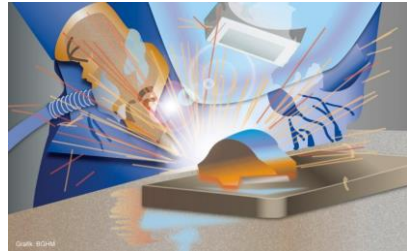


Gefahren des elektrischen Stroms und Schweißen in engen Räumen



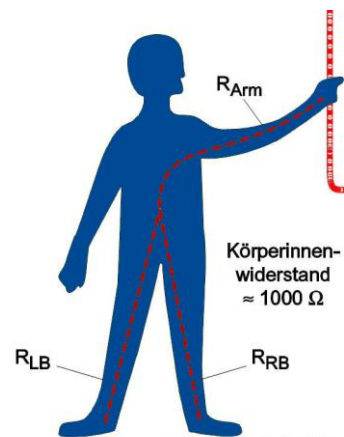
ID 041833

1

Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen

ist abhängig von

- Stromstärke
- Stromart (Gleichstrom, Wechselstrom)
- Stromweg im Körper
- Zeit (Einwirkdauer)
- Frequenz



ID 034962

2

Stromstärken (1)

Wirkung bei $> 0,3 \text{ s}$



Bereich	Auswirkung
0,01 - 1 mA	Strom gerade wahrnehmbar, Kitzeln in der Hand (wie „durch Ameisen“)
1 - 5 mA	„Einschlafen“ der Hand, leichte Versteifung möglich
5 - 15 mA	Loslassgrenze, Krampfgefühl bis Oberarm, Blutdrucksteigerung abhängig von I (Stromstärke)
15 - 25 mA	Selbständiges Lösen nicht mehr möglich, Erhöhung des Herzschlages

ID 034964

3

Stromstärken (2)

Wirkung bei $> 0,3 \text{ s}$

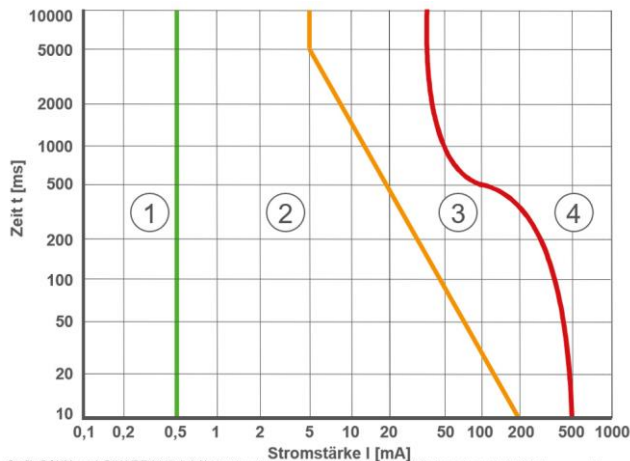


Bereich	Auswirkung
25 - 80 mA	Blutdrucksteigerung, Herzunregelmäßigkeit, oberhalb 50 mA Herzkammerflimmern möglich
80 mA - 5 A	Tod durch Herzkammerflimmern, eventuell Verbrennungen
oberhalb 5 A	innere und äußere Verbrennungen, Herzstillstand während Durchströmung, Tod durch Verbrennung oder Verkohlung

ID 034965

4

Stromstärke Zeit Diagramm (für Wechselstrom AC)



- ① nicht spürbar
- ② spürbar bis Muskelverkrampfung
- ③ Muskelverkrampfung, Atemschwierigkeiten
- ④ Herzkammerflimmern, Atemstillstand, Herzstillstand

ID 031012

5

Herzkammerflimmern

- Herzmuskelfasern ziehen sich völlig unabhängig voneinander zusammen: das Herz „flimmert“ (Abb. 2)
- Pumpwirkung des Herzens ist aufgehoben → dadurch bricht Blutkreislauf zusammen
- Herz-Kreislaufstillstand → dadurch Minderversorgung der Organe einschl. des Gehirns mit Sauerstoff
- Herzkammerflimmern kann auch verzögert einsetzen, weshalb jeder Verunglückte nach Stromschlag ärztlich versorgt werden muss (EKG → wenn EKG unauffällig, mind. 2 h unter Beobachtung)



Abb. 1 normaler Herzrhythmus



Abb. 2 Herzkammerflimmern

Bild- und Textquelle: DGUV Information 202-039

ID 043503

6



Basisschutz – Schutz gegen direktes Berühren

Das Schutzziel:

Gefährliche aktive (im üblichen Betrieb unter Spannung stehende) Teile dürfen nicht berührbar sein.

Beispiele:

Die aktiven Teile eines vergossenen oder verschraubten Steckernetzteiles sind gegen direktes Berühren geschützt.

- *Schutzabdeckungen an Schweißgeräten*

Textquelle: DGUV Information 202-039

ID 031858

7



Fehlerschutz - Übersicht

- Fehlerschutz wird auch als „Schutz bei indirektem Berühren“ bezeichnet
- bei Defekt:
berührbare Teile dürfen keine gefährliche Spannung annehmen
→ In der elektrischen Anlage müssen eine oder mehrere der folgenden Schutzmaßnahmen angewendet werden:

ID 000475

8

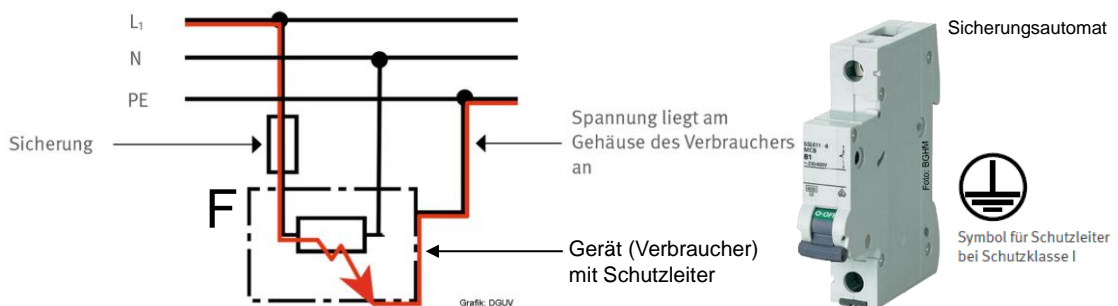
Fehlerschutz in elektrischen Anlagen - Übersicht

- Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung
- Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung
- Schutz durch Schutztrennung
- Schutz durch Kleinspannung mittels SELV- oder PELV-System
 - SELV = Safety Extra Low Voltage
 - Schutzkleinspannung
 - PELV = Protective Extra Low Voltage
 - Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung
- Zusätzlicher Schutz mittels RCD (*Residual Current Protective Device*)
= Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, FI-Schutz, allpolige Abschaltung in 0,2 - 0,4 s).

ID 031860

9

Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung



Spannung an Gehäuse durch Gerätedefekt → Vom Leiter L₁ über das Gehäuse und den Schutzleiter PE fließt Strom zur Spannungsquelle zurück.

= Kurzschlussstrom → löst die Überstromschutzeinrichtung (Sicherung F) aus;
Stromversorgung wird automatisch abgeschaltet.

ID 032420

10

Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung

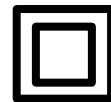
Doppelte oder verstärkte Isolierung (Schutzisolierung):

- Basisisolierung und weitere Isolierung oder
- verstärkte Isolierung, die gleichzeitig Basis- und Fehlerschutz sicherstellt.

Diese Geräte besitzen

- in der Regel keinen Schutzleiter und
- werden als Betriebsmittel der Schutzklasse II bezeichnet.

Symbol für Schutzklasse II



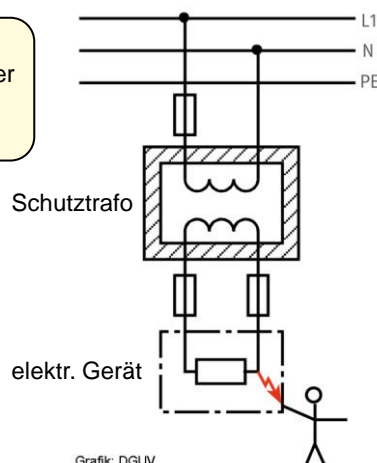
ID 032421

11

Schutz durch Schutztrennung

Wichtiger Hinweis

Es darf nur ein Verbraucher am Schutztransformator angeschlossen werden.



Symbol für Trenntransformator



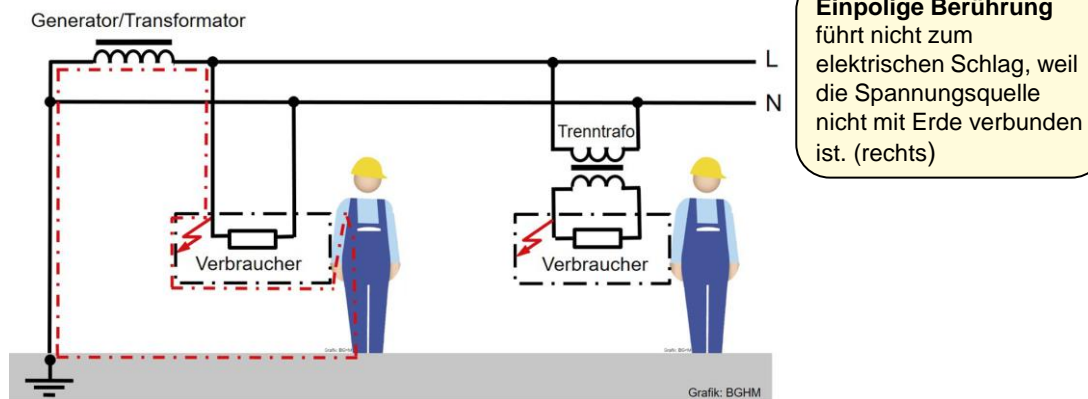
Einpolige Berührung

führt nicht zum elektrischen Schlag, weil die Spannungsquelle nicht mit Erde verbunden ist.

ID 043504

12

Schutz durch Schutztrennung



ID 031865

13

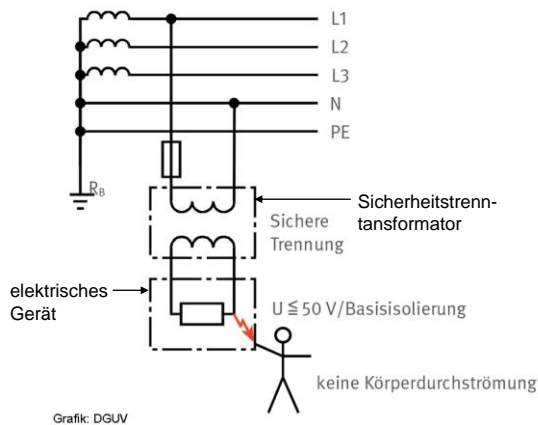
Schutz durch Kleinspannung mittels SELV- oder PELV-System

- Sicherheitstransformatoren versorgen Schutzkleinspannungsstromkreise (SELV oder PELV)
SELV = **S**afety **E**xtra-**L**ow **V**oltage (Sicherheitskleinspannung)
PELV = **P**rotective **E**xtra-**L**ow **V**oltage (Funktionskleinspannung hauptsächlich für IT-Systeme relevant)
- Maximale Spannung 50 V (Wechselspannung 50 Hz)
oder 120 V (Gleichspannung)

ID 031867

14

Schutz durch Kleinspannung mittels SELV



Im Gegensatz zur Schutztrennung dürfen bei SELV oder PELV beliebig viele Verbrauchsmittel angeschlossen werden.



Symbol für Sicherheitstrenntransformator



ID 031613

15

Zusätzlicher Schutz - RCD (FI-Schutz)

Zusätzlicher Schutz:

Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD - Residual Current Protective Device)

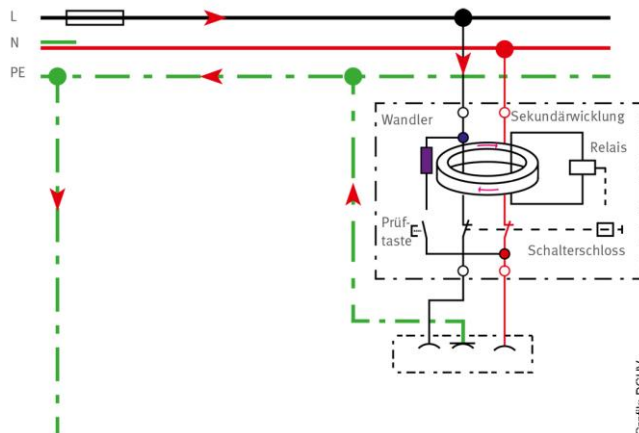
Im Fehlerfall (Fehlerstrom $\leq 30 \text{ mA}$) unterbricht der RCD den Stromkreis in ca. 0,3 s.

→ Durch die Abschaltung im Fehlerfall innerhalb dieser kurzen Abschaltzeit werden schwerwiegende Gesundheitsschäden verhindert.

ID 031863

16

Funktion einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)



Gratifik: DGUV

ID 031868

17

Zusätzlicher Schutz RCD (FI-Schutz) - PRCD

PRCD

(Portable Residual Current Device):

- ortsveränderliche Fehlerstrom-Schutzeinrichtung.
- erkennt u. a. den Bruch des Schutzleiters mittels Prüftaste

PRCD mit Verlängerungskabel



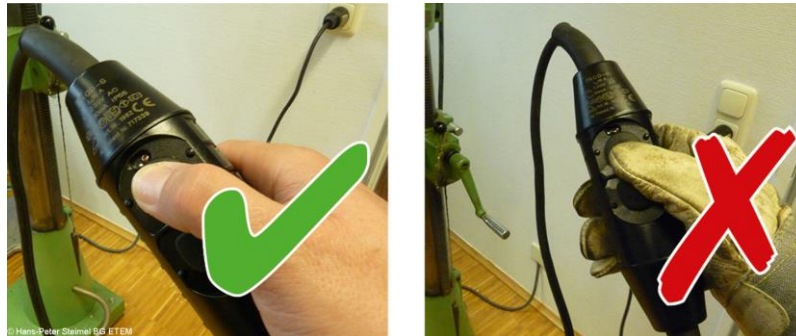
Foto: BGHM



ID 043505

18

Mögliche Fehler beim Prüfen des Schutzleiters mittels PRCD



Durch die **Isolation**, z. B. **Handschuh**, wird der **Schutzleiter nicht geprüft**, da das Gerät durch die Isolierung davon ausgeht das der Schutzleiter in Ordnung ist - auch bei defektem Schutzleiter!

ID 043506

19

Wie sieht es mit den Schutzmaßnahmen beim Schweißen aus?

- erste Schutzmaßnahme ist der **Basisschutz** → z. B. durch Isolierung
- zweite Schutzmaßnahme **Fehlerschutz** → z. B. Schutztrennung

Keinen „ausreichenden Berührungsschutz“ haben z. B.:

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

ID 033429

20

Körperdurchströmungen durch Berührungsspannung (Beispiele)

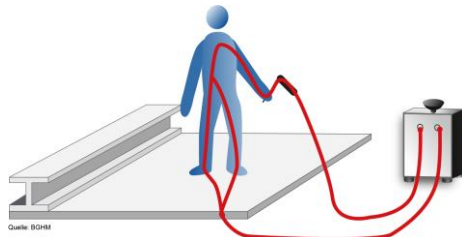
Berechnung der Körperdurchströmung

U (Leerlaufspannung) = 113 Volt DC
(Gleichstrom)

R (Körperwiderstand) = 750 Ohm

Formel:

$$I = U/R = 113 \text{ Volt}/750 \text{ Ohm} = \mathbf{150 \text{ mA}}$$



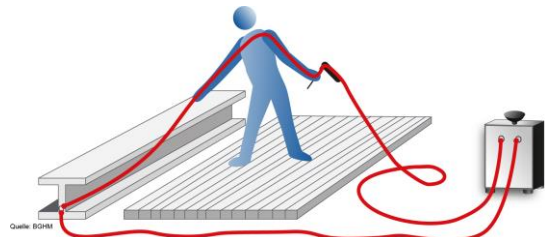
Berechnung der Körperdurchströmung

U (Leerlaufspannung) = 113 Volt DC
(Gleichstrom)

R (Körperwiderstand) = 1000 Ohm

Formel:

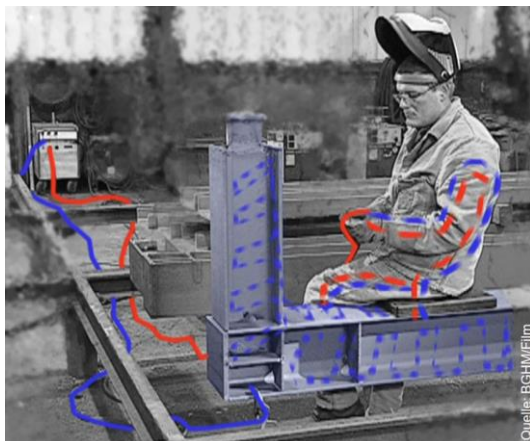
$$I = U/R = 113 \text{ Volt}/1000 \text{ Ohm} = \mathbf{113 \text{ mA}}$$



ID 002481

21

Beispiel für Körperdurchströmung



Schweißstrom fließt den Schweißer

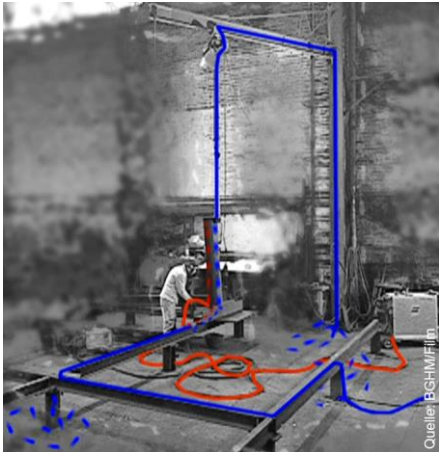
Schutzmaßnahme gegen
Körperdurchströmung:

- Isolierung durch Kleidung, Schuhe, Handschuhe und isolierende Unterlage

ID 043508

22

Beispiel für „Vagabundierende Ströme“



Schweißstrom fließt u. a. über Kran zurück und kann somit den Schutzleiter der Krananlage oder das Kranseil beschädigen bzw. zerstören.






Schutzmaßnahme:

- Einsatz von „Isolierwirbel“ - verhindert durch Isolation vagabundierende Ströme über Kranhaken



ID 043509

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

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

Grafik: BGHM

ID 043510

Verhaltensregeln beim Ein-/Ausschalten von Schweißgeräten

1. Netzanschluss herstellen
2. Schweißstromrückleitung am Werkstück anschließen
3. Stabelektrodenhalter bzw. Schweißbrenner isoliert ablegen
4. Stromquelle einschalten

Zum Abschalten muss in umgekehrter Reihenfolge vorgegangen werden.

- Bei längeren Arbeitsunterbrechungen (z. B. Essenspausen, Schichtwechsel) muss das Schweißgerät vollständig ausgeschaltet werden.
- Bei kurzen Unterbrechungen darf der Elektrodenhalter oder Lichtbogenbrenner nur auf einer isolierenden Unterlage abgelegt werden.

ID 043511

25

Verhaltensregeln beim Ein-/Ausschalten von Schweißgeräten

- Isoliertes Ablegen bei kurzen Arbeitsunterbrechungen!
- Bei längeren Arbeitsunterbrechungen, z. B. Pausen, Schweißgerät ausschalten!
- Beispiele für isoliertes Ablegen:



ID 043512

26

Schweißen am Werkstück mit mehreren Schweißgeräten

Schweißen mehrere Beschäftigte an einem Werkstück, können durch die Verschaltung der Schweißgeräte gefährliche Ströme entstehen.

In diesem Fall muss durch eine **geeignete Person** geprüft werden, ob die zulässige Leerlaufspannung nicht überschritten wird.

Geeignete Personen sind z. B.:

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

ID 043513

27

Höchstwerte von Leerlaufspannungen

Einsatzbedingungen	Spannungsart	Höchstwerte in V	
		Scheitelwert	Effektivwert
Erhöhte elektrische Gefährdung	Gleich (DC) Wechsel (AC)	113 68	48
Ohne erhöhte elektrische Gefährdung	Gleich Wechsel	113 113	80
Begrenzter Betrieb ohne erhöhte elektrische Gefährdung	Gleich Wechsel	113 78	55
Lichtbogenbrenner, maschinell geführt	Gleich Wechsel	141 141	100
Plasmaverfahren	Gleich Wechsel	710 710	500
Unter Wasser, mit Personen im Wasser	Gleich Wechsel	65 unzulässig	unzulässig

ID 034970

28

Leitungsschutz – Kabelabdeckungen als Schutzmaßnahme



Foto: BGHM

Zuleitungen der Netzseite (Primärseite) können mechanisch beschädigt werden.

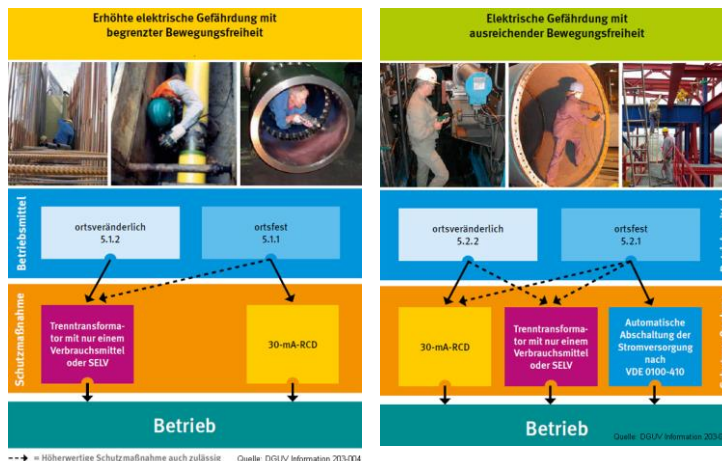
- z. B. durch Überfahren, Einklemmen oder scharfe Kanten

Schutzmaßnahme: Kabelabdeckungen

ID 043514

29

Erhöhte elektrische Gefährdung - Beispiele



Erhöhte elektrische Gefährdung liegt vor, wenn elektrische Anlagen und Betriebsmittel in leitfähigen Bereichen betrieben werden.

ID 043487a

30

Erhöhte elektrische Gefährdung - Beispiele



ID 041406a

31

Schweißgeräte - Bildbeispiele

Bei Schweißarbeiten mit erhöhter elektrischer Gefährdung dürfen nur Schweißgeräte eingesetzt werden, die mit K, 42V oder mit S gekennzeichnet sind.

Die Geräte sind grundsätzlich außerhalb des Arbeitsbereiches aufzustellen.



ID 043482a

32

Schweißstromquellen für erhöhte elektrische Gefährdung

Der Schutz des Schweißers ist bei erhöhter elektrischer Gefährdung durch zwei Maßnahmen sicherzustellen:

- Auswahl geeigneter Stromquellen
- Sicherstellung einer ausreichenden Isolation der Person

Kennzeichnungen von Schweißstromquellen, die in Bereichen mit erhöhter elektrischer Gefährdung eingesetzt werden dürfen:



ID 123456

33

Erhöhte elektrische Gefährdung



Geräte, die für den Einsatz unter erhöhter elektrischer Gefährdung geeignet sind, bieten allein keinen ausreichenden Schutz.

Zusätzliche Schutzmaßnahmen Isolation durch:

- Zwischenlagen (z. B. Schweißerschutzkissen) und
- PSA (Schweißerschutzanzug, Handschuhe, Schutzschuhe, etc.)

ID 034972a

34

Erhöhte elektrische Gefährdung

Schweißstromquellen dürfen bei erhöhter elektrischer Gefährdung grundsätzlich nicht im Arbeitsbereichen aufgestellt werden.

Ist es durch die Art des Arbeitsplatzes nicht zu umgehen, Schweißstromquellen auf leitfähigen Flächen aufzustellen, muss

- die Netzzuleitung geschützt verlegt werden,
- die Netzzuleitung mit einer Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) mit 30 mA Nennfehlerstrom abgesichert werden,
- sich die Steckdose außerhalb des Arbeitsbereichs bzw. der elektrisch leitfähigen Flächen befinden.

Ferner kann auch ein Trenntransformator eingesetzt werden, der ebenfalls außerhalb der leitfähigen Flächen aufgestellt werden muss.

ID 034974

35

Schweißen in engen Räumen

ID 041834

36

Gefährliche Arbeiten

wenn **erhöhte** oder **besondere** Gefährdung aus

- Arbeitsverfahren,
- der Art der Tätigkeit,
- den verwendeten Stoffen,
- der Umgebung

gegeben sein kann.



ID 034465

37

Arbeiten in Bereichen mit besonderen Gefahren

DGUV Regel 100-500 Teil 2 Kapitel 2.26 (Abschnitt 3.6)

...**3.6.1** Der Unternehmer hat vor Beginn schweißtechnischer Arbeiten festzustellen, ob es sich in dem Arbeitsbereich um Arbeiten ... mit besonderen Gefahren handelt

1. Arbeiten mit Brand- und Explosionsgefahr nach Abschnitt 3.8
2. Arbeiten an Behältern mit gefährlichem Inhalt nach Abschnitt 3.9
3. Arbeiten unter erhöhter elektrischer Gefährdung nach Abschnitt 3.23
4. Unterwasserschweiß- und Schneidarbeiten nach Abschnitt 3.25
5. Arbeiten in engen Räumen nach Abschnitt 3.7
6. Arbeiten in Druckluft nach Abschnitt 3.26

ID 034976

38

Enge Räume

Räume

- ohne natürlichen Luftabzug und zugleich mit einem Luftvolumen unter 100 m³
oder
- mit einer Abmessung (Länge oder Breite oder Höhe) unter 2 m (erhöhte elektrische Gefährdung beim Lichtbogenschweißen)



Quelle: DGUV Regel 113-004

ID 030479

39

Was sind Behälter und enge Räume?

Dies sind allseits oder überwiegend **von festen Wandungen** umgebene Bereiche, in denen aufgrund ihrer

- räumlichen Enge, von zu geringem Luftaustausch oder
- der in ihnen befindlichen bzw. eingebrachten Stoffe, Gemische, Verunreinigungen oder Einrichtungen

besondere Gefährdungen bestehen oder entstehen können...

⇒ Definition siehe Punkt 2.1 DGUV Regel 113-004

ID 034977

40

Behälter und enge Räume

Können z. B. sein:

- Gruben, Schächte, Gräben und Kanäle

oder können aus der Teilung anderer Räume entstehen; z. B.

- Kofferdämme und Doppelbodenzellen in Schiffsräumen oder in Behältern
- Verengungen durch Einbauten in Maschinenräumen
- Raummenge in Rohrbrücken

⇒ siehe auch Ziff. 2 DGUV Information 213-001 „Arbeiten in engen Räumen“

ID 034978

41

Gefährdungen in „engen Räumen“ (1)

- Entstehung gesundheitsgefährlicher Stoffe
(aus Rückständen, chemischen Reaktionen und Verfahren)
- Entstehung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- Anreicherung / Verarmung an Sauerstoff
(inerte Gase, Schutzgase, Sauerstoffverbrauch)
- Gefahr elektrischer Durchströmung



ID 034980

42

Gefährdungen in „engen Räumen“ (2)

- Strahlenquellen / Blendung
(z. B. bei hellen glatten Oberflächen)
- Lärm / erschwerte Verständigung
- eingeschränkte Sicht / fehlender unmittelbarer
Sicht- und Sprechkontakt
- Tätigkeit in Zwangslagen



ID 034981

43

Gefährdungen in „engen Räumen“ (3)

- bewegliche Einrichtungen, Einbauten (z. B. Fördertechnik)
- erschwerte Fluchtmöglichkeit / Zugang /
Rettungsmöglichkeit / Verstellen von Fluchtwegen
- sich öffnende oder schließende Armaturen
- Heiz- und Kühleinrichtungen
- Versinken in Schüttgütern



ID 034982

44

Schutzmaßnahmen in engen Räumen

DGUV Regel 100-500 Teil 2 Kapitel 2.26 Ziffer 3.7

Lufttechnische Maßnahmen	Absaugung / technische Lüftung zur Verhinderung gefährbringender Situationen
Belüftung	nicht mit Sauerstoff
Atemschutz	geeignete Geräte
Schutzanzug	schwer entflammbar
Einsatz Gasversorgung	außerhalb
Schutzmaßnahmen bei Arbeitsunterbrechung	Entfernen der Schläuche und Brenner Trennen von Entnahmestelle

Bereitstellung durch → **Unternehmer**
Benutzung/Einhaltung durch → **Versicherten**

ID 034983

45

Schutzmaßnahmen in engen Räumen

DGUV Regel 113-004

Sicherungsposten [Ziff. 4.1.5]	Einsatz erforderlich bei Arbeiten in Silos, Behältern und engen Räumen, Eigenschaften: Zuverlässigkeit und Eignung (körperlich + geistig) Ausnahme: <ul style="list-style-type: none"> • keine Gefahr durch Stoffe • ungehindertes Verlassen möglich und O₂-Mangel unmöglich (z. B. Neubau von Behältern) 	DGUV Regel 113-004 Behälter, Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
Erlaubnisschein (Befahrerlaubnis) [Ziff. 4.1.6]	Erlaubnisschein (schriftlich) Verzicht Erlaubnisschein möglich, wenn: <ul style="list-style-type: none"> • immer gleichartige Arbeitsbedingungen und • Immer gleichartige Schutzmaßnahmen 	
Aufsichtsführender [Z. 4.1.4]	<ul style="list-style-type: none"> • Benennung durch Betriebsunternehmer • Vertrautsein mit Gefahren 	

ID 034987

46