu achten ist.

Hinweise zur Auswahl und Gestaltung der Absaugung enthalten z. B.:

- BG-Regel „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ (BGR 121),
- BG-Information „Schadstoffe beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“ (BGI 593),
- Merkblatt DVS 6005 „Lüftungs- und raumluftechnische Anlagen für Schweißwerkstätten“.

Die Forderung nach geeigneten lufttechnischen Maßnahmen bei Arbeiten im

Bild 8-3: Schutzgasbrenner mit integrierter Absaugung



Freien ist z. B. erfüllt, wenn die entstehenden Schadstoffe nicht in die Atemluft gelangen.

Für die vielfältigen und sehr unterschiedlichen Lüftungsaufgaben bietet die Industrie viele Hilfsmittel an, z. B.:

1. Willensunabhängige Erfassungen, wie
 - Schutzgasbrenner mit integrierter Absaugung (Bild 8-3 und Bild 8-6 auf Seite 53),
 - Schweißerschutzschild mit integrierter Absaugung (Bild 8-4) in Verbindung mit mobiler oder zentraler Hochvakuumabsaugung.

Bild 8-4: Schweißerschutzschild mit integrierter Absaugung



2. Willensabhängige Erfassungen, wie

- leichte Absaugschläuche mit Erfassungseinrichtungen, die mit Hilfe von Magneten oder Haken innerhalb von Bauteilen leicht befestigt werden können,
- vom Schweißer nachzuführende Absaugrüssel (Bild 8-5).

Für das bestimmungsgemäße Benutzen der Lüftungseinrichtungen ist es von entscheidender Bedeutung, dass die vor-

gesehenen Maßnahmen mit den betroffenen Schweißern auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt werden.

Ein großer Teil des Erfolges einer Lüftungsmaßnahme hängt von der Mitarbeit des Schweißers ab.

Eine falsch eingesetzte Lüftung kann wirkungslos sein oder die Schutzatmosphäre um den Lichtbogen zerstören und dadurch Fehler in der Schweißnaht hervorrufen.

Bild 8-5: Vom Schweißer nachzuführender Absaugrüssel



Zur Erfassung und Abscheidung gesundheitsgefährlicher Stoffe beim Plasmaschneiden hat es sich bewährt, das Schweißgut über einem Wasserbad oder noch wirksamer – von Wasser bedeckt zu bearbeiten.

Im Freien kann schon natürliche Luftbewegung als Lüftung ausreichen.

Enge Räume erfordern Absaugen der Raumluft oder Einblasen von Frischluft.

Die Eignung einer Lüftung kann durch Konzentrationsmessungen nachgewiesen werden. Als Schwellenwerte für die Konzentration gesundheitsgefährlicher Stoffe sind Arbeitsplatzgrenzwerte festgelegt.

Bild 8-6: Schutzgasbrenner mit integrierter Absaugung mit verstellbarem Erfassungselement



8.2 Atemschutz

Wenn keine ausreichende Lüftung erreicht werden kann, sind Atemschutzgeräte zu tragen. Hierbei ist die BG-Regel „Benutzung von Atemschutzgeräten“ (BGR 190) zu beachten.

Auf den Nachweis der Atemschuthtaglichkeit nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 26 „Atemschutzgeräte“ wird hingewiesen.

Für Schweißarbeiten geeignete Atemschutzgeräte sind Schlauchgeräte und Behältergeräte mit Druckluft (Pressluftatmer).

Wenn die Umgebungsatmosphäre mindestens 17 Vol.-% Sauerstoff enthält, können auch Filtergeräte mit Filtern der jeweils notwendigen Filterklassen und Filtertypen für kurzzeitige Arbeiten geeignet sein.

Es sind gebläseunterstützte Filtergeräte mit automatischer Kopfhaut verfügbar.

9 Brände und Explosionen durch Lichtbogenschweißen

Da hier keine Erhöhung des Atemwiderstandes erfolgt, ist die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung G 26 hier nicht erforderlich.

In Behältern und engen Räumen, wie Bunkern, Kesselwagen, Rohrleitungen, Gruben, Kanälen, dürfen Filtergeräte und Regenerationsgeräte jedoch nicht verwendet werden.

8.3 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Falls beim Schweißen trotz der ergriffenen Schutzmaßnahmen eine Auslöseschwelle

überschritten wird, werden nach der Unfallverhütungsvorschrift „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ (BGV A 4) Vorsorgeuntersuchungen erforderlich. Daneben ist es auch sinnvoll, Personen vorsorglich zu untersuchen, die durch gesundheitliche Vorschädigungen gefährdet sind.

Für die einzelnen Einwirkungen sind „Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen“ aufgestellt.

Diese Grundsätze werden durch „Auswahlkriterien“ ergänzt, die Anhaltspunkte für die Auswahl der zu untersuchenden Personen geben.

Bild 8-7: Arbeitsmedizinische Grundsätze und ihre Auswahlkriterien

Titel	Arbeitsmedizinischer Grundsatz	Auswahlkriterium
Allgemeiner Teil		BGI 504-0
Schweißbrauche	G 39	BGI 504-39
Blei und seine Verbindungen	G 2	BGI 504-2
Chrom(VI)-Verbindungen	G 15	BGI 504-15
Nickel und seine Verbindungen	G 38	BGI 504-38

Beim Lichtbogenschweißen sind immer Zündquellen vorhanden durch:

- den Lichtbogen selbst,
- Wärmeleitung und
- beim Schweißen entstehende Funken.

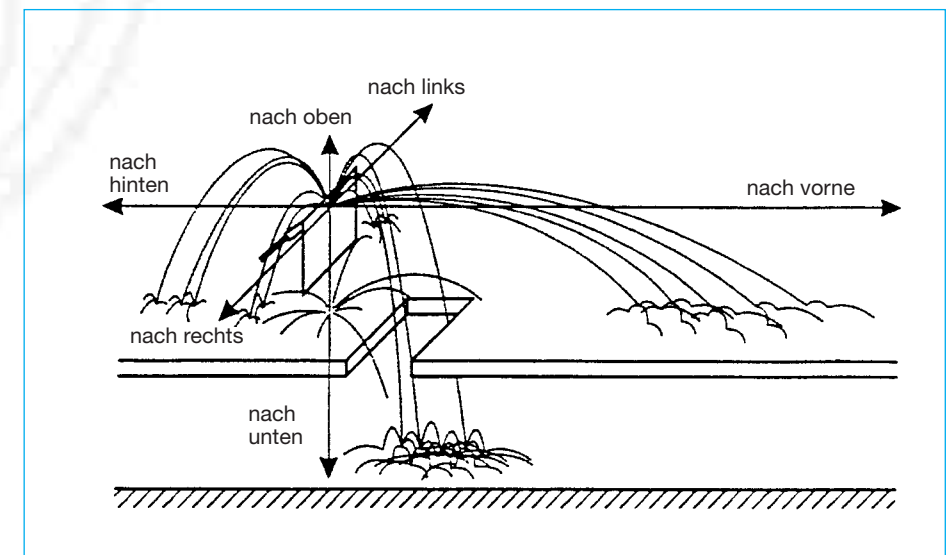
Diese Funken können recht weit fliegen, und zwar auch durch unscheinbare Öffnungen und Rohre. Sie können für sie erreichbare brennbare und explosionsfähige Stoffe zünden (Bild 9-1).

Ausdehnung und Form der durch Funkenflug gefährdeten Bereiche ergeben sich aus den Bewegungsbahnen heißer Partikel (Bild 9-2 auf Seite 56). Die

maßlichen Angaben über die Reichweiten sind Anhaltswerte zur Bestimmung des durch Funkenflug gefährdeten Bereiches und berücksichtigen die Gesamtreichweite und das Zündvermögen heißer Metall- oder Schlacketeilchen bei fachgerechter Ausführung der Arbeiten und ungünstigen Arbeitsbedingungen (Bild 9-3 auf Seite 56).

Übliche Verfahrensstörungen sind eingeschlossen. 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 Reichweiten für thermisches Trennen schließen auch die für Schleifarbeiten ein.

Bild 9-1: Ausbreitungsverhalten heißer Partikel bei schweißtechnischen Arbeiten



Raubbegrenzungen 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.

Bild 9-2: Ausdehnung des durch Funkenflug gefährdeten Bereiches beim thermischen Trennen in einer Arbeitshöhe von 3 m

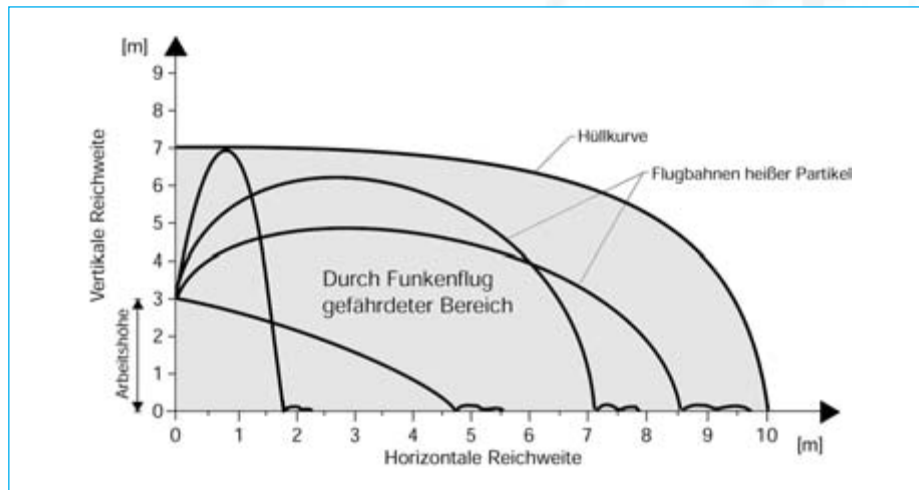


Bild 9-3: Anhaltswerte zur Bestimmung durch Funkenflug gefährdeter Bereiche

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

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

Durch bauliche Verkleidungen sind die brennbaren Stoffe häufig nicht sichtbar. Schweißarbeiten in Kaufhäusern, Lagerräumen und Betrieben, in denen brennbare Stoffe lagern, haben schon oft zu Großbränden geführt.

Die Gefahr ist durch vollständiges Entfernen des brennbaren Materials zu beseitigen. Dabei dürfen Papierreste, Holz, Späne, Fasern oder Staubansammlungen, aber auch brennbare Stoffe und Gegenstände, die fest mit dem Gebäude verbunden sind (z. B. Umkleiden 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. Während der Schweißarbeiten muss eine Brandwache mit geeigneten Feuerlösch-einrichtungen bereitstehen. Sie muss die Arbeitsstelle und ihre Umgebung auch nach Beendigung der Schweißarbeiten ausreichend lange beobachten.

9.1 Bereiche mit Brandgefahr

Wenn sich das Entfernen brennbarer Stoffe und Gegenstände durch bauliche Gegebenheiten und betriebstechnische Gründe nicht vollständig verwirklichen lässt, sind zum Verhindern einer Brandentstehung folgende ergänzende Sicherheitsmaßnahmen erforderlich (Bild 9-4 auf Seite 58):

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

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

Die Sicherheitsmaßnahmen sollen unter Beachtung der jeweiligen Umgebungsbedingungen mit dem Auftraggeber abgestimmt werden und müssen in einer Schweißerlaubnis (Beispiel siehe Bild 9-5) schriftlich festgelegt werden.

Bei regelmäßig wiederkehrenden, gleichartigen schweißtechnischen Arbeiten, bei denen eine Brandentstehung durch das Entfernen brennbarer Stoffe und Gegenstände nicht verhindert werden kann, dürfen die ergänzenden Sicherheitsmaßnahmen statt in einer Schweißerlaubnis in einer Betriebsanweisung schriftlich festgelegt werden (Beispiel siehe Bild 9-6 auf Seite 60).

Bild 9-4: Maßnahmen beim Schweißen unter Brandgefahr

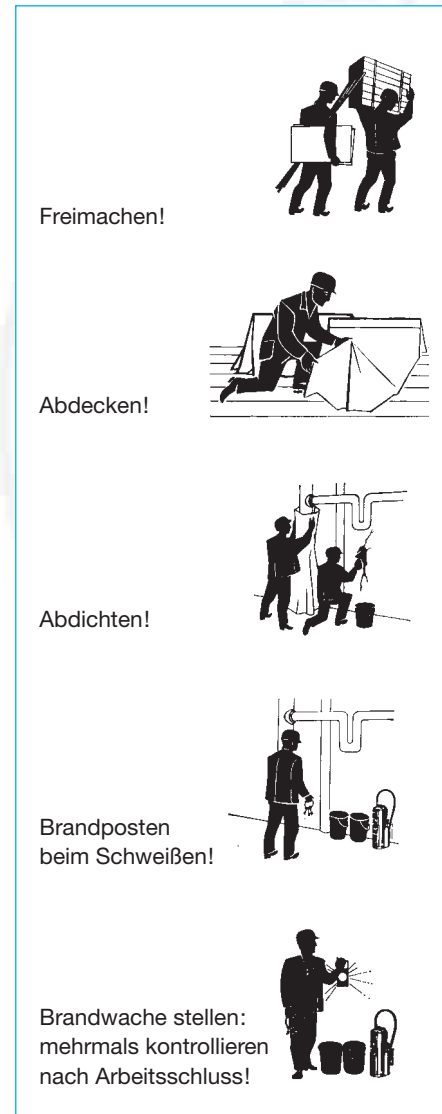


Bild 9-5: Beispiel für eine Schweißerlaubnis

Schweißerlaubnis nach BGR 500, Kapitel 2.26 „Schweißtechnische Arbeiten in Bereichen mit Brandgefahr“		
1	Arbeitsort/-stelle	
1a	Bereich mit Brand- und Explosionsgefahr	Die räumliche Ausdehnung um die Arbeitsstelle: Umkreis (Radius) von ____ m, Höhe von ____ m, Tiefe von ____ m
2	Arbeitsauftrag (z. B. Träger abtrennen) Arbeitsverfahren	Name: _____
3	Sicherheitsmaßnahmen bei Brandgefahr	☐ Entfernen beweglicher brennbarer Stoffe und Gegenstände – ggf. auch Staubablagerungen ☐ Entfernen von Wand- und Deckenverkleidungen, soweit sie brennbare Stoffe abdecken oder verdecken oder selbst brennbar sind ☐ Abdecken ortsfester brennbarer Stoffe oder Gegenstände (z. B. Holzbalken, -wände, -fußböden, -gegenstände, Kunststoffteile) mit geeigneten Mitteln und ggf. deren Anfeuchten ☐ Abdichten von Öffnungen (z. B. Fugen, Ritzen, Mauerdurchbrüche, Rohröffnungen, Rinnen, Kamine, Schächte) zu benachbarten Bereichen durch Lehm, Gips, Mörtel, feuchte Erde usw. ☐ _____
3a	Beseitigen der Brandgefahr	Name: _____ Ausgeführt: _____ (Unterschrift) _____
3b	Bereitstellen von Feuerlöschmitteln	☐ Feuerlöscher mit ☐ Wasser ☐ Pulver ☐ CO ₂ ☐ Löschdecken ☐ Löschsand ☐ angeschlossener Wasserschlauch ☐ wassergefüllte Eimer ☐ Benachrichtigen der Feuerwehr Name: _____ Ausgeführt: _____ (Unterschrift) _____
3c	Brandposten	☐ Während der schweißtechnischen Arbeiten Name: _____
3d	Brandwache	☐ Nach Abschluss der schweißtechnischen Arbeiten Dauer: _____ Std. Name: _____
4	Sicherheitsmaßnahmen bei Explosionsgefahr	☐ Entfernen sämtlicher explosionsfähiger Stoffe und Gegenstände – auch Staubablagerungen und Behälter mit gefährlichem Inhalt oder dessen Resten ☐ Beseitigen von Explosionsgefahr in Rohrleitungen ☐ Abdichten von ortsfesten Behältern, Apparaten oder Rohrleitungen, die brennbare Flüssigkeiten, Gase oder Stäube enthalten oder enthalten haben und ggf. in Verbindung mit lufttechnischen Maßnahmen ☐ Durchführen lufttechnischer Maßnahmen nach EX-RL in Verbindung mit messtechnischer Überwachung ☐ Aufstellen von Gaswarngeräten ☐ _____
4a	Beseitigen der Explosionsgefahr	Name: _____ Ausgeführt: _____ (Unterschrift) _____
4b	Überwachung	☐ Überwachung der Sicherheitsmaßnahmen auf Wirksamkeit Name: _____
4c	Aufhebung der Sicherheitsmaßnahmen	☐ Nach Abschluss der schweißtechnischen Arbeiten Nach: _____ Std. Name: _____
5	Alarmierung	Standort des nächstgelegenen Brandmelders _____ Telefons _____ Feuerwehr Ruf-Nr. _____
6	Auftraggebender Unternehmer (Auftraggeber)	Die Maßnahmen nach 3 und 4 tragen den durch die örtlichen Verhältnisse entstehenden Gefahren Rechnung. Datum _____ Unterschrift _____
7	Ausführender Unternehmer (Auftragnehmer)	Die Arbeiten nach 2 dürfen erst begonnen werden, wenn die Sicherheitsmaßnahmen nach 3 und/oder 4 durchgeführt sind. Datum _____ Unterschrift _____
		Kenntnisnahme des Ausführenden nach 2 Unterschrift _____

Bild 9-6: Beispiel für eine Betriebsanweisung bei regelmäßigen, wiederkehrenden und gleichen Arbeiten. Nur unter diesen Umständen kann die Schweißerlaubnis durch die Betriebsanweisung ersetzt werden

BETRIEBSANWEISUNG	
1.	ANWENDUNGSBEREICH
Schweißtechnische Arbeiten in Bereichen mit Brandgefahr nach BGR 500, Kap. 2.26	
2.	GEFAHREN
- Wegfliegende oder abtropfende heiße Metall- oder Schlacketeilchen. - Wärmeleitung. - Sekundärflammen bei Autogenarbeiten an Rohrleitungen.	
3.	VERHALTENSREGELN
- Festlegen des brandgefährdeten Bereiches. - Absprache der Sicherheitsmaßnahmen mit dem Auftraggeber. - Informieren über Brandmeldeeinrichtungen. - Beginn der schweißtechnischen Arbeiten nach Durchführung der Sicherheitsmaßnahmen.	
4.	SICHERHEITSMASSNAHMEN
- Entfernen sämtlicher beweglicher Stoffe und Gegenstände, die sich durch schweißtechnische Arbeiten in Brand setzen lassen. - Entfernen fester brennbarer Einrichtungen, z. B. Umkleidungen und Isolierungen, soweit baulich und betriebstechnisch durchführbar. - Abdecken verbleibender brennbarer Gegenstände, z. B. Holzbalken oder Kunststoffteile, mit geeigneten Materialien. - Abdichten von Öffnungen, Fugen, Ritzen, Rohröffnungen mit nicht brennbaren Stoffen, z. B. Gips, Mörtel. - Kontrolle auf Brandentstehung durch einen Brandposten mit geeigneten Feuerlöscheinrichtungen, z. B. Feuerlöschern, angeschlossenem Wasserschlauch. - Vorhalten einer Brandwache für angemessenen Zeitrahmen nach Beendigung der schweißtechnischen Arbeiten.	
5.	VERHALTEN BEI BRANDENTSTEHUNG
- Einstellen schweißtechnischer Arbeit. - Unverzögerlicher Löschangriff durch den Brandposten und Alarmierung der Feuerwehr und innerbetriebliche Weitergabe des Alarms. - Warnung in der Nähe tätiger Personen.	
6.	VERHALTEN BEI UNFÄLLEN, ERSTE HILFE
- In Brand geratene Kleidung mit Handschuhen, Löschdecke ersticken. - Gegebenenfalls Alarmierung der Rettungsdienste (Tel. _____).	
7.	MITZUFÜHRENDE ARBEITSMITTEL
- Feuerlöscheinrichtungen, z. B. Feuerlöscher, Wasserschlauch, Löschdecken (DIN 14 155, DIN EN 1869). - Gegebenenfalls mobile Brandmeldeeinrichtungen, Funktelefon. - Materialien zum Abdecken, wie feuerfeste Abdeckmatten usw. - Materialien zum Abdichten, wie Gips, Mörtel.	
Datum:	Unterschrift:

9.2 Bereiche mit Explosionsgefahr

Wenn sich das Entfernen explosionsfähiger Stoffe und Gegenstände durch bauliche Gegebenheiten und betriebstechnische Gründe nicht vollständig verwirklichen lässt, sind zum Verhindern einer explosionsfähigen Atmosphäre folgende ergänzende Sicherheitsmaßnahmen 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. **Lufttechnische Maßnahmen** in Verbindung mit messtechnischer Überwachung, z. B. durch Gaswarngeräte, während der Arbeiten.
4. **Überwachen** der Wirksamkeit der Sicherheitsmaßnahmen während der Arbeiten, z. B. Beobachten von Gaswarngeräten und augenblickliches Einstellen der Arbeiten bei Gefahr.

Die Sicherheitsmaßnahmen sollen unter Beachtung der jeweiligen Umgebungsbedingungen mit dem Auftraggeber abgestimmt werden und müssen in einer Schweißerlaubnis (Beispiel siehe Bild 9-5 auf Seite 59) schriftlich festgelegt werden.

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

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

9.3 Schweißarbeiten in oder an Behältern mit gefährlichem Inhalt

Für Schweißarbeiten in oder an Behältern, z. B. Tanks, Silos, Fässern, Apparaten, Rohrleitungen, Kanälen und dergleichen, die gefährliche Stoffe oder Zubereitungen enthalten oder enthalten haben können, muss eine befähigte Person vor Beginn der Arbeiten die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen festlegen und die Durchführung der Arbeiten überwachen.

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

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

Auch geringe Reste solcher Stoffe können – insbesondere unter Schweißhitze – gefährlich werden. Solche Stoffe sind z. B. auch Heizöl, Dieselmotorenöl, Öle, Fette, bituminöse Massen.

Siehe auch

- Gefahrstoffverordnung (CHV 5),
- Merkheft: Reinigen von Behältern (ZH 1/79),
- BG-Information „Fassmerkblatt“ (BGI 535).

Für Arbeiten in Behältern mit gefährlichem Inhalt siehe auch

- BG-Regel „Arbeiten in Behältern und engen Räumen“ (BGR 117),
- Unfallverhütungsvorschrift „Schiffbau“ (BGV C 28),
- TRGS 507 „Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern“.

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

Die Eigenschaften des Behälterinhaltes 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 erforderlich bei Behältern, die z. B. explosionsgefährliche oder entzündliche Stoffe enthielten.

Die Schutzfüllung kann z. B. aus Wasser, Stickstoff oder Kohlendioxid bestehen.

An geschlossenen Behältern darf nur geschweißt werden, wenn darüber hinaus Vorsichtsmaßnahmen getroffen sind, die das Entstehen eines gefährlichen Überdrucks verhindern (Bilder 9-7 bis 9-10 auf den Seiten 63 bis 64).

Bild 9-7: Arbeitstechnik beim Schweißen an Fässern oder ähnlichen Hohlkörpern

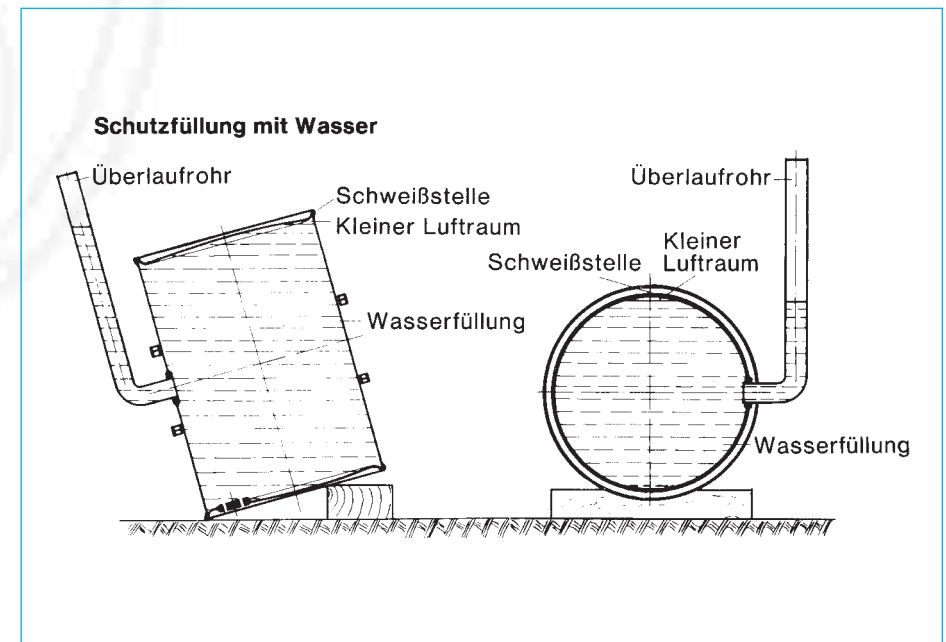


Bild 9-8: Ausdämpfen eines Behälters

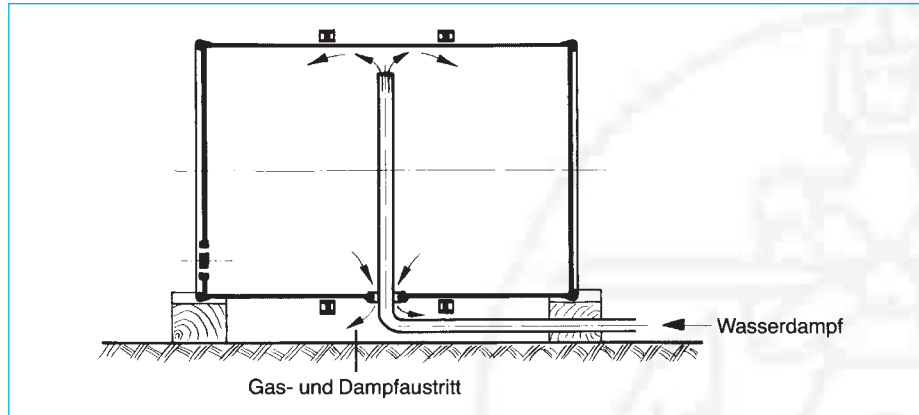


Bild 9-9: Schutzfüllung mit Stickstoff

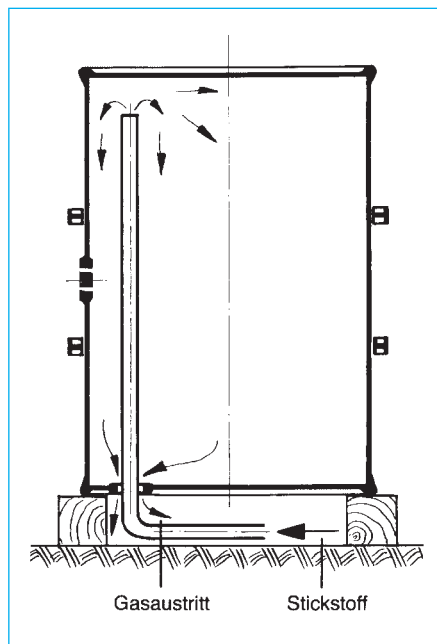
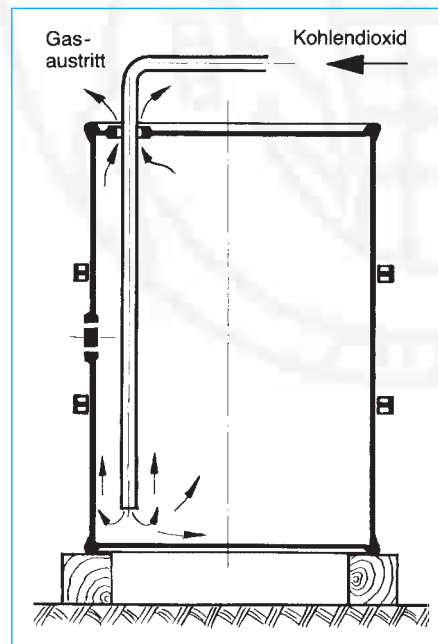


Bild 9-10: Schutzfüllung mit Kohlendioxid



Schutzgase oder Schutzgasgemische werden beim Schweißen eingesetzt, um den Nahtbereich vor Luftzutritt zu schützen und/oder eine aktivierende Wirkung im Schweißbereich auszuüben (Bild 10-1).

Eine weitere Aufgabe kann der Wurzelschutz (Formiergas) beim Schweißen sein.

Gase, die wesentlich schwerer als Luft sind, z. B. Argon (1,4-mal), Formiergas und Kohlendioxid (1,5-mal), können in Vertiefungen oder engen Räumen (Behältern) zur Verdrängung der Atemluft führen.

Stickstoff (N_2) ist etwas leichter als Luft und wird in Mischung mit Wasserstoff als Formiergas zum Wurzelschutz benötigt.

Wasserstoff (H_2) ist viel leichter als Luft und kann zu Bränden und Explosionen führen.

Formiergas mit mehr als 10 % H_2 muss gefahrlos abgeführt oder abgefackelt werden.

Werden zum Spülen von Behältern Formiergase mit mehr als 4 % H_2 verwendet, kann sich im Behälter ein explosionsfähiges Gemisch bilden, solange der O_2 -Gehalt durch unvollständiges Spülen oder unkontrollierten Lufteintritt, z. B. durch Nahtspalte, nicht unter 4 % gesunken ist. Um Schäden zu vermeiden ist es daher zweckmäßig, den O_2 -Gehalt im Behälter vor Schweißbeginn festzustellen.

Bild 10-1: Gase, 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		

Bild 10-2: Farbkennzeichnung von Gasflaschen

Darstellung der bestehenden und neuen Flaschenfarben an Beispielen

Farbtafel 1: Reingase/Gasgemische für industriellen Einsatz

Ist-Zustand (überwiegend)	Neu	Ist-Zustand (überwiegend)	Neu
 blau blau	 weiß blau (grau)	 grau grau (schwarz)	 leuchtend grün grau (leuchtend grün)
Sauerstoff techn.		Xenon, Krypton, Neon	
 gelb gelb (schwarz)	 kastanienbraun kastanienbraun (schwarz, gelb)	 rot rot	 rot rot
Acetylen		Wasserstoff	
 grau grau	 dunkelgrün grau (dunkelgrün)	 rot rot (dunkelgrün)	 rot grau
Argon		Formiergas (Gemisch Stickstoff/Wasserstoff)	
 dunkelgrün dunkelgrün	 schwarz grau (dunkelgrün, schwarz)	 grau grau	 leuchtend grün grau
Stickstoff		Gemisch Argon/Kohlendioxid	
 grau grau	 grau grau	 grau grau	 leuchtend grün grau
Kohlendioxid		Druckluft	
 grau grau	 braun grau		
Helium			

Anmerkungen:

Der zylindrische Flaschenmantel kann verschiedene Farben aufweisen, von denen eine farblich dargestellt ist und die andere(n) in Klammern erwähnt ist (sind).

Sauerstoff (O_2) fördert die Verbrennung und führt schon bei geringer Anreicherung in der Luft zum Sinken der Zündtemperatur, zu einer gefährlichen Beschleunigung von Verbrennungsvorgängen und macht selbst schwer entflammare Stoffe leicht entzündlich.

Gasführende Teile und Lichtbogenbrenner müssen bei Arbeitsunterbrechungen, z. B. Frühstückspause, Mittagspause und Schichtwechsel, aus Vertiefungen, Behältern oder engen Räumen entfernt werden, um gefährliche Ansammlungen von Schutz- und Plasmagasen sicher zu vermeiden.

Die Gasversorgung besteht aus Gasflaschen mit Druckminderern nach DIN EN 585, Überdruckmessgeräten nach DIN EN 562 und Gasschläuchen nach DIN EN 559. Anstelle des Hinterdruckmessgerätes kann ein Mengenmesser verwendet werden.

Gasschläuche für Brenngase sind für mindestens 20 bar zulässigen Betriebsüberdruck, Gasschläuche für nicht brennbare Schutzgase für mindestens 10 bar zulässigen Betriebsüberdruck ausgelegt.

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

- Linksgewinde für Wasserstoff (brennbares Gas) und
- 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.

Die Sicherung der Schläuche gegen Abgleiten von den Schlauchtüllen erfolgt z. B. durch Schlauchschellen.

Kennfarben für die Gasart sind:

- **rot** für H_2 und H_2 -Gemische (brennbares Gas),
- **schwarz** für Ar, He, CO_2 , Luft, N_2 (nicht brennbare Gase),
- **blau** für O_2 .

Leitungen und Teile, die für H_2 und H_2 -Gemische vorgesehen sind, dürfen in Einbauräumen für elektrische Betriebsmittel nicht vorhanden sein und müssen so angeordnet sein, dass sich kein Wasserstoff im Gerät ansammeln kann.

Einzelheiten zum sicheren Umgang mit Gasen und den dazu benötigten Geräten und Einrichtungen enthält die BG-Information „Gasschweißer“ (BGI 554).

11 Lärm

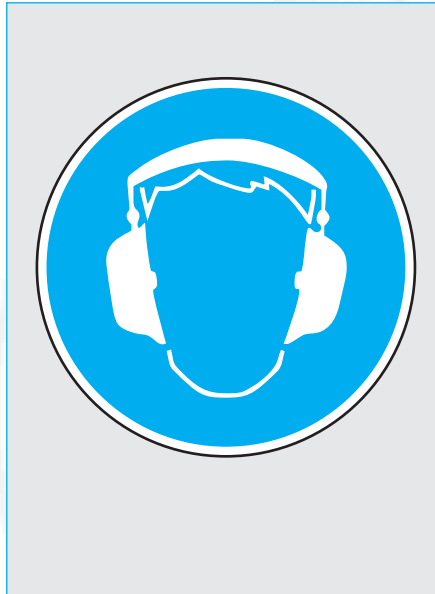
Soweit sich bei einigen Lichtbogen-schweißverfahren, z. B. bei Plasma- und Schutzgasverfahren, Lärm nicht vermeiden lässt, sind folgende Maßnahmen zu ergreifen:

1. Lärmquelle von den übrigen Arbeitsplätzen trennen, z. B. durch Abschirmungen.
2. In Bereichen mit Beurteilungspegeln ab 85 dB (A), [ab 80 dB(A)]:
 - Gehörschutz zur Verfügung stellen.
 - Gehörvorsorgeuntersuchung nach Unfallverhütungsvorschrift „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ (BGV A 4) durchführen.
3. In Bereichen mit Beurteilungspegeln ab 90 dB (A) [ab 85 dB(A)]:
 - Kennzeichnen des Lärmbereiches mit dem Gebotsschild „Gehörschutz benutzen“ (Bild 11-1).
 - Nur mit Gehörschutz arbeiten.

Hinweis:

Die Werte in [] entstammen der EG-Richtlinie „Lärm“, 2003/10/EG.

Bild 11-1: Gebotsschild „Gehörschutz benutzen“



Einzelheiten enthält die BG-Information „Lärm am Arbeitsplatz in der Metall-Industrie“ (BGI 688).

12 Mechanische Gefahren

An dieser Stelle soll nur auf Gefahren hingewiesen werden, die für das Lichtbogen-schweißen spezifisch sind.

Zahlreiche Augenverletzungen entstehen durch abfliegende Schlackestückchen beim Entfernen der Schlacke. Solche Arbeiten sind nur mit Augenschutz auszuführen. Zur Erleichterung der Arbeit sind Freisichtschuttschilde zu empfehlen, bei denen sich unterhalb des Schweißerschuttfilters ein Klarglas befindet. Das Klarglas wird durch eine undurchsichtige Scheibe überdeckt und kann, z. B. über einen Hebel am Handgriff, freigegeben werden. Der Schweißer kann sowohl die Schweißstelle unmittelbar vor dem Zünden des Lichtbogens bei vorgehaltenem Schuttschild noch sehen als auch mit geschütztem Auge Schweißschlacke abklopfen.

Wenn die Hand zum Halten des Schuttschildes nicht frei ist, können aufklappbare Schutzschirme oder Schutzhauben verwendet werden, bei denen, z. B. mit einer Kopfbewegung, durch einen besonderen Mechanismus ein durchsichtiges Visier auf- und zugeklappt werden kann.

Beim Schutzgasschweißen mit Drahtelektroden werden sehr viele Stichverletzungen durch unbeabsichtigtes Einschalten des Drahtvorschubes verursacht. Der unerwartet losschießende Schweißdraht ist gefährlich:

In vielen Fällen wurde bei Reinigungs- oder Wartungsarbeiten an der Schweißbrennerdüse der Auslöseschalter durch festes Umfassen des Schweißbrennergriffes unbeabsichtigt betätigt. Hier wurde versäumt, vor Beginn der Arbeiten am Brenner das Gerät abzuschalten.

Daneben gibt es folgende Möglichkeiten, gefährliche Verletzungen durch den Draht bei unbeabsichtigtem Schalten am Schweißbrenner zu vermeiden:

- Gerät mit Mehrtaktschaltung verwenden,
- Gerät mit Einschleichvorgang verwenden.

Um Verletzungen beim WIG-Schweißen zu vermeiden, wird das Ende des Zusatzdrahtes umgebogen oder durch einen aufgesteckten Korken geschützt.

13 Vorschriften und Regeln

**Zusammenstellung technischer Regelwerke,
die beim Lichtbogenschweißen und bei verwandten Verfahren zu beachten sind.**

13.1 Unfallverhütungsvorschriften

- „Grundsätze der Prävention“ (BGV A 1)
- „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV A 3)
- „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ (BGV A 4)
- „Lärm“ (BGV B 3)
- „Schiffbau“ (BGV C 28)

(zu beziehen durch Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln,
E-Mail: marketing@heymanns.com, Internet: <http://www.heymanns.com>
oder auf Anfrage ggfs. von Ihrer Berufsgenossenschaft)

13.2 BG-Regeln und BG-Informationen

- „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104)
- „Arbeiten in Behältern und engen Räumen“ (BGR 117)
- „Arbeitsplatzlüftung - Lufttechnische Maßnahmen“ (BGR 121)
- „Benutzung von Atemschutzgeräten“ (BGR 190)
- „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ (BGR 192)
- „Odorierung von Sauerstoff zum Schweißen und Schneiden“ (BGR 219)
- „Betreiben von Arbeitsmitteln“ (BGR 500)
- „Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge
nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische
Vorsorgeuntersuchungen – Gesamtausgabe“ (BGI 504)

(zu beziehen durch Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln,
E-Mail: marketing@heymanns.com, Internet: <http://www.heymanns.com>
oder auf Anfrage ggfs. von Ihrer Berufsgenossenschaft)

Einzelausgaben

- „Allgemeiner Teil“ (BGI 504.0)
- „Blei oder seine Verbindungen (mit Ausnahme der Bleialkyle)“ (BGI 504.2)
- „Chrom(VI)-Verbindungen“ (BGI 504.15)
- „Nickel oder seine Verbindungen“ (BGI 504.38)
- „Schweißbrauche“ (BGI 504-39)
- „Arbeiten in engen Räumen“ (BGI 534)
- „Fassmerkblatt“ (BGI 535)
- „Gasschweißer“ (BGI 554)
- „Brandschutz bei Schweiß- und Schneidarbeiten“ (BGI 563)
- „Schadstoffe beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“ (BGI 593)
- „Lärm am Arbeitsplatz in der Metall-Industrie“ (BGI 688)
- „Nitrose Gase beim Schweißen, Schneiden und bei verwandten Verfahren“ (BGI 743)
- „Umgang mit thoriumhaltigen Wolframelektroden beim
Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)“ (BGI 746)

13.3 Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

- G 2 „Blei oder seine Verbindungen (mit Ausnahme der Bleialkyle)“
- G 15 „Chrom(VI)-Verbindungen“
- G 20 „Lärm“
- G 24 „Hauterkrankungen“
- G 26 „Atemschutzgeräte“
- G 38 „Nickel oder seine Verbindungen“
- G 39 „Schweißbrauche“

(zu beziehen durch A. W. Gentner Verlag, Forststraße 131, 70193 Stuttgart,
E-Mail: hummel@gentnerverlag.de, Internet: <http://www.shk.de/gentner/>)

13.4 DIN-Normen, VDE-Bestimmungen

- DIN 1910 „Schweißen“
Teil 1 – Begriffe, Einteilung der Schweißverfahren
Teil 2 – Schweißen von Metallen; Verfahren
Teil 4 – Schutzgasschweißen; Verfahren
- DIN EN 420 „Allgemeine Anforderungen für Handschuhe“
- DIN EN 12 477 „Schutzhandschuhe für Schweißer“
- DIN 32 507 „Probenahme zur Ermittlung der Konzentration luftverunreinigender Stoffe im Atembereich beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“
- DIN EN 165 „Persönlicher Augenschutz; Wörterbuch“
- DIN EN 166 „Persönlicher Augenschutz; Anforderungen“
- DIN EN 169 „Persönlicher Augenschutz; Filter für das Schweißen und verwandte Techniken; Transmissionsanforderungen und empfohlene Verwendung“
- DIN EN 175 „Persönlicher Schutz;
Geräte für Augen- und Gesichtsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren (ausgenommen Hauben)“
- DIN EN 345-1 „Spezifikation der Sicherheitsschuhe für den gewerblichen Gebrauch“
- DIN EN 379 „Anforderungen an Schweißerschutzfilter mit umschaltbarem Lichttransmissionsgrad und Schweißerschutzfilter mit zwei Lichttransmissionsgraden“
- DIN EN 397 „Industrieschutzhelme“
- DIN EN 470-1 „Schutzbekleidung für Schweißen und verwandte Verfahren“
– Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 559 „Gasschweißgeräte – Gummischläuche für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren“
- DIN EN 560 „Gasschweißgeräte; Schlauchanschlüsse für Geräte und Anlagen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren“
- DIN EN 562 „Gasschweißgeräte;
Manometer für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren“
- DIN EN ISO 2503 „Gasschweißgeräte – Druckminderer für Gasflaschen für Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren bis 300 bar“
- DIN EN 1598 „Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Durchsichtige Schweißvorhänge, -streifen und -abschirmungen für Lichtbogenschweißprozesse“
- DIN EN 1869 „Löschdecken“
- DIN EN 60 204-1 (VDE 0113 Teil 1 „Sicherheit von Maschinen; Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 204-1:1991, modifiziert)“
- DIN EN 60 974-1: „Einrichtungen zum Lichtbogenschweißen – Teil 1: Schweißstromquellen“
- DIN EN 60 974-6 „Schweißstromquellen zum Lichtbogenhandschweißen für begrenzten Betrieb“
- DIN EN 60 974-7 „Einrichtungen zum Lichtbogenschweißen – Teil 7: Brenner“
- DIN EN 60 974-10 „Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Produktnorm für Lichtbogenschweißeinrichtungen“
- DIN EN 60 974-11 „Einrichtungen zum Lichtbogenschweißen – Teil 11: Stabelektrodenhalter“
- DIN EN 60 974-12 „Einrichtungen zum Lichtbogenschweißen – Teil 12: Steckverbindungen für Schweißleitungen“
- DIN VDE 0100 „Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V“;
Teil 200 „Begriffe“
Teil 4 „Schutzmaßnahmen; Kap. 41: Schutz gegen elektrischen Schlag“
- DIN EN 50 178 „Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln“
- DIN EN 60 529 „Schutzarten durch Gehäuse“ (IP Code); (IEC 529:1989, 2. Ausgabe)
- DIN VDE 0544 „Schweißeinrichtungen und Betriebsmittel für das Lichtbogenschweißen und verwandte Verfahren“;
Teil 101 – „Errichtung“
- ES 59 014 „Aufstellung und Betrieb von Lichtbogenschweißeinrichtungen“

(zu beziehen durch Beuth-Verlag GmbH, Burggrafstraße 6, 10787 Berlin,
E-Mail: postmaster@beuth.de, Internet: <http://www.beuth.de> bzw.
VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, E-Mail: vertrieb.vde-verlag.de,
Internet: <http://www.vde-verlag.de>)

13.5 Andere Schriften

DVS-Merkblätter

- DVS 0201 „Technische Gase für Schweißen, Schneiden und verwandte Arbeitsverfahren; Sauerstoff“
- DVS 0205 „Technische Gase für Schweißen, Schneiden und verwandte Arbeitsverfahren; Argon“
- DVS 0206 „Technische Gase für Schweißen, Schneiden und verwandte Arbeitsverfahren; Kohlendioxid (CO₂ - Kohlensäure)“
- DVS 0211 „Transport von Druckgasflaschen in geschlossenen Kraftfahrzeugen“
- DVS 0212 „Umgang mit Druckgasflaschen“
- DVS 0213 „Technische Gase für Schweißen, Schneiden und verwandte Arbeitsverfahren; Helium“
- DVS 1203 „Arbeitsschutz beim Schweißen; Einrichtung von Schweißwerkstätten unter Arbeitsschutzaspekten“
- DVS 1812 „Arbeitsschutz beim Unterswasserschweißen und -schneiden“
- DVS 1814 „Gefahren durch elektrischen Strom beim nassen Unterswasserlichtbogenschweißen und notwendige Schutzmaßnahmen“
- DVS 6005 „Lüftungs- und raumluftechnische Anlagen für Schweißwerkstätten“

(zu beziehen durch DVS-Verlag GmbH, Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf,
E-Mail: dvs-verlag@aol.com, Internet: <http://www.dvs-verlag.de>)

Fachbuchreihe Schweißtechnik

- Nr. 29 „Arbeitsschutz beim Schweißen“

(zu beziehen durch DVS-Verlag GmbH, Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf,
E-Mail: dvs-verlag@aol.com, Internet: <http://www.dvs-verlag.de>)

„Richtlinien für den Brandschutz bei Schweiß-, Löt- und Trennschleifarbeiten“

(zu beziehen durch VDS-Verlag, Amsterdamer Straße 174, 50735 Köln,
E-Mail: verlag@vds.de, Internet: <http://www.vds.de>)

Zuständigkeitsbereiche der Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften (VMBG)



Quelle: www.arbeitssicherheit.de - Kooperation des HVBG mit dem Carl Heymanns Verlag © 2005
Unberechtigte Vervielfältigung verboten.



Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften (VMBG)

Federführung: Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft

40210 **Düsseldorf** · Kreuzstraße 45
Telefon (02 11) 82 24-0 · Telefax (02 11) 82 24-4 44 und 5 45
Internet: www.vmbg.de

05.05

Verwaltungsgemeinschaft Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft (MMBG) Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft (HWBG)

40210 **Düsseldorf** · Kreuzstraße 45
Telefon (02 11) 82 24-0 · Telefax (02 11) 82 24-4 44
Internet: www.mmbg.de · www.hwbg.de

Präventionsabteilung (Aufsichtsdienst)

Leitung: 40210 **Düsseldorf** · Kreuzstraße 45
Telefon (02 11) 82 24-0 · Telefax (02 11) 82 24-5 45
E-Mail: praevention@mmbg.de

Außendienststellen der Präventionsabteilung

44263 **Dortmund** · Semerteichstraße 98
Telefon (02 31) 41 96-0 · Telefax (02 31) 41 96-1 99
E-Mail: ad.dortmund@mmbg.de

33602 **Bielefeld** · Oberntorwall 13/14
Telefon (05 21) 9 67 04-70 · Telefax (05 21) 9 67 04-99
E-Mail: ad.bielefeld@mmbg.de

40239 **Düsseldorf** · Graf-Recke-Straße 69
Telefon (02 11) 82 24-0 · Telefax (02 11) 82 24-8 44
E-Mail: ad.duesseldorf@mmbg.de

51065 **Köln** · Berg, Gladbacher Straße 3
Telefon (02 21) 67 84-0 · Telefax (02 21) 67 84-2 22
E-Mail: ad.koeln@mmbg.de

06842 **Dessau** · Raguhner Straße 49 b
Telefon (03 40) 25 25-0 · Telefax (03 40) 25 25-3 62
E-Mail: ad.dessau@mmbg.de

39104 **Magdeburg** · Ernst-Reuter-Allee 45
Telefon (03 91) 5 32 29-0 · Telefax (03 91) 5 32 29-11
E-Mail: ad.magdeburg@mmbg.de

01109 **Dresden** · Zur Wetterwarte 27
Telefon (03 51) 8 86-50 41 · Telefax (03 51) 8 86-45 76
E-Mail: ad.dresden@mmbg.de

04109 **Leipzig** · Elsterstraße 8 a
Telefon (03 41) 1 29 91-0 · Telefax (03 41) 1 29 91-11
E-Mail: ad.leipzig@mmbg.de

Norddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft (NMBG)

30173 **Hannover** · Seligmannallee 4

Telefon (05 11) 81 18-0 · Telefax (05 11) 81 18-2 00
Internet: www.nmbg.de

Präventionsbezirke

30173 **Hannover** · Seligmannallee 4
Telefon (05 11) 81 18-2 18 · Telefax (05 11) 81 18-5 69
E-Mail: pb-h@nmbg.de

10825 **Berlin** · Innsbrucker Straße 26/27
Telefon (0 30) 7 56 97-3 33 · Telefax (0 30) 7 56 97-2 40
E-Mail: pb-b@nmbg.de

28195 **Bremen** · Töferbohmstraße 10
Telefon (04 21) 30 97-2 30 · Telefax (04 21) 30 97-2 55
E-Mail: pb-hb@nmbg.de

20149 **Hamburg** · Rothenbaumchaussee 145
Telefon (0 40) 4 41 12-2 10 · Telefax (0 40) 4 41 12-2 96
E-Mail: pb-hh@nmbg.de

18055 **Rostock** (Außenstelle) · Blücherstraße 27
Telefon (03 81) 49 56-1 54 · Telefax (03 81) 49 56-2 50
E-Mail: pb-hro@nmbg.de

Berufsgenossenschaft Metall Süd (BGMS)

55130 **Mainz** · Wilh.-Theodor-Römheld-Str. 15

Telefon (0 61 31) 8 02-8 02 · Telefax (0 61 31) 8 02-5 72
E-Mail: best@bgm-s.de
Internet: www.bgmetsued.de

Präventionsdienste

80639 **München** · Arnulfstraße 283
Telefon (0 89) 1 79 18-2 35 · Telefax (0 89) 1 79 18-2 49
E-Mail: pd-muenchen@bgm-s.de

83278 **Traunstein** (Außenstelle) · Kernstraße 4
Telefon (0 8 61) 7 08 78-0 · Telefax (0 8 61) 7 08 78-20
E-Mail: pd-traunstein@bgm-s.de

90403 **Nürnberg** · Weinmarkt 9-11
Telefon (0 9 11) 23 47-1 23 · Telefax (0 9 11) 23 47-1 52
E-Mail: pd-nuernberg@bgm-s.de

70563 **Stuttgart** · Vollmoellerstraße 11
Telefon (0 7 11) 13 34-40 00 · Telefax (0 7 11) 13 34-41 00
E-Mail: pd-stuttgart@bgm-s.de

79100 **Freiburg** (Außenstelle) · Basler Straße 65
Telefon (0 7 61) 4 56 88-60 · Telefax (0 7 61) 4 56 88-88
E-Mail: pd-freiburg@bgm-s.de

68165 **Mannheim** · Augustaanlage 57
Telefon (0 6 21) 38 01-5 40 · Telefax (0 6 21) 38 01-2 73
E-Mail: pd-mannheim@bgm-s.de

66119 **Saarbrücken** · Koßmannstraße 48-52
Telefon (0 6 81) 85 09-1 21 · Telefax (0 6 81) 85 09-87
E-Mail: pd-saarbruecken@bgm-s.de

55130 **Mainz** · Wilh.-Theodor-Römheld-Str. 15
Telefon (0 61 31) 8 02-4 00 · Telefax (0 61 31) 8 02-1 33
E-Mail: pd-mainz@bgm-s.de

99097 **Erfurt** · Lucas-Cranach-Platz 2
Telefon (0 3 61) 43 91-6 24 · Telefax (0 3 61) 43 91-6 02
E-Mail: pd-erfurt@bgm-s.de

36251 **Bad Hersfeld** (Außenstelle) · Seilerweg 54
Telefon (0 6 6 21) 4 05-2 20 · Telefax (0 6 6 21) 4 05-2 30
E-Mail: pd-bad_hersfeld@bgm-s.de

09117 **Chemnitz** (Außenstelle) · Nevoigtstraße 29
Telefon (0 3 71) 8 42 22-0 · Telefax (0 3 71) 8 42 22-18
E-Mail: pd-chemnitz@bgm-s.de



Anschläger (BGI 556)

Arbeiten an Bildschirmgeräten (BGI 742)

Arbeiten an Gebäuden und Anlagen
vorbereiten und durchführen (BGI 831)

Arbeiten in engen Räumen (BGI 534)

Arbeiten unter Hitzebelastung (BGI 579)

Arbeitsschutz im Handwerksbetrieb (BGI 741)

Arbeitsschutz will gelernt sein – Ein Leitfaden für den
Sicherheitsbeauftragten (BGI 587)

Arbeitssicherheit durch
vorbeugenden Brandschutz (BGI 560)

Auftreten von Dioxinen (PCDD/PCDF) bei der
Metallerzeugung und Metallbearbeitung (BGI 722)

Belastungstabellen für Anschlagmittel (BGI 622)

Damit Sie nicht ins Stolpern kommen (BGI 5013)

Der erste Tag – Leitfaden für den
Unternehmer als Organisationshilfe und zur
Unterweisung von Neulingen (BGI 568)

Einsatz von Fremdfirmen
im Rahmen von Werkverträgen (BGI 865)

Elektrofachkräfte (BGI 548)

Elektromagnetische Felder in Metallbetrieben (BGI 839)

Elektrostatisches Beschichten (BGI 764)

Fahrzeug-Instandhaltung (BGI 550)

Gabelstaplerfahrer (BGI 545)

Galvaniseure (BGI 552)

Gasschweißer (BGI 554)

Gebrauch von Hebebändern und
Rundschlingen aus Chemiefasern (BGI 873)

Gefährdungen in der
Kraftfahrzeug-Instandhaltung (BGI 808)

Gefahren beim Umgang mit Blei und
seinen anorganischen Verbindungen (BGI 843)

Gefahren durch Sauerstoff (BGI 644)

Gefahrstoffe in Gießereien (BGI 806)

Gießearbeiter (BGI 549)

Handwerker (BGI 547)

Hautschutz in Metallbetrieben (BGI 658)

Inhalt und Ablauf der Ausbildung
zur Fachkraft für Arbeitssicherheit (BGI 838)

Informationen zur Ausbildung
der Fachkraft für Arbeitssicherheit (BGI 838-1)

Instandhalter (BGI 577)

Jugendliche (BGI 624)

Kranführer (BGI 555)

Lackierer (BGI 557)

Lärm am Arbeitsplatz in der Metall-Industrie (BGI 688)

Leitern sicher benutzen (BGI 521)

Lichtbogenschweißer (BGI 553)

Maschinen der Zerspanung (BGI 5003)

Mensch und Arbeitsplatz (BGI 523)

Metallbau-Montagearbeiten (BGI 544)

Nitrose Gase beim Schweißen
und bei verwandten Verfahren (BGI 743)

Presseneinrichter (BGI 551)

Prüfung von Pfannen (BGI 601)

Rückengerechtes Verhalten im Gerüstbau (BGI 821)

Schadstoffe beim Schweißen
und bei verwandten Verfahren (BGI 593)

Schleifer (BGI 543)

Schutz gegen Absturz – Auffangsysteme sachkundig
auswählen, anwenden und prüfen (BGI 826)

Schweißtechnische Arbeiten mit chrom- und nickel-
legierten Zusatz- und Grundwerkstoffen (BGI 855)

Sichere Reifenmontage (BGI 884)

Sichere Verwendung von
Flüssiggas in Metallbetrieben (BGI 645)

Sicherer Umgang mit
fahrbaren Hubarbeitsbühnen (BGI 720)

Sicherheit bei der Blechbearbeitung (BGI 604)

Sicherheit beim Arbeiten mit Handwerkzeugen (BGI 533)

Sicherheit beim Errichten und Betreiben
von Batterieladeanlagen (BGI 5017)

Sicherheit durch Betriebsanweisungen (BGI 578)

Sicherheit durch Unterweisung (BGI 527)

Sicherheit in Gießereien

Sicherheit und Gesundheitsschutz
bei Transport- und Lagerarbeiten (BGI 582)

Sicherheit und Gesundheitsschutz
durch Koordinieren (BGI 528)

Stress am Arbeitsplatz (BGI 609)

Tätigkeiten mit biologischen
Arbeitsstoffen in der Metallindustrie (BGI 805)

Umgang mit Gefahrstoffen (BGI 546)

Verringerung von Autoabgasen
in der Kfz-Werkstatt (BGI 894)

Wolfram-Inertgasschweißen (WIG) (BGI 746)

Auf CD-ROM erhältlich:

„Prävention – Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz“