

	DIN IEC 60974-1 (VDE 0544-1)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 25.160.30 Einsprüche bis 2009-09-30 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 60794-1 (VDE 0544-1):2006-07 Entwurf Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 1: Schweißstromquellen (IEC 26/390/CD:2008) Arc welding equipment – Part 1: Welding power sources (IEC 26/390/CD:2008) Matériel de soudage à l'arc – Partie 1: Sources de courant de soudage (CEI 26/390/CD:2008) Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2009-06-29 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main. Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 104 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE Normenausschuss Schweißtechnik (NAS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.		

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen.....	9
3 Begriffe.....	10
4 Umgebungsbedingungen.....	17
5 Prüfungen	18
6 Schutz gegen elektrischen Schlag.....	20
7 Thermische Anforderungen	29
8 Unüblicher Betrieb	33
9 Thermischer Schutz	34
10 Anschluss an das Eingangsnetz.....	36
11 Ausgang.....	42
12 Steuerstromkreise.....	47
13 Gefahrenminderungseinrichtung	48
14 Mechanische Anforderungen.....	49
15 Leistungsschild	52
16 Einstellung des Ausgangs	57
17 Betriebsanleitung und Kennzeichnungen	58
Anhang A (informativ) Nennspannungen von Netzversorgungssystemen	60
Anhang B (informativ) Beispiel für eine kombinierte Spannungsfestigkeitsprüfung	61
Anhang C (normativ) Unsymmetrische Last bei einer Wechselstromquelle zum Wolfram-Inertgas-Schweißen	62
Anhang D (informativ) Extrapolation der Temperatur für den Abschaltzeitpunkt	64
Anhang E (normativ) Ausführung von Anschlussklemmen für den Netzstromkreis	65
Anhang F (informativ) Querverweis auf Nicht-SI Einheiten	67
Anhang G (informativ) Eignung des Stromversorgungsnetzes zum Messen des wahren Effektivwerts des Netzstroms	68
Anhang H (informativ) Aufzeichnung von statischen Kennlinien	70
Anhang I (normativ) Prüfverfahren für eine 10 Nm Schlagprüfung.....	71
Anhang J (normativ) Blechdicke für Gehäuse	72
Anhang K (informativ) Beispiele für Leistungsschilder	75
Anhang L (informativ) Bildzeichen für Lichtbogenschweißeinrichtungen	78
Anhang M (informativ) Wirkungsgrad	101
Anhang N (normativ) Messen des Berührungsstroms im Fehlerfall	102
Literaturhinweise	104

	Seite
Bild 1 – Messen des Fehlerstroms des Schweißstromkreises	26
Bild 3 – Messschaltung für Scheitelwerte	44
Bild 4 – Schema des Leistungsschildes	53
Bild B.1 – Kombinierte Hochspannungs-Transformatoren	61
Bild C.1 – Spannung und Strom beim Wolfram-Inertgas-Schweißen mit Wechselstrom.....	62
Bild C.2 – Unsymmetrische Spannung beim Wolfram-Inertgas-Schweißen mit Wechselstrom	63
Bild C.3 – Wechsel-Schweißstromquelle mit unsymmetrischer Last	63
Bild K.1 – Einphasiger Transformator	75
Bild K.2 – Dreiphasiger umlaufender Frequenzumformer	76
Bild K.3 – Geteiltes Leistungsschild: Ein-/Dreiphasiger Gleichrichter	77
Bild K.4 – Wechselstromgenerator mit Verbrennungsmotor und Gleichrichter	77
Bild L.1 – Schalter für die Eingangsspannung.....	99
Bild L.2 – Steuerpotentiometer für die Lichtbogenstärke.....	99
Bild L.3 – Gerätebuchse für die Fernsteuerung und Auswahlschalter	99
Bild L.4 – Anschlüsse mit Induktivitätsauswahl für das MIG/MAG-Schweißen	99
Bild L.5 – Prozessschalter (MMA, TIG, MIG).....	100
Bild L.6 – Auswahlschalter an AC/DC-Einrichtungen	100
Bild L.7 – Anzeigelampen auf dem Bedienfeld (Übertemperatur, Störung, Lichtbogenzündung, Ausgangsspannung).....	100
Bild L.8 – Einstellung der Pulsparameter mittels Digitalanzeige	100
Bild N.1 – Messanordnung für den gewerteten Berührungsstrom	102
Bild N.2 – Diagramm zum Messen des Berührungsstroms im Fehlerfall bei Betriebstemperatur für den Einphasenanschluss von Geräten außerhalb der Schutzklasse II	103
Bild N.3 – Diagramm zum Messen des Berührungsstroms im Fehlerfall bei Betriebstemperatur für den Dreiphasen-Vierdraht-System-Anschluss von Geräten außerhalb der Schutzklasse II	103
Tabelle 1 – Mindestwerte der Luftstrecken für Überspannungsklasse III.....	20
Tabelle 2 – Mindestkriechstrecken	22
Tabelle 3 – Isolationswiderstand	223
Tabelle 4 – Prüfspannungen.....	23
Tabelle 5 – Minstdicke der Isolierung	27
Tabelle 6 – Grenzwerte des Temperaturanstiegs von Wicklungen, Kommutatoren und Schleifringen	31
Tabelle 7 – Grenzwerte des Temperaturanstiegs von äußeren Oberflächen	32
Tabelle 8 – Querschnitt für den Kurzschlussleiter im Ausgang	34
Tabelle 9 – Strom und Zeit-Anforderungen für Schutzleiterverbindungen	38
Tabelle 10 – Mindestquerschnittsbereich des äußeren Kupfer-Schutzleiters	38
Tabelle 11 – Nachweis der Durchgängigkeit des Schutzleitersystems	39
Tabelle 12 – Zug	40
Tabelle 13 – Zusammenstellung der zulässigen Bemessungswerte für die Leerlaufspannung	43
Tabelle 14 – Anforderungen an die Gefahrenminderungseinrichtung.....	48

	Seite
Tabelle E.1 – Leiterquerschnittsbereich der Anschlussklemmen für den Netzstromkreis.....	65
Tabelle E.2 – Abstände zwischen Anschlussklemmen für den Netzstromkreis	66
Tabelle F.1 – Querverweis mm ² – Amerikanische Drahtmaße (AWG).....	67
Tabelle F.2 – Querverweis kW – Pferdestärke (hp).....	67
Tabelle I.1 – Masse des Freifallgewichts und Höhe des freien Falls.....	71
Tabelle J.1 – Mindestblechdicke für Stahlgehäuse.....	73
Tabelle J.2 – Mindestblechdicke für Aluminium-, Messing- oder Kupfergehäuse	74
Tabelle L.1 – Buchstaben, die als Symbole verwendet werden	79

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 26/390/CD:2008 „Arc welding equipment – Part 1: Welding power sources“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine autorisierte deutsche Übersetzung.

Das internationale Dokument wurde vom TC 26 „Electric welding“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 361 „Lichtbogenschweißeinrichtungen (Schmelzschweißen)“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60794-1 (VDE 0544-1):2006-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Klärung des Begriffes Leerlaufspannung, siehe 3.15;
- b) Konformität von Bauteilen konkretisiert, siehe 5.3;
- c) Interpolation der Prüfspannung zugelassen, siehe 6.1.5;
- d) Grenzwerte für die Bemessungsspannung eingeführt, siehe 11.1;
- e) Fallprüfung modifiziert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 472 S1	IEC 60038	DIN IEC 60038 (VDE 0175)	VDE 0175
–	IEC 60050(151) ^{*)}	–	–
–	IEC 60050(851) ^{*)}	–	–
EN 60085	IEC 60085	DIN EN 60085 (VDE 0301-1)	VDE 0301-1
EN 60112	IEC 60112	DIN EN 60112 (VDE 0303-11)	VDE 0303-11
EN 60204-1	IEC 60204-1	DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)	VDE 0113-1
–	IEC 60245-6	–	–
EN 60309-1	IEC 60309-1	DIN EN 60309-1 (VDE 0623-1)	VDE 0623-1
–	IEC 60417	DIN 40101-1	–
EN 60445	IEC 60445	DIN EN 60445 (VDE 0197)	VDE 0197
EN 60529	IEC 60529	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	VDE 0470-1
Zurückgezogen: EN 60664-1:2003 Nachfolger: EN 60664-1:2007	Zurückgezogen: IEC 60664-1:1992 + A1:2000 + A2:2002 Nachfolger: IEC 60664-1:2007	Zurückgezogen: DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2003-11 Nachfolger: DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01	Zurückgezogen: VDE 0110-1 Nachfolger: VDE 0110-1
EN 60664-3	IEC 60664-3	DIN EN 60664-3 (VDE 0110-3)	VDE 0110-3
EN 60695-11-10	IEC 60695-11-10	DIN EN 60695-11-10 (VDE 0471-11-10)	VDE 0471-11-10
–	IEC 60905	–	–
EN 60974-7	IEC 60974-7	DIN EN 60974-7 (VDE 0544-7)	VDE 0544-7
EN 60974-12	IEC 60974-12	DIN EN 60974-12 (VDE 0544-202)	VDE 0544-202
EN 61140	IEC 61140	DIN EN 61140 (VDE 0140-1)	VDE 0140-1
EN 61558-2-4	IEC 61558-2-4	DIN EN 61558-2-4 (VDE 0570-2-4)	VDE 0570-2-4
EN 61558-2-6	IEC 61558-2-6	DIN EN 61558-2-6 (VDE 0570-2-6)	VDE 0570-2-6
EN 62079	IEC 62079	DIN EN 62079 (VDE 0039)	VDE 0039
–	IEC/TS 62081	–	–
EN 55011	IEC/CISPR 11	DIN EN 55011 (VDE 0875-11)	VDE 0875-11
HD 22.1 S4	–	–	–
HD 22.6 S2	–	–	–
–	ISO 3864-1	DIN 4844-1	–

^{*)} „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, im Rahmen der Datenbankanwendung DIN-TERM zu beziehen über Beuth Verlag.

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
—	ISO 7000	DIN 40101-2	—
—	ISO 17846	—	—

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN 40101-1, *Graphische Symbole für Betriebsmittel*

DIN 40101-2, *Graphische Symbole für Einrichtungen – Bildzeichen der ISO 7000 für die Elektrotechnik*

DIN 4844-1, *Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – Teil 1: Gestaltungsgrundlagen für Sicherheitszeichen zur Anwendung in Arbeitsstätten und in öffentlichen Bereichen*

DIN EN 55011 (VDE 0875-11), *Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte – (ISM-Geräte); Funkstörungen – Grenzwerte und Messverfahren*

DIN EN 60085 (VDE 0301-1), *Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung*

DIN EN 60112 (VDE 0303-11), *Verfahren zur Bestimmung der Prüfzahl und der Vergleichszahl der Kriechwegbildung von festen, isolierenden Werkstoffen*

DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1), *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 60309-1 (VDE 0623-1), *Stecker, Steckdosen und Kupplungen für industrielle Anwendungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 60445 (VDE 0197), *Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle – Kennzeichnung der Anschlüsse elektrischer Betriebsmittel und angeschlossener Leiterenden*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1), *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

Zurückgezogen: DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2003-11, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:1992 + A1:2000 + A2:2002); Deutsche Fassung EN 60664-1:2003*

Nachfolger: DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:2007); Deutsche Fassung EN 60664-1:2007*

DIN EN 60664-3 (VDE 0110-3), *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 3: Anwendung von Beschichtungen, Eingießen oder Vergießen zum Schutz gegen Verschmutzung*

DIN EN 60695-11-10 (VDE 0471-11-10), *Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr – Teil 11-10: Prüfflammen – Prüfverfahren mit 50-W-Prüfflamme horizontal und vertikal*

DIN EN 60974-7 (VDE 0544-7), *Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 7: Brenner*

— Entwurf —

E DIN IEC 60974-1 (VDE 0544-1):2009-07

DIN EN 60974-12 (VDE 0544-202), *Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 12: Steckverbindungen für Schweißleitungen*

DIN EN 61140 (VDE 0140-1), *Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel*

DIN EN 61558-2-4 (VDE 0570-2-4), *Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten und dergleichen – Teil 2-4: Besondere Anforderungen an Trenntransformatoren für allgemeine Anwendungen*

DIN EN 61558-2-6 (VDE 0570-2-6), *Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten und dergleichen – Teil 2-6: Besondere Anforderungen an Sicherheitstransformatoren für allgemeine Anwendungen*

DIN EN 62079 (VDE 0039), *Erstellen von Anleitungen – Gliederung, Inhalt und Darstellung*

DIN IEC 60038 (VDE 0175), *IEC-Normspannungen*

Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 1: Schweißstromquellen

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60974 gilt für Schweißstromquellen zum Lichtbogenschweißen und für verwandte Prozesse für den gewerblichen Betrieb und für eine Netzspannung, die die in Tabelle 1 von IEC 60038 angegebene nicht übersteigt, oder für mechanischen Antrieb.

Dieser Teil von IEC 60974 legt Sicherheits- und Leistungsanforderungen für den Bau von Schweißstromquellen und Plasmaschneidsystemen fest.

Dieser Teil von IEC 60974 gilt nicht für Schweißstromquellen zum Lichtbogenschweißen für begrenzten Betrieb, die vorwiegend für den Gebrauch durch Laien vorgesehen sind.

Dieser Teil von IEC 60974 gilt nicht für das Prüfen von Stromquellen bei periodischer Instandhaltung oder nach Reparatur.

ANMERKUNG 1 Typische verwandte Prozesse sind Lichtbogenschneiden und -spritzen.

ANMERKUNG 2 Dieser Teil von IEC 60974 enthält keine Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60050(151), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(851), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 851: Electric welding*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60245-6, *Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V – Part 6: Arc welding electrode cables*

IEC 60309-1, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60417-DB:2002¹, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60445, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules for an alphanumeric system*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:1992, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*²

Amendment 1 (2000)

Amendment 2 (2002)

¹ „DB“ bezieht sich auf die IEC online Datenbank.

² Es gibt eine konsolidierte Ausgabe 1.2 (2002), welche die Ausgabe 1.0 und ihre Änderungen 1 (2000) und 2 (2002) enthält.

E DIN IEC 60974-1 (VDE 0544-1):2009-07

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60974-7, *Arc welding equipment – Part 7: Torches*

IEC 60974-12, *Arc welding equipment – Part 12: Coupling devices for welding cables*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61558-2-4, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-4: Particular requirements for isolating transformers for general use*

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

CISPR 11, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050(151), IEC 60050(851) und IEC 60664-1, sowie die folgenden:

3.1

Stromquelle zum Lichtbogenschweißen

Einrichtung für die Strom- und Spannungsversorgung mit festgelegten Kennlinien, die für das Lichtbogenschweißen und für verwandte Prozesse geeignet sind

ANMERKUNG 1 Eine Stromquelle zum Lichtbogenschweißen darf auch andere Einrichtungen und Hilfseinrichtungen versorgen, z. B. mit: Hilfsenergie, Kühlflüssigkeit, abschmelzender Drahtelektrode und Schutzgas für den Lichtbogen und den Schweißbereich.

ANMERKUNG 2 Im folgenden Text wird der Begriff „Schweißstromquelle“ verwendet.

3.2

gewerblicher Betrieb

die Benutzung ist nur durch Fachkräfte und unterwiesene Personen vorgesehen

3.3

Fachkraft

Person, die aufgrund beruflicher Ausbildung, ausreichender Erfahrung und Kenntnis der entsprechenden Einrichtungen in der Lage ist, die übertragene Arbeit und mögliche Gefahren zu beurteilen und zu erkennen

ANMERKUNG Zur Beurteilung der fachlichen Ausbildung darf auch eine mehrjährige Tätigkeit auf dem betreffenden Arbeitsgebiet herangezogen werden.

3.4

unterwiesene Person

Person, die über die übertragenen Arbeiten und über mögliche Gefahren durch unachtsames Verhalten unterwiesen ist

ANMERKUNG Falls erforderlich, wurde die Person angelernt.

3.5

Typprüfung

Prüfung eines oder mehrerer Geräte einer Bauart auf Erfüllung der Anforderungen der entsprechenden Norm

3.6

Stückprüfung

Prüfung eines jeden Gerätes während oder nach der Herstellung auf Erfüllung der Anforderungen der entsprechenden Norm oder der festgelegten Kriterien

3.7

Sichtprüfung

Prüfung durch Besichtigen, um festzustellen, dass keine sichtbaren Abweichungen von den Vorschriften der entsprechenden Norm vorhanden sind

3.8

fallende Kennlinie

äußere statische Kennlinie einer Schweißstromquelle, bei der im üblichen Schweißbereich die Spannung um mindestens 7 V/100 A abfällt

3.9

Konstantspannungs-Kennlinie

äußere statische Kennlinie einer Schweißstromquelle, bei der im üblichen Schweißbereich mit steigendem Strom die Spannung entweder um weniger als 7 V/100 A abfällt oder um weniger als 10 V/100 A ansteigt

3.10

statische Kennlinie

Verhältnis zwischen Spannung und Strom an den Ausgangsklemmen einer an die Normlast angeschlossenen Schweißstromquelle

3.11

Schweißstromkreis

leitfähiges Material, durch das der Schweißstrom fließen soll

ANMERKUNG 1 Beim Lichtbogenschweißen ist der Lichtbogen Teil des Schweißstromkreises.

ANMERKUNG 2 Bei bestimmten Lichtbogenschweißprozessen kann der Lichtbogen zwischen zwei Elektroden brennen. In diesem Fall ist das Werkstück nicht notwendigerweise Bestandteil des Schweißstromkreises.

3.12

Steuerstromkreis

Stromkreis zum betrieblichen Steuern der Einrichtung und zum Schutz der Hauptstromkreise

3.13

Schweißstrom

Strom, der von einer Schweißstromquelle während des Schweißens abgegeben wird

3.14

Arbeitsspannung

Spannung zwischen den Ausgangsklemmen einer Schweißstromquelle bei Abgabe von Schweißstrom

3.15

Leerlaufspannung

Spannung, ausschließlich jeder Lichtbogenzünd- oder -stabilisierungsspannung zwischen berührbaren Ausgangsklemmen einer Schweißstromquelle, wenn der Schweißstromkreis offen ist aber unter Spannung steht

3.16

Normwert

genormter Wert, verwendet als maßlicher Parameter zum Vergleichen, Kalibrieren, Prüfen usw.

ANMERKUNG Normwerte treten nicht notwendigerweise beim tatsächlichen Schweißen auf.

3.17

Normschweißbetrieb

Betriebsbedingung der Schweißstromquelle im eingeschalteten und betriebswarmen Zustand, festgelegt durch einen genormten Schweißstrom, der von einer entsprechenden genormten Arbeitsspannung durch eine Normlast beim Bemessungswert der Netzspannung und -frequenz oder der Drehzahl getrieben wird

3.18

Normlast

praktisch induktionsfreie konstante ohmsche Last, deren Leistungsfaktor 0,99 nicht unterschreitet

3.19

genormter Schweißstrom

I_2

Strom, der von einer Schweißstromquelle bei Normlast und der entsprechenden genormten Arbeitsspannung abgegeben wird

ANMERKUNG Die Werte von I_2 werden als Effektivwert für Wechselstrom und als arithmetischer Mittelwert für Gleichstrom angegeben.

3.20

genormte Arbeitsspannung

U_2

Arbeitsspannung einer Schweißstromquelle, die in einem festgelegten linearen Verhältnis zum genormten Schweißstrom steht

ANMERKUNG 1 Die Werte von U_2 werden als Effektivwert für Wechselstrom und als arithmetischer Mittelwert für Gleichstrom angegeben.

ANMERKUNG 2 Das festgelegte lineare Verhältnis ist je nach Schweißprozess unterschiedlich (siehe 11.2).

3.21

Bemessungswert

für eine festgelegte Betriebsbedingung geltender Wert, der im Allgemeinen vom Hersteller für ein Bauelement, ein Betriebsmittel oder eine Einrichtung festgesetzt wird

3.22

Bemessung

Zusammenstellung von Bemessungswerten und Betriebsbedingungen

3.23

Ausgangsbemessung

die Bemessungswerte des Ausgangs einer Einrichtung

3.24

größter Bemessungswert des Schweißstroms

$I_{2\max}$

größter Wert des genormten Schweißstroms, der bei Normschweißbetrieb von einer Schweißstromquelle bei höchster Einstellung erreicht werden kann

3.25

kleinster Bemessungswert des Schweißstroms

I_{2min}

kleinster Wert des genormten Schweißstroms, der bei Normschweißbetrieb von einer Schweißstromquelle bei niedrigster Einstellung erreicht werden kann

3.26

Bemessungswert der Leerlaufspannung

U_0

Leerlaufspannung beim Bemessungswert der Netzspannung und -frequenz oder der Leerlaufdrehzahl

ANMERKUNG Wenn eine Schweißstromquelle mit einer Gefahrenminderungseinrichtung ausgerüstet ist, ist die Spannung, die vor Ansprechen der Gefahrenminderungseinrichtung gemessen wird.

3.27

geminderter Bemessungswert der Leerlaufspannung

U_r

Leerlaufspannung einer Schweißstromquelle mit Spannungsminderungseinrichtung, unmittelbar nachdem die Einrichtung die Spannung mindert

3.28

Bemessungswert der umgeschalteten Leerlaufspannung

U_s

Leerlauf-Gleichspannung einer Schweißstromquelle mit einer Umschalteneinrichtung von Wechsel- auf Gleichspannung

3.29

Bemessungswert der Netzspannung

U_1

Effektivwert einer Eingangsspannung, für die die Einrichtung ausgelegt ist

3.30

Bemessungswert des Netzstroms

I_1

Effektivwert eines Eingangsstroms für eine Schweißeinrichtung bei einem Normalschweißbetrieb

3.31

Bemessungswert des Leerlauf-Netzstroms

I_0

Eingangsstrom für eine Schweißeinrichtung beim Bemessungswert der Leerlaufspannung

3.32

größter Bemessungswert des Netzstroms

I_{1max}

größter Wert des Bemessungswerts des Netzstroms

3.33

größter effektiver Netzstrom

I_{1eff}

größter Wert des effektiven Eingangsstroms, errechnet aus dem Bemessungswert des Netzstroms (I_1), der entsprechenden Einschaltdauer (X) und dem Netzstrom bei Leerlauf (I_0) mit der Gleichung:

$$I_{1eff} = \sqrt{I_1^2 \times X + I_0^2 \times (1 - X)}$$

3.34

Bemessungswert der Lastdrehzahl

n

Drehzahl einer umlaufenden Schweißstromquelle beim höchsten Bemessungswert des Schweißstroms

3.35

Bemessungswert der Leerlaufdrehzahl

n_0

Drehzahl einer umlaufenden Schweißstromquelle, wenn der äußere Schweißstromkreis offen ist

ANMERKUNG Wenn ein Verbrennungsmotor mit einer Einrichtung ausgerüstet ist, die während schweißfreier Perioden die Drehzahl verringert, wird n_0 vor Ansprechen der Drehzahl-Minderungseinrichtung gemessen.

3.36

Bemessungswert der abgesenkten Leerlaufdrehzahl

n_i

geminderte Leerlaufdrehzahl einer von einem Verbrennungsmotor angetriebenen Schweißstromquelle

3.37

Einschaltdauer

X

Verhältnis der ununterbrochenen Betriebsdauer unter Last zur Gesamtzeit für eine gegebene Spieldauer

ANMERKUNG 1 Dieses Verhältnis liegt zwischen 0 und 1 und darf in Prozent ausgedrückt werden.

ANMERKUNG 2 Für dieses Dokument beträgt die Dauer eines vollständigen Spieles 10 min z. B. folgt bei einer Einschaltdauer von 60 % der Lastzeit von 6 min eine Leerlaufzeit von 4 min.

3.38

Luftstrecke

kürzeste Entfernung in Luft zwischen zwei leitfähigen Teilen

[IEC 60664-1:1992, 1.3.2]

3.39

Kriechstrecke

kürzeste Entfernung entlang der Oberfläche des Isolierstoffes zwischen zwei leitfähigen Teilen

3.40

Verschmutzungsgrad

Zahl zur Kennzeichnung der erwarteten Verschmutzung der Mikroumwelt

[IEC 60664-1:1992, 1.3.13]

ANMERKUNG Zur Bestimmung von Kriech- und Luftstrecken sind folgende vier Verschmutzungsgrade in 2.5.1 von IEC 60664-1 festgelegt.

- a) **Verschmutzungsgrad 1:** Es tritt keine oder nur trockene nichtleitfähige Verschmutzung auf. Die Verschmutzung hat keinen Einfluss.
- b) **Verschmutzungsgrad 2:** Es tritt nur nichtleitfähige Verschmutzung auf, es muss jedoch gelegentlich mit zeitweiliger Leitfähigkeit durch Kondensation gerechnet werden.
- c) **Verschmutzungsgrad 3:** Es tritt leitfähige Verschmutzung auf oder trockene, nichtleitfähige Verschmutzung, die leitfähig wird, da Kondensation zu erwarten ist.
- d) **Verschmutzungsgrad 4:** Die Verunreinigung führt zu einer ständigen Leitfähigkeit durch leitfähigen Staub, Regen oder Schnee.

3.41

Mikroumwelt

die unmittelbare Umgebung der Isolation, die besonders die Bemessung der Kriechstrecken beeinflusst

[IEC 60664-1:1992, 1.3.12.2]

3.42

Isolierstoffgruppe

Isolierstoffe sind durch ihre Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI-Wert) nach IEC 60112 in folgende vier Gruppen eingeteilt

ANMERKUNG Für anorganische Isolierstoffe, z. B. Glas oder Keramik, die keine Kriechspuren bilden, brauchen Kriechstrecken für die Isolationskoordination nicht größer als ihre zugehörigen Luftstrecken zu sein.

Isolierstoffgruppe I	$600 \leq \text{CTI}$
Isolierstoffgruppe II	$400 \leq \text{CTI} < 600$
Isolierstoffgruppe IIIa	$175 \leq \text{CTI} < 400$
Isolierstoffgruppe IIIb	$100 \leq \text{CTI} < 175$

3.43

Temperaturanstieg

Temperaturunterschied zwischen einem Teil der Einrichtung und der Umgebungsluft

3.44

Thermisches Gleichgewicht

Zustand, bei dem der beobachtete Temperaturanstieg aller Teile der Einrichtung 2 K/h nicht übersteigt

3.45

Thermischer Schutz

Einrichtung zum Schutz eines Teiles und damit der ganzen Einrichtung gegen zu hohe Temperaturen durch thermische Überlastung

ANMERKUNG Sie kann (von Hand oder selbsttätig) zurückgestellt werden, wenn die Temperatur auf den Einschaltwert abfällt.

3.46

erhöhte elektrische Gefährdung

Umgebungen, in denen beim Lichtbogenschweißen eine größere Wahrscheinlichkeit besteht, einen elektrischen Schlag zu erhalten als unter Normalbedingungen

ANMERKUNG Derartige Umgebungen sind zum Beispiel anzutreffen:

- a) an Arbeitsplätzen, an denen der Bewegungsraum eingeschränkt ist, so dass der Schweißer in Zwangshaltung (z. B. kniend, sitzend, liegend) arbeitet und elektrisch leitfähige Teile berührt;
- b) an Arbeitsplätzen, die ganz oder teilweise elektrisch leitfähig begrenzt sind, und an denen die große Wahrscheinlichkeit eines unvermeidbaren oder zufälligen Berührens durch den Schweißer besteht;
- c) an nassen, feuchten oder heißen Arbeitsplätzen, an denen Feuchtigkeit oder Schweiß den Widerstand der menschlichen Haut und die Isoliereigenschaften der Schutzausrüstung erheblich herabsetzt.

3.47

Gefahrenminderungseinrichtung

Einrichtung zur Verminderung der Gefahr eines elektrischen Schlags, der durch die Leerlaufspannung verursacht werden kann

3.48

Gerät der Schutzklasse I

Gerät mit Basisisolierung als Vorkehrung für den Basisschutz und Schutzleiterverbindung für den Fehlerschutz nach IEC 61140

3.49

Gerät der Schutzklasse II

Gerät mit Basisisolierung als Vorkehrung für den Basisschutz und zusätzlicher Isolierung für den Fehlerschutz oder bei dem Basis- und Fehlerschutz nach IEC 61140 durch verstärkte Isolierung gegeben sind

3.50

Basisisolierung

Isolierung gefährlicher aktiver Teile, die für Basisschutz sorgt

3.51

zusätzliche Isolierung

unabhängige Isolierung zusätzlich zur Basisisolierung für den Fehlerschutz

3.52

Doppelte Isolierung

Isolierung, die sowohl Basisisolierung als auch zusätzliche Isolierung umfasst

3.53

verstärkte Isolierung

Isolierung gefährlicher aktiver Teile, die eine Schutzart gegen elektrischen Schlag bietet, welche der doppelten Isolierung entspricht

ANMERKUNG Verstärkte Isolierung kann sich aus mehreren Lagen zusammensetzen, die nicht einzeln als Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung geprüft werden können.

3.54

Plasmaschneidsystem

Zusammenstellung von Stromquelle, Brenner und zugehörigen Sicherheitseinrichtungen zum Plasmaschneiden/-fugenhobeln

3.55

Stromquelle zum Plasmaschneiden

Einrichtung für die Strom- und Spannungsversorgung mit der zum Plasmaschneiden/-fugenhobeln erforderlichen Kennlinie. Sie kann die Versorgung mit Gas und Kühlflüssigkeit umfassen

ANMERKUNG Eine Stromquelle zum Plasmaschneiden darf auch andere Einrichtungen und Hilfseinrichtungen versorgen, z. B. Hilfsenergie, Kühlflüssigkeit und Gas.

3.56

Schutzkleinspannung

SELV

Spannung, die 50 V Wechselspannung oder 120 V geglättete Gleichspannung zwischen den Leitern oder zwischen einem Leiter und Erde in einem Stromkreis, der vom Versorgungsnetz z. B. durch einen Sicherheitstransformator getrennt ist, nicht überschreitet

ANMERKUNG 1 Für bestimmte Anforderungen darf die höchste Spannung unter 50 V Wechselspannung oder 120 V geglätteter Gleichspannung festgelegt werden, insbesondere dann, wenn das direkte Berühren von aktiven Teilen zulässig ist.

ANMERKUNG 2 Erfolgt die Spannungsversorgung durch einen Sicherheitstransformator, sollte der Spannungsgrenzwert bei keiner Belastung zwischen Leerlauf und Vollast überschritten werden.

ANMERKUNG 3 Vereinbarungsgemäß ist „geglättet“ der Effektivwert des Wechselspannungsanteils, der nicht mehr als 10 % der Gleichspannungskomponente beträgt. In einem geglätteten Gleichspannungssystem beträgt bei einer Nennspannung von 120 V der höchste Scheitelwert 140 V und bei einer Nennspannung von 60 V beträgt er 70 V.

3.57

Netzstromkreis

leitfähiges Material in einer Einrichtung, durch das der Netzstrom fließen soll

3.58

Betriebsspannung

höchster Effektivwert der Wechsel- oder Gleichspannung über jeder einzelnen Isolierung, der auftreten kann, wenn die Einrichtung bei Nennspannung versorgt wird

ANMERKUNG 1 Transiente werden außer Acht gelassen.

ANMERKUNG 2 Die Bedingungen bei offenem Stromkreis und bei Normalbetrieb werden berücksichtigt.

3.59

Berührungsspannung

elektrischer Strom durch den Körper eines Menschen oder Tieres, wenn dieser Körper ein oder mehrere berührbare Teil einer elektrischen Anlage oder eines elektrischen Betriebsmittels berührt

3.60

PELV-Stromkreis (Funktionskleinspannung)

Kleinspannungsstromkreis mit Schutztrennung von anderen Stromkreisen und der aus funktionalen Gründen geerdet sein kann und/oder dessen leitfähige berührbare Teile geerdet sein dürfen

ANMERKUNG PELV-Stromkreise werden dort verwendet, wo die Stromkreise geerdet sind und die Schutzkleinspannung nicht erforderlich ist.

4 Umgebungsbedingungen

Schweißstromquellen müssen unter folgenden Umgebungsbedingungen ihre Ausgangs-Bemessungswerte beim Bemessungswert der Einschaltdauer abgeben können:

- a) Temperaturbereich der Umgebungsluft:
 - beim Schweißen: -10 °C bis $+40\text{ °C}$;
- b) relative Luftfeuchte:
 - bis 50 % bei 40 °C ;
 - bis 90 % bei 20 °C ;
- c) Umgebungsluft: frei von unüblichen Mengen an Staub, Säuren, korrosiven Gasen oder Substanzen usw., soweit diese nicht beim Schweißen entstehen;
- d) Höhenlage über dem Meeresspiegel: bis 1 000 m;
- e) Standfläche der Schweißstromquelle gegen die Waagerechte bis 10° geneigt.

Schweißstromquellen müssen Lagerung und Transport bei einer Umgebungstemperatur von -20 °C bis $+55\text{ °C}$ ohne Beeinträchtigung der Funktion oder der Leistung standhalten.

ANMERKUNG Abweichende Umgebungsbedingungen dürfen zwischen Hersteller und Anwender vereinbart und die dafür geeignete Schweißstromquelle entsprechend gekennzeichnet (siehe 15.1). Beispiele für unübliche Betriebsbedingungen sind: hohe Luftfeuchte, unüblicher korrosiver Rauch, Dampf, übermäßiger Öldunst, unübliche Schwingungen oder Stöße, übermäßige Staubmengen, extreme Wetterbedingungen, unübliche Bedingungen an der Meeresküste oder an Bord von Schiffen, Schädlingsbefall und Umgebungen, die das Wachsen von Pilzen fördern.

5 Prüfungen

5.1 Prüfbedingungen

Die Prüfungen müssen an neuen, trockenen und vollständig montierten Schweißstromquellen bei einer Temperatur der Umgebungsluft zwischen 10 °C und 40 °C ausgeführt werden. Es ist zu empfehlen, thermische Prüfungen bei 40 °C auszuführen. Messvorrichtungen müssen so angebracht werden, dass sie nur mittels vom Hersteller vorgesehener Öffnungen mit Abdeckplatten, durch Inspektionsplatten oder durch leicht entfernbare Platten zugänglich sind. Die Lüftung im Prüfbereich und die verwendeten Messeinrichtungen dürfen die normale Luftbewegung an der Schweißstromquelle nicht beeinflussen oder unübliche Wärme zu- oder abführen.

Flüssigkeitsgekühlte Schweißstromquellen müssen bei dem vom Hersteller angegebenen Flüssigkeitszustand geprüft werden.

5.2 Messinstrumente

Die Fehlergrenzen von Messinstrumenten müssen betragen:

- a) elektrische Messinstrumente: Klasse 1 ($\pm 1\%$ vom vollen Skalenwert), ausgenommen für die Messung des Isolationswiderstand und der Spannungsfestigkeit, bei denen die Fehlergrenzen der Messinstrumente nicht festgelegt sind aber berücksichtigt werden müssen;
- b) Thermometer: $\pm 2\text{ K}$;
- c) Tachometer: $\pm 1\%$ des vollen Skalenwertes.

5.3 Konformität von Bauteilen

Bauteile, deren Ausfall das Risiko einer Gefährdung erhöhen kann, müssen die Anforderungen dieser Norm oder die Anforderungen von entsprechenden IEC/ISO-Normen erfüllen.

ANMERKUNG 1 Eine IEC-Bauteile-Norm wird als maßgeblich betrachtet, wenn das fragliche Bauteil durch ihren Anwendungsbereich abgedeckt ist.

Die Bewertung und Prüfung von Bauteilen auf einwandfreie Anwendung in der Einrichtung muss mit einem der folgenden Verfahren durchgeführt werden.

- a) Wurde für ein Bauteil von einer anerkannten Prüfstelle Übereinstimmung mit einer maßgeblichen IEC-Bauteile-Norm zertifiziert, muss dieses Bauteil auf seine korrekte Anwendung überprüft und entsprechend seiner Einstufung verwendet werden. Das Bauteil muss nach diesem Teil von IEC 60974 geprüft werden, mit Ausnahme der Prüfungen, die Teil der maßgeblichen IEC-Bauteile-Norm sind.
- b) Wurde für ein Bauteil von einer anerkannten Prüfstelle Übereinstimmung mit einer maßgeblichen IEC-Bauteile-Norm zertifiziert, wird es aber nicht nach seinen entsprechenden Einstufungen verwendet, muss dieses Bauteil nach diesem Teil von IEC 60974 geprüft werden.
- c) Wurde für ein Bauteil von einer anerkannten Prüfstelle keine Übereinstimmung mit einer maßgeblichen IEC-Bauteile-Norm zertifiziert, muss dieses Bauteil auf seine korrekte Anwendung durch Prüfen des Bauteils nach diesem Teil von IEC 60974 oder nach den entsprechend der maßgeblichen IEC-Bauteile-Norm anwendbaren Prüfungen überprüft werden.

ANMERKUNG 2 Die anwendbare Prüfung zur Übereinstimmung mit einer Bauteile-Norm wird üblicherweise separat durchgeführt. Die Anzahl von Prüfproben ist üblicherweise die Gleiche wie die in der Bauteile-Norm geforderte.

- d) Wurde für ein Bauteil von einer anerkannten Prüfstelle keine Übereinstimmung mit der maßgeblichen IEC-Bauteile-Norm zertifiziert, weil es keine derartige Norm gibt, muss dieses Bauteil nach diesem Teil von IEC 60974 geprüft werden
- e) Wurde für ein Bauteil von einer anerkannten Prüfstelle Übereinstimmung mit einer Norm zertifiziert, die nicht zur IEC-Normung gehört, ist dieses Bauteil als akzeptabel für die Verwendung in der Einrichtung anzusehen, vorausgesetzt die anwendbaren Sicherheitsanforderungen der Nicht-IEC-Norm sind min-

destens so hoch wie die einer entsprechenden IEC-Norm. Das Bauteil muss nach diesem Teil von IEC 60974 geprüft werden, mit Ausnahme der Prüfungen, die Teil der maßgeblichen IEC-Bauteile-Norm sind.

5.4 Typprüfung

Soweit nicht anders festgelegt, sind die Prüfungen in diesem Dokument Typprüfungen.

Die Schweißstromquelle muss zusammen mit all den Hilfseinrichtungen geprüft werden, die die Prüfergebnisse beeinflussen könnten.

Alle Typprüfungen müssen an der gleichen Schweißstromquelle durchgeführt werden, es sei denn, es ist festgelegt, dass eine Prüfung an einer anderen Schweißstromquelle durchgeführt werden darf.

Als Bedingung für den Übereinstimmungsnachweis müssen die nachstehenden Typprüfungen in folgender Reihenfolge durchgeführt werden, ohne Zeit zum Trocknen zwischen f), g) und h):

- a) allgemeine Sichtprüfung, siehe 3.7;
- b) Isolationswiderstand, siehe 6.1.4 (Vorprüfung);
- c) Gehäuse, siehe 14.2;
- d) Transportmittel, siehe 14.3;
- e) Fallprüfung, siehe 14.4;
- f) Schutz durch Gehäuse, siehe 6.2.1;
- g) Isolationswiderstand, siehe 6.1.4;
- h) Spannungsfestigkeit, siehe 6.1.5;
- i) allgemeine Sichtprüfung, siehe 3.7.

Die weiteren hier nicht aufgeführten Prüfungen dieses Dokuments dürfen in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden.

5.5 Stückprüfung

Alle Stückprüfungen müssen an jeder Schweißstromquelle durchgeführt werden: folgende Reihenfolge wird empfohlen:

- a) Sichtprüfung, siehe 3.7;
- b) Durchgängigkeit der Schutzleiterverbindung, siehe 10.4.2;
- c) Spannungsfestigkeit, siehe 6.1.5;
- d) Leerlaufspannung:
 - 1) Bemessungswert der Leerlaufspannung, siehe 11.1; oder
 - 2) falls zutreffend, Bemessungswert der geminderten Leerlaufspannung, siehe 13.2; oder
 - 3) falls zutreffend, Bemessungswert der geschalteten Leerlaufspannung, siehe 13.3;
- e) Prüfung zum Sicherstellen der niedrigsten und höchsten Bemessungswerte des Schweißstroms nach 15.4 b) und 15.4 c). Der Hersteller darf Normlast, Kurzschlusslast oder andere Prüfbedingungen auswählen.

ANMERKUNG Bei Kurzschluss oder anderen Prüfbedingungen können die Ausgangswerte sich von den Normlastwerten unterscheiden.

6 Schutz gegen elektrischen Schlag

6.1 Isolation

6.1.1 Allgemeines

Schweißstromquellen fallen meist in die Überspannungsklasse III nach IEC 60664-1; mechanisch angetriebene Schweißstromquellen fallen in die Überspannungsklasse II. Alle Schweißstromquellen sind vorgesehen für den Gebrauch in Umgebungen mit einem Verschmutzungsgrad von mindestens 3.

Bauelemente oder Montageuntergruppen mit Luft- oder Kriechstrecken entsprechend Verschmutzungsgrad 1 oder 2 sind zulässig, wenn sie nach IEC 60664-3 völlig beschichtet, umschlossen oder gekapselt sind.

Siehe Tabelle 2 zu Kriechstrecken für gedruckte Schaltungen.

Geräte der Schutzklasse I mit Luftstrecken, die auf Werten der Spannung zwischen Leiter und Neutraleiter basieren, müssen mit einer Warnung versehen sein, das diese Geräte nur mit Netzversorgungssystemen verwendet werden dürfen, die entweder ein Dreiphasen-Vier-Draht-System mit geerdetem Neutraleiter oder ein Einphasen-Drei-Draht-System mit geerdetem Neutraleiter sind.

Wenn die Geräte an ungeerdete Netzwerke angeschlossen werden sollen wie in Anhang A angegeben, müssen sie nach Schutzklasse II gemäß IEC 61140 gestaltet sein. Zwischen Primärstromkreis und Gehäuse ist eine verstärkte oder doppelte Isolierung erforderlich.

6.1.2 Luftstrecken

Für Basisisolierung oder zusätzliche und verstärkte Isolierung müssen Luftstrecken den Werten von IEC 60664-1 entsprechen, die teilweise in Tabelle 1 für Überspannungsklasse III zusammengefasst sind.

Tabelle 1 – Mindestwerte der Luftstrecken für Überspannungsklasse III

Spannung ^a	Basis- oder zusätzliche Isolierung					Verstärkte Isolierung				
	Bemessungs- wert der Impuls-Prüf- spannung	Wechsel- strom-Prüf- spannung	Verschmutzungsgrad			Bemessungs- wert der Impuls-Prüf- spannung	Wechselstrom- Prüfspannung	Verschmutzungsgrad		
			2	3	4			2	3	4
			Luftstrecke					Luftstrecke		
V	V	V	mm			V	V	mm		
Effektivwert	Scheitelwert	Effektivwert				Scheitelwert	Effektivwert			
50	800	566	0,2	0,8	1,6	1 500	1 061	0,5	0,8	1,6
100	1 500	1 061	0,5			2 500	1 768	1,5		
150	2 500	1 768	1,5			4 000	2 828	3		
300	4 000	2 828	3			6 000	4 243	5,5		
600	6 000	4 243	5,5			8 000	5 657	8		
1 000	8 000	5 657	8			12 000	8 485	14		
ANMERKUNG 1 Werte aus Tabellen 1 und 2 von IEC 60664-1.										
ANMERKUNG 2 Andere Verschmutzungsgrade und Überspannungsklassen siehe IEC 60664-1.										
^a siehe Anhang A.										

Zur Bemessung von Luftstrecken zu berührbaren nicht leitenden Oberflächen müssen diese Oberflächen überall dort als mit Metallfolie überzogen betrachtet werden, wo sie mit dem Prüffinger nach IEC 60529 berührt werden können.

Luftstrecken dürfen nicht interpoliert werden.

Zu Anschlussklemmen für den Netzstromkreis, siehe E.2.

Luftstrecken zwischen Teilen der Schweißstromquelle (z. B. elektronische Schaltung oder Bauteile), die durch eine Überspannungs-Begrenzungseinrichtung geschützt sind (z. B. Metalloxidvaristor) dürfen nach Überspannungsklasse I (siehe IEC 60664-1) bemessen werden.

Die Werte von Tabelle 1 gelten auch für den Schweißstromkreis innerhalb der Schweißstromquelle und für Steuerstromkreise, wenn sie vom Netzstromkreis, z. B. durch einen Transformator, getrennt sind.

Wenn der Steuerstromkreis direkt mit dem Netzstromkreis verbunden ist, müssen die Werte für die Netzspannung angewandt werden.

Übereinstimmung muss durch Messen nach 4.2 von IEC 60664-1 nachgewiesen werden oder, falls das nicht möglich ist, wird die Schweißstromquelle einer Impulsprüfung mit Spannungswerten nach Tabelle 1 unterzogen.

Bei der Impulsprüfung werden mindestens drei Impulse jeder Polarität mit der in Tabelle 1 angegebenen Spannung mit je 1 s Abstand angelegt unter Verwendung eines Impulsgenerators mit einer Ausgangswellenform von 1,2/50 μ s und einen Ausgangsscheinwiderstand von weniger als 500 Ω .

Alternativ darf entweder eine Prüfwechselspannung nach Tabelle 1 für 3 Perioden oder eine Gleichspannung ohne Welligkeit von gleicher Höhe wie die Impulsspannung für 3-mal 10 ms mit jeder Polarität angelegt werden.

6.1.3 Kriechstrecken

Für Basisisolierung oder zusätzliche und verstärkte Isolierung müssen Kriechstrecken den Werten von Tabelle 2 entsprechen.

Kriechstrecken für verstärkte oder doppelte Isolierung müssen doppelt so lang sein wie die für die Basisisolierung.

Zur Bemessung von Kriechstrecken zu berührbaren Oberflächen aus Isolierstoff müssen diese Oberflächen überall dort als mit Metallfolie überzogen betrachtet werden, wo sie mit dem Prüffinger nach IEC 60529 berührt werden können.

Kriechstrecken in Tabelle 2 sind für den höchsten Bemessungswert der Spannung jeder Reihe angegeben. Bei niedrigeren Spannungs-Bemessungswerten darf interpoliert werden.

Zu Anschlussklemmen für den Netzstromkreis, siehe E.2.

Die Werte von Tabelle 2 gelten auch für den Schweißstromkreis innerhalb der Schweißstromquelle und für Steuerstromkreise, wenn sie vom Netzstromkreis, z. B. durch einen Transformator, getrennt sind.

Eine Kriechstrecke kann nicht kürzer sein als die entsprechende Luftstrecke, daher ist die kürzest mögliche Kriechstrecke gleich der erforderlichen Luftstrecke.

Wenn der Steuerstromkreis direkt mit dem Netzstromkreis verbunden ist, müssen die Werte für die Netzspannung angewandt werden.

Übereinstimmung muss durch lineares Messen nach 4.2 von IEC 60664-1 nachgewiesen werden.

Tabelle 2 – Mindestkriechstrecken

Betriebs- spannung	Kriechstrecken in Millimeter											
	Basis- oder zusätzliche Isolierung											
	Gedruckte Schaltung Verschmutzungsgrad		Verschmutzungsgrad									
			1	2			3			4		
		a	b	a	Isolierstoffgruppe			Isolierstoffgruppe			Isolierstoffgruppe	
V r.m.s	mm	mm	mm	I	II	III	I	II	III	I	II	III
10	0,025	0,04	0,08	0,4	0,4	0,4	1	1	1	1,6	1,6	1,6
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42	1,0	1,05	1,05	1,6	1,6	1,6
16	0,025	0,04	0,1	0,45	0,45	0,45	1,1	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48	1,2	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6
25	0,025	0,04	0,125	0,5	0,5	0,5	1,2	1,25	1,25	1,7	1,7	1,7
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1,3	1,3	1,3	1,8	1,8	1,8
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	2,4	3
50	0,025	0,04	0,18	0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9	2	2,5	3,2
63	0,04	0,063	0,2	0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2	2,1	2,6	3,4
80	0,063	0,1	0,22	0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2,8	3,6
100	0,1	0,16	0,25	0,71	1	1,4	1,8	2	2,2	2,4	3	3,8
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4	2,5	3,2	4
160	0,25	0,4	0,32	0,8	1,1	1,6	2	2,2	2,5	3,2	4	5
200	0,4	0,63	0,42	1	1,4	2	2,5	2,8	3,2	4	5	6,3
250	0,56	1	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4	5	6,3	8
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	6,3	8	10
400	1	2	1	2	2,8	4	5	5,6	6,3	8	10	12,
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8	10	12,5	16
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	12,5	16	20
800	2,4	4	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5	16	20	25
1 000	3,2	5	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16	20	25	32
1 250			4,2	6,3	9	12,5	16	18	20	25	32	40
1 600			5,6	8	11	16	20	22	25	32	40	50
2 000			7,5	10	14	20	25	28	32	40	50	63
2 500			10	12,5	18	25	32	36	40	50	63	80
3 200			12,5	16	22	32	40	45	50	63	80	10
4 000			16	20	28	40	50	56	63	80	100	12
5 000			20	25	36	50	63	71	80	100	125	16
6 300			25	32	45	63	80	90	100	125	160	20
8 000			32	40	56	80	100	110	125	160	200	25
10 000			40	50	71	100	125	140	160	200	250	32
^a Isolierstoffgruppe I, II, IIIa und IIIb.												
^b Isolierstoffgruppe I, II und IIIa.												

6.1.4 Isolationswiderstand

Der Isolationswiderstand darf nicht kleiner sein als die in Tabelle 3 angegebenen Werte.

Tabelle 3 – Isolationswiderstand

Messung ^{a)}			Widerstand	Isolierung
Netzstromkreis	Gegen	Schweißstromkreis	5,0 MΩ	Doppelt oder verstärkt
Schweißstromkreis	Gegen	Schutzstromkreis	2,5 MΩ	Basis
Netzstromkreis	gegen	Schutzstromkreis	2,5 MΩ	Basis
a) Steuerstromkreise werden zusammen mit dem Stromkreis geprüft, mit dem sie galvanisch verbunden sind.				

Jeder mit der Anschlussklemme für den Schutzleiter verbundene Steuer- oder Hilfsstromkreis muss für diese Prüfung als berührbares leitfähiges Teil angesehen werden.

Übereinstimmung muss durch Messen des Isolationswiderstands ohne Funkentstör- oder Schutzkondensatoren (siehe 6.3.2) bei Raumtemperatur mit einer Gleichspannung von 500 V nach seiner Stabilisierung nachgewiesen werden.

Halbleiterbauteile und ihre Schutzeinrichtungen dürfen während der Messung kurzgeschlossen sein.

6.1.5 Spannungsfestigkeit

Die Isolation muss den folgenden Prüfspannungen ohne Überschlag oder Durchschlag standhalten:

- a) erste Prüfung einer Schweißstromquelle: Prüfspannungen nach Tabelle 4;
- b) Wiederholungsprüfung der gleichen Schweißstromquelle: Prüfspannung 80 % der Werte von Tabelle 4.

Tabelle 4 – Prüfspannungen

Höchster Bemessungswert der Spannung ^a V Effektivwert	Prüfwechselspannung V Effektivwert			
	Alle Stromkreise gegen berührbare leitfähige Teile, Netzstromkreis gegen alle Stromkreise, ausgenommen Schweißstromkreis		Alle Stromkreise ausgenommen Netzstromkreis gegen Schweißstromkreis	Netzstromkreis gegen Schweißstromkreis
	Gerät der Schutzklasse I	Gerät der Schutzklasse II		
bis 50	250	500	500	1 000
200	1 000	2 000	1 000	2 000
450	1 875	3 750	1 875	3 750
700	2 500	5 000	2 500	5 000
1 000	2 750	5 500	2 750	5 500
ANMERKUNG 1 Der höchste Bemessungswert der Spannung gilt für geerdete und ungeerdete Systeme.				
ANMERKUNG 2 In diesem Dokument wird die Spannungsprüfung von Steuerstromkreisen auf alle die Stromkreise begrenzt, die außer dem Netzstromkreis und dem Schweißstromkreis in das Gehäuse ein- oder austreten.				
^a Für Zwischenwerte ist die Interpolation der Prüfspannungen erlaubt, ausgenommen zwischen 200 V und 450 V, bei denen die Interpolation nur für Geräte erlaubt ist, die für die Installation an geerdete Dreiphasen-Vier-Draht Netzversorgungssysteme (siehe Anhang A) gestaltet sind.				

Die Prüfwechselspannung mit einer Frequenz von etwa 50 Hz oder 60 Hz muss nahezu sinusförmig sein mit einem Scheitelwert, der den 1,45fachen Effektivwert nicht übersteigt.

E DIN IEC 60974-1 (VDE 0544-1):2009-07

Die höchstzulässige Einstellung von Überlastauslösern muss 100 mA betragen. Der Hochspannungs-Transformator muss die vorgeschriebene Spannung bis zum Erreichen des Auslösestroms liefern. Das Auslösen des Überlastauslösers wird als Überschlag oder Durchschlag angesehen.

ANMERKUNG Für die Sicherheit des Schweißers wird die niedrigste Einstellung des Auslösestroms (weniger als 10 mA) empfohlen.

Alternativprüfung: Eine Prüfgleichspannung von der Größe des 1,4fachen Effektivwertes darf angewandt werden.

Bauelemente oder Montageuntergruppen dürfen nicht abgeklemmt oder kurzgeschlossen werden, wenn die im Folgenden angegebenen Bedingungen von a), b) oder c) erfüllt sind:

- a) Die Bauelemente oder Montageuntergruppen werden entsprechend den maßgeblichen Normen konstruiert und geprüft, die eine niedrigere Spannung festlegen als die Prüfspannung in dieser Norm. Diese Bauelemente oder Montageuntergruppen sind nicht zwischen Netz- und Schweißstromkreis geschaltet und ihr Abklemmen oder Kurzschließen verhindert nicht die Prüfung eines Teils dieses Stromkreises. Beispiel: Ventilator-Motoren und Pumpen-Motoren.
- b) Die Bauelemente oder Montageuntergruppen sind vollständig in entweder den Netz- oder den Schweißstromkreis integriert und ihr Abklemmen verhindert nicht die Prüfung eines Teils dieses Stromkreises. Beispiel: elektronische Stromkreise.
- c) Funkentstör- oder Schutzkondensatoren zwischen Netzstromkreis oder Schweißstromkreis und allen berührbaren leitfähigen Teilen entsprechen den maßgeblichen Normen.

An die Anschlussklemme für den Schutzleiter angeschlossene Steuerstromkreise dürfen während der Prüfung nicht abgeklemmt werden und werden dann wie berührbare leitfähige Teile geprüft.

Die Prüfspannung darf nach dem Ermessen des Herstellers langsam auf den vollen Wert gesteigert werden.

Prüfspannungen zwischen Netzstromkreis, berührbaren leitfähigen Teilen und Schweißstromkreis dürfen gleichzeitig angelegt werden. Ein Beispiel wird in Anhang B gegeben.

Mechanisch angetriebene Schweißstromquellen müssen der gleichen Prüfung unterzogen werden.

Übereinstimmung muss nachgewiesen werden durch Anlegen der Prüfspannung für

- a) 60 s (Typprüfung);
- b) 5 s (Stückprüfung);
oder
- c) 1 s (Stückprüfung mit der um 20 % erhöhten Prüfspannung).

6.2 Schutz gegen elektrischen Schlag im Normalbetrieb (direktes Berühren)

6.2.1 Schutz durch Gehäuse

Schweißstromquellen, die speziell für den Innenraumbetrieb konstruiert wurden, müssen eine Mindestschutzart von IP21X entsprechend der Prüfverfahren und -bedingungen von IEC 60529 aufweisen.

Schweißstromquellen, die speziell für den Gebrauch im Freien konstruiert wurden, müssen eine Mindestschutzart von IP23X entsprechend der Prüfverfahren und -bedingungen von IEC 60529 aufweisen.

Schweißstromquellen mit Schutzart IP23S dürfen gelagert werden, sind aber nicht für den Gebrauch im Freien während der Ausscheidung vorgesehen, es sei denn, sie sind geschützt.

Das Gehäuse muss einen geeigneten Abfluss vorsehen. Restwasser darf den einwandfreien Betrieb der Einrichtung nicht stören oder die Sicherheit beeinträchtigen.

Schweißstromanschlüsse müssen nach 11.4.1 geschützt werden.

Fernsteuerungen für Schweißstromquellen müssen eine Mindestschutzart von IP2X entsprechend der Prüfverfahren und -bedingungen von IEC 60529 aufweisen.

Übereinstimmung muss wie folgt nachgewiesen werden:

Eine Schweißstromquelle muss einer geeigneten Wasserprüfung unterzogen werden, ohne dabei unter Spannung zu stehen. Sofort nach der Prüfung muss die Schweißstromquelle in eine sichere Umgebung gebracht und der Isolationswiderstand sowie die Spannungsfestigkeit geprüft werden.

Der Nachweis des geeigneten Abflusses des Gehäuses muss durch Sichtprüfung erfolgen.

6.2.2 Kondensatoren

Ein Kondensator, der als Teil der Schweißstromquelle über einen Netzstromkreis oder über die Wicklung eines Transformators für Schweißstrom angeschlossen ist,

- a) darf nicht mehr als 1 l brennbare Flüssigkeit enthalten;
- b) muss so gebaut sein, dass er bei normalen Betrieb nicht undicht wird;
- c) muss sich im Gehäuse der Schweißstromquelle oder in einem anderen Gehäuse befinden, das mit den entsprechenden Anforderungen dieses Dokuments übereinstimmt.

Übereinstimmung muss durch Sichtprüfung nachgewiesen werden.

Kondensatoren dürfen bei der Schweißstromquelle im Fehlerfall zu keinem gefährlichen elektrischen Versagen oder zu einer Brandgefahr führen.

Übereinstimmung muss durch folgende Prüfung nachgewiesen werden:

Die Schweißstromquelle wird mit einer Netzsicherung oder einem Leistungsschutzschalter, die/der für bis zu 200 % des größten Bemessungswertes des Netzstroms bemessen ist, bei Nenneingangsspannung im Leerlauf betrieben bis:

- a) eine Sicherung oder eine Überstrom-Schutzeinrichtung in der Schweißstromquelle angesprochen hat; oder
- b) die Netzsicherung oder der Leitungsschutzschalter ausgelöst hat; oder
- c) die Eingangskomponenten der Schweißstromquelle eine Dauerbetriebstemperatur erreichen, die nicht höher ist als die in 7.3 zugelassene.

Tritt ein übermäßiges Erwärmen oder Schmelzen auf, muss die Schweißstromquelle mit den Anforderungen von 8.1 a), c) und d) übereinstimmen.

Während der in diesem Dokument geforderten Typprüfungen darf keine Flüssigkeit austreten.

Für Funkentstör-Kondensatoren oder Kondensatoren mit interner Sicherung oder Abschaltung ist diese Prüfung nicht erforderlich.

6.2.3 Automatische Entladung von Kondensatoren im Eingang

Jeder Kondensator muss mit einer Einrichtung versehen sein, mit der seine Spannung innerhalb der Zeit, der ein mit dem Kondensator verbundenes leitfähiges Teile berührt werden kann, selbsttätig auf 60 V oder weniger entladen wird oder es muss ein entsprechendes Warnzeichen verwendet werden. Für einen Stecker, der durch einen Kondensator unter Spannung steht, wird als Zugangszeit 1 s angenommen.

Kondensatoren mit einer Nennkapazität bis 0,1 μF gelten nicht als Risiko für einen elektrischen Schlag.

Übereinstimmung muss durch Sichtprüfung und folgende Prüfung nachgewiesen werden.

E DIN IEC 60974-1 (VDE 0544-1):2009-07

Die Schweißstromquelle wird mit dem höchsten Bemessungswert der Netzspannung betrieben. Die Schweißstromquelle wird dann vom Netz getrennt, und die Spannungen werden mit Messinstrumenten gemessen, die die Messwerte nicht wesentlich beeinflussen.

6.3 Schutz gegen elektrischen Schlag im Fehlerfall (indirektes Berühren)

6.3.1 Schutzmaßnahmen

Schweißstromquellen müssen mit Ausnahme des Schweißstromkreises in Schutzklasse I oder II nach IEC 61140 gebaut sein.

6.3.2 Trennung von Eingangs- und Schweißstromkreis

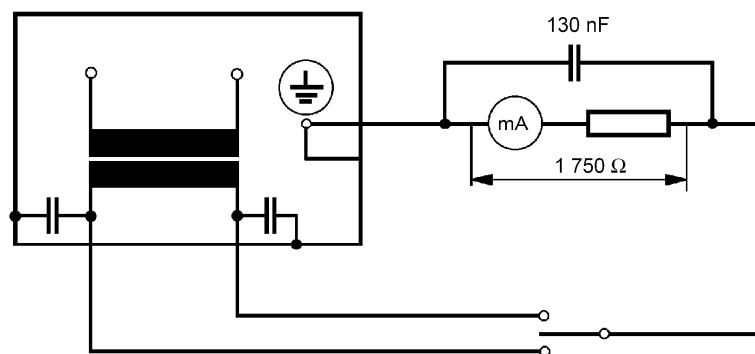
Der Schweißstromkreis muss elektrisch vom Eingangsstromkreis und von allen anderen Stromkreisen mit einer höheren Spannung als der zulässigen Leerlaufspannung nach 11.1 (z. B. Hilfsstromkreisen) durch verstärkte oder doppelte Isolierung oder gleichwertige Maßnahmen, die den Anforderungen nach 6.1 entsprechen, getrennt sein. Wenn ein anderer Stromkreis mit dem Schweißstromkreis verbunden ist, muss der Stromkreis durch einen Trenntransformator oder gleichwertige Maßnahmen mit Energie versorgt werden.

Der Schweißstromkreis darf innerhalb der Schweißstromquelle nicht mit den Anschlussmitteln für den äußeren Schutzleiter, mit dem Gehäuse, dem Rahmen oder dem Kern der Schweißstromquelle verbunden sein, ausgenommen, wenn erforderlich, durch einen Funkentstör- oder Schutzkondensator. Der Fehlerstrom zwischen den Schweißausgängen und der Schutzleiterklemme darf einen Wechselstrom von 10 mA Effektivwert nicht überschreiten.

Übereinstimmung muss durch Sichtprüfung und Messen des Fehlerstroms mit einer Schaltung nach Bild 1 beim Bemessungswert der Netzspannung und bei Leerlauf nachgewiesen werden.

Der Messstromkreis muss einen Gesamtwiderstand von $(1\,750 \pm 250) \, \Omega$ haben und mit einem Kondensator überbrückt sein, so dass die Zeitkonstante des Stromkreises $(225 \pm 15) \, \mu\text{s}$ beträgt.

Bei $1\,750 \, \Omega$ hat der Kondensator 130 nF.



ANMERKUNG Bei Geräten der Schutzklasse II ist eine Erdanschlussklemme des geerdeten Stromversorgungsnetzes zu verwenden.

Bild 1 – Messen des Fehlerstroms des Schweißstromkreises

6.3.3 Isolation zwischen den Wicklungen des Netzstrom- und Schweißstromkreises

Wicklungen zwischen dem Netzstromkreis und dem Schweißstromkreis müssen isoliert sein durch

- verstärkte oder doppelte Isolierung
oder
- Basisisolierung gegen einen zwischen ihnen angebrachten Metallschirm, der mit dem Schutzleiter verbunden ist.

Zwischen den Wicklungen vom Eingangs- und vom Schweißstromkreis muss Isolierstoff vorhanden sein, der mit den Werten von Tabelle 5 übereinstimmt.

Tabelle 5 – Mindestdicke der Isolierung

Bemessungswert der Netzspannung	Mindestdicke der Isolierung	
	Mm	
V Effektivwert	Eine einzelne Lage	Insgesamt drei oder mehr getrennte Lagen
up bis 440	1,3	0,35
441 bis 690	1,5	0,4
691 bis 1 000	2,0	0,5

Gibt es zwischen den Wicklungen einen Metallschirm, muss die Dicke der Isolierung zwischen jeder Wicklung und dem Schirm mindestens halb so groß sein wie die in Tabelle 5 angegebenen Werte.

Übereinstimmung muss durch Sichtprüfung und Messen nachgewiesen werden.

6.3.4 Innere Leitungen und Anschlüsse

Innere Leitungen und Anschlüsse müssen gesichert oder so verlegt werden, dass unbeabsichtigtes Lockern vermieden wird, das eine elektrische Verbindung verursachen könnte zwischen

- dem Eingangsstromkreis oder irgendeinem anderen Stromkreis und dem Schweißstromkreis, so dass die Ausgangsspannung höher als die zulässige Leerlaufspannung werden könnte;
- dem Schweißstromkreis und dem Schutzleiter, Gehäuse, Rahmen oder Kern.

An Stellen, wo isolierte Leiter durch Metallteile geführt werden, müssen diese mit Manschetten aus Isolierstoff versehen oder die Öffnungen müssen glatt mit einem Radius von mindestens 1,5 mm gerundet werden.

Blanke Leiter müssen so befestigt sein, dass die Luft- und die Kriechstrecke zwischen ihnen und zu leitfähigen Teilen aufrechterhalten bleibt (siehe 6.1.2. und 6.3.3).

Leiter verschiedener Stromkreise dürfen nebeneinander, im gleichen Kabelkanal (z. B. Kabelführungsrohr, Kabelkanalsystem), oder im gleichen Mehrleiterkabel liegen, vorausgesetzt die Anordnung beeinträchtigt nicht den einwandfreien Betrieb der entsprechenden Stromkreise. Wenn diese Stromkreise bei unterschiedlichen Spannungen arbeiten, müssen die Leiter durch geeignete Sperren getrennt oder gegen die höchste Spannung isoliert sein, der jeder Leiter im gleichen Kabelkanal ausgesetzt sein kann.

Übereinstimmung muss durch Sichtprüfung und Messen nachgewiesen werden.

6.3.5 Zusätzliche Anforderungen an Plasmaschneidsysteme

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

- ohne Lichtbogenstrom:
die Spannung zwischen Plasmadüse und Werkstück und/oder Erde unterschreitet nicht die in 11.1.1 angegebenen Werte;
oder

die Plasmaschneid-Stromquelle ist mit einer Gefahrenminderungseinrichtung nach Abschnitt 13 ausgerüstet;

und

- b) bei manuellen Systemen mit Lichtbogenstrom:

die mit ihrer Achse senkrecht auf eine ebene Fläche gestellte Plasmadüse kann an den Seiten nicht mit dem Prüffinger nach IEC 60529 berührt werden;

oder

die Gleichspannung zwischen Plasmadüse und Werkstück und/oder Erde überschreitet unter keinen Umständen die in 11.1.1 angegebenen Werte.

ANMMERKUNG Ein Fehlerbeispiel ist ein unüblicher Zustand durch Kontakt der Elektrode mit der Plasmadüse wegen fehlender Isolierteile, Kleben der Plasmadüse an der Elektrode, leitfähigen Materials zwischen Plasmadüse und Elektrode, falscher Teile, loser Teile, Elektrodenabnutzung, falsch eingebauter Teile, falscher Belastung oder falschen Gasflusses.

Übereinstimmung muss nachgewiesen werden nach 11.1 und Simulieren eines Brennerfehlers und Prüfen nach Abschnitt 13. Der Brenner muss nach IEC 60974-7 geprüft werden.

6.3.6 Bewegliche Spulen und Kerne

Wenn bewegliche Spulen oder Kerne zur Einstellung des Schweißstromes verwendet werden, muss die Konstruktion so sein, dass die festgelegten Luft- und Kriechstrecken unter Berücksichtigung der elektrischen und mechanischen Beanspruchung aufrechterhalten bleiben.

Übereinstimmung muss durch 500-maliges Betätigen der Verstelleinrichtung zwischen der kleinsten und größten Einstellung mit einer Geschwindigkeit nach Herstellerangabe und Besichtigen nachgewiesen werden.

6.3.7 Berührungsstrom im Fehlerfall

Bei Geräten der Schutzklasse I darf der bewertete Berührungsstrom bei Ausfall oder Unterbrechung des externen Schutzleiters folgende Werte nicht überschreiten:

- a) 5 mA für Einrichtungen mit Steckerverbindung, bemessen bis 32 A;
- b) 10 mA für Einrichtungen mit Steckerverbindung, bemessen für mehr als 32 A;
- c) 10 mA für Einrichtungen mit Daueranschluss ohne besondere Maßnahmen für den Schutzleiter.

Einrichtungen für einen dauerhaften Anschluss mit einem verstärkten Schutzleiter dürfen einen Fehlerstrom von bis zu 5 % des Bemessungs-Eingangsstroms pro Phase haben.

Folgendes muss für einen verstärkten Schutzleiter vorhanden sein:

- eine Anschlussklemme für den Anschluss eines Schutzleiters mit einer Oberfläche von mindestens 10 mm² Cu oder 16 mm² Al; oder
- eine zweite Anschlussklemme für den Anschluss eines Schutzleiters, der den gleichen Querschnitt hat wie der normale Schutzleiter.

Übereinstimmung muss durch Verwendung des Messkreises und der geeigneten Aufbauten nach Anhang N unter folgenden Bedingungen nachgewiesen werden:

- a) die Schweißstromquelle ist:
 - gegen den Boden isoliert;
 - mit der höchsten Netzspannung versorgt;
 - nicht an die Schutzerdung angeschlossen, ausgenommen durch Messelemente;
- b) der Ausgangsstrom ist im Leerlauf;
- c) Funkentstörkondensatoren dürfen nicht getrennt werden.

7 Thermische Anforderungen

7.1 Erwärmungsprüfung

7.1.1 Prüfbedingungen

Die Schweißstromquelle wird beim Bemessungswert der Netzspannung mit konstantem Strom bei einer Spielzeit von $(10 \pm 0,2)$ min betrieben

- a) mit dem Bemessungswert des Schweißstroms (I_2) für eine Einschaltdauer von 60 % und/oder 100 %, soweit zutreffend;
- b) mit dem größten Bemessungswert des Schweißstroms (I_{2max}) und der entsprechenden Einschaltdauer.

Wenn weder bei a) noch bei b) die höchste Erwärmung erreicht wird, muss eine Prüfung mit der Einstellung innerhalb des Bemessungsbereiches durchgeführt werden, bei der die höchste Erwärmung erreicht wird.

Bei einer Schweißstromquelle, die für Wolfram-Inertgas-Schweißen mit Wechselstrom bemessen ist, könnte eine unsymmetrische Last zur höchsten Erwärmung führen. In diesem Fall muss eine Prüfung nach Anhang C durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Die höchste Erwärmung kann im Leerlauf möglich sein.

ANMERKUNG 2 Wenn erforderlich, dürfen die Prüfungen aufeinander folgen, ohne dass die Schweißstromquelle auf die Temperatur der Umgebungsluft abgekühlt ist.

7.1.2 Grenzabweichungen der Prüfparameter

Während der letzten 60 min der Erwärmungsprüfung nach 7.1.3 müssen die folgenden Grenzabweichungen eingehalten werden:

- a) Arbeitsspannung: $\begin{matrix} +10 \\ -2 \end{matrix}$ % der geeigneten genormten Arbeitsspannung;
- b) Schweißstrom: $\begin{matrix} +10 \\ -2 \end{matrix}$ % des geeigneten genormten Schweißstroms;
- c) Netzspannung: ± 5 % des geeigneten Bemessungswerts der Netzspannung;
- d) Motordrehzahl: ± 5 % des geeigneten Bemessungswerts der Drehzahl.

7.1.3 Dauer der Erwärmungsprüfung

Die Erwärmungsprüfung muss solange durchgeführt werden, bis der Temperaturanstieg eines jeden Bauteils für eine Mindestdauer von 60 min 2 K/h nicht überschreitet.

7.2 Temperatur-Messung

7.2.1 Messbedingungen

Die Temperatur muss in der Mitte der Belastungszeit des letzten Lastspiels wie folgt ermittelt werden:

- a) bei Wicklungen durch Messen des Widerstands oder mit Oberflächentemperaturfühler oder eingebautem Temperaturfühler;

ANMERKUNG 1 Die Widerstandsmessung oder das Verfahren mit eingebautem Temperaturfühler werden bevorzugt.

ANMERKUNG 2 Wenn erforderlich, dürfen die Prüfungen aufeinander folgen, ohne dass die Schweißstromquelle auf die Temperatur der Umgebungsluft abgekühlt ist.

- b) bei anderen Teilen durch Oberflächentemperaturfühler.

7.2.2 Oberflächentemperaturfühler

Die Temperatur wird an berührbaren Oberflächen von Wicklungen oder anderen Teilen mit einem Temperaturfühler unter folgenden Bedingungen bestimmt.

ANMERKUNG 1 Typische Temperaturfühler sind Thermoelemente, Widerstandsthermometer, usw.

Flüssigkeitsthermometer dürfen nicht zum Messen der Temperatur von Wicklungen und Oberflächen verwendet werden.

Temperaturfühler werden an berührbaren Stellen angebracht, an denen voraussichtlich die höchste Temperatur auftritt. Es ist ratsam, die voraussichtlichen Heißpunkte durch eine vorhergehende Prüfung zu ermitteln.

ANMERKUNG 2 Größe und Ausdehnung von Heißpunkten in den Wicklungen hängen von der Bauart der Schweißstromquelle ab.

Ein guter Wärmeübergang zwischen dem Messpunkt und dem Temperaturfühler muss sichergestellt werden und der Temperaturfühler muss gegen Luftzug und gegen Strahlung geschützt sein.

7.2.3 Widerstand

Der Temperaturanstieg von Wicklungen wird durch ihre Widerstandserhöhung nach folgender Gleichung für Kupfer bestimmt:

$$t_2 - t_a = \frac{(235 + t_1) (R_2 - R_1)}{R_1} + (t_1 - t_a)$$

Dabei ist

t_1 Wicklungstemperatur während der Messung des Wertes von R_1 (°C);

t_2 berechnete Wicklungstemperatur am Ende der Prüfung (°C);

t_a Umgebungstemperatur der Luft am Ende der Prüfung (°C);

R_1 Anfangswiderstand der Wicklung (Ω);

R_2 Widerstand der Wicklung am Ende der Prüfung (Ω).

Für Aluminium wird die Zahl 235 in obiger Gleichung durch 225 ersetzt.

Die Temperatur t_1 muss innerhalb von $\pm 3\text{K}$ der Umgebungstemperatur liegen.

7.2.4 Eingebauter Temperaturfühler

Die Temperatur wird mit Thermoelementen oder anderen geeigneten Temperaturmessgeräten vergleichbarer Größe gemessen, die an den wärmsten Teilen eingebaut sind.

Beim Messen von Wicklungs- oder Spulentemperaturen werden die Thermoelemente direkt an die Leiter angebracht und dürfen von dem metallischen Stromkreis nur durch die zu dem Leiter selbst gehörende Isolierung getrennt sein.

Ein an der wärmsten Stelle einer einlagigen Wicklung angebrachtes Thermoelement gilt als eingebaut.

7.2.5 Ermittlung der Temperatur der Umgebungsluft

Die Temperatur der Umgebungsluft wird mit mindestens drei Messgeräten ermittelt. Diese sind in gleichmäßigem Abstand um die Schweißstromquelle angebracht, ungefähr in halber Höhe und 1 m bis 2 m von ihrer Oberfläche. Sie sind vor Luftzug und ungewöhnlicher Erwärmung geschützt. Der Mittelwert der gemessenen Temperaturen wird als Temperatur der Umgebungsluft festgelegt.

Bei gebläsegekühlten Schweißstromquellen werden die Messgeräte im Lufteintritt des Kühlsystems angebracht. Der Mittelwert der in gleichen Zeitabständen während des letzten Viertels der Prüfung gemessenen Temperaturen wird als Temperatur der Umgebungsluft festgelegt.

7.2.6 Temperaturermittlung

Dort, wo es möglich ist, werden Temperaturen während des Betriebs und nach dem Ausschalten der Einrichtung gemessen. Bei Teilen, an denen die Temperaturmessung während des Betriebs der Einrichtung nicht möglich ist, werden Temperaturen nach dem Ausschalten, wie nachstehend beschrieben, ermittelt.

Wenn zwischen dem Ausschalten und der Temperaturmessung soviel Zeit vergangen ist, dass die Temperatur abfallen kann, werden geeignete Korrekturen vorgenommen, um die Temperatur beim Ausschalten so genau wie möglich zu ermitteln. Dies kann durch Auftragen einer Kurve nach Anhang D erfolgen. Binnen 5 min nach Abschalten finden mindestens 4 Temperaturmessungen statt. Wenn beim Messen nach dem Abschalten die Temperatur ansteigt, wird der höchste Temperaturwert verwendet.

Um die Temperatur während der Auslaufzeit aufrechtzuerhalten, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um die Auslaufzeit einer umlaufenden Schweißstromquelle zu verkürzen.

7.3 Grenzwerte für den Temperaturanstieg

7.3.1 Wicklungen, Kommutatoren und Schleifringe

Der Temperaturanstieg bei Wicklungen, Kommutatoren und Schleifringen darf die in Tabelle 6 angegebenen Werte nicht überschreiten, ungeachtet des angewandten Verfahrens der Temperaturmessung.

Tabelle 6 – Grenzwerte des Temperaturanstiegs von Wicklungen, Kommutatoren und Schleifringen

Isolationsklasse °C	Höchsttemperatur °C	Grenzwerte des Temperaturanstiegs K			
		Wicklungen			Kommutatoren und Schleifringe
		Oberflächen- temperaturfühler	Widerstand	Eingebauter Temperaturfühler	
105 (A)	140	55	60	65	60
120 (E)	155	70	75	80	70
130 (B)	165	75	80	90	80
155 (F)	190	95	105	115	90
180 (H)	220	115	125	140	100
200	235	130	145	160	Nicht festgelegt
220 (C)	250	150	160	180	

ANMERKUNG 1 Oberflächentemperaturfühler heißt, dass die Temperatur mit nicht eingebauten Temperaturfühlern an der heißesten erreichbaren Stelle der äußeren Oberfläche der Wicklungen gemessen wird.

ANMERKUNG 2 Üblicherweise ist die Oberflächen-Temperatur die niedrigste Temperatur. Die Temperaturbestimmung durch Messen des Widerstands ergibt den Durchschnittswert aller innerhalb einer Wicklung auftretenden Temperaturen. Die höchste Temperatur in den Wicklungen (Heißpunkt) kann mit eingebauten Temperaturfühlern gemessen werden.

ANMERKUNG 3 Es gibt auch Isolationsklassen mit höheren Werten als den in Tabelle 6 angegeben (siehe IEC 60085).

Kein Teil darf eine Temperatur erreichen, die ein anderes Teil schädigt, selbst wenn dieses Teil mit den Anforderungen in Tabelle 6 übereinstimmen sollte.

Bei Prüfungen mit einer anderen Einschaltdauer als 100 % darf die bei einem vollständigen Spiel auftretende Höchsttemperatur die in Tabelle 6 angegebenen Werte nicht übersteigen. Wenn die Erwärmungsprüfung bei einer anderen Temperatur als 40 °C durchgeführt wird, muss die während der Erwärmungsprüfung nach 7.1 gemessene Höchsttemperatur korrigiert werden, indem die Differenz zwischen 40 °C und der Umgebungstemperatur hinzugefügt wird (siehe 7.2.5).

Übereinstimmung muss durch Messen nach 7.2 nachgewiesen werden.

7.3.2 Äußere Oberflächen

Der Temperaturanstieg äußerer Oberflächen darf die in Tabelle 7 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 7 – Grenzwerte des Temperaturanstiegs von äußeren Oberflächen

Äußere Oberfläche	Grenzwerte des Temperaturanstiegs K
Blanke Metallgehäuse	25
Lackierte Metallgehäuse	35
Nichtmetallische Gehäuse	45
Metallgriffe	10
Nichtmetallische Griffe	30

Bei motorbetriebenen Stromquellen dürfen die in Tabelle 7 angegebenen Grenzwerte für Oberflächen überschritten werden, die

- a) durch Aussehen oder Funktion erkennbar sein; oder
- b) mit dem Symbol IEC 60417-5041 (DB:2002-10) gekennzeichnet sind; oder
- c) so angeordnet oder geschützt sein, dass im normalen Betrieb ein unbeabsichtigtes Berühren verhindert wird.

ANMERKUNG Zu Oberflächen, die durch Aussehen oder Funktion erkennbar sind gehören Teile wie Auspuffrohre, Auspufftöpfe, Funkenlöscher oder Zylinderköpfe.

Übereinstimmung muss durch Messen in Übereinstimmung mit 7.2 und Sichtprüfung nachgewiesen werden.

7.3.3 Andere Bauelemente

Die Höchsttemperatur anderer Bauelemente darf in Übereinstimmung mit der maßgebenden Norm den höchsten Temperatur-Bemessungswert nicht überschreiten. Wenn die Erwärmungsprüfung bei einer anderen Temperatur als 40 °C durchgeführt wird, muss die während der Erwärmungsprüfung nach 7.1 gemessene Höchsttemperatur korrigiert werden, indem die Differenz zwischen 40 °C und der Umgebungstemperatur hinzugefügt wird (siehe 7.2.5).

7.4 Belastungsprüfung

Schweißstromquellen müssen wiederholten Belastungen ohne Zerstörung oder Versagen standhalten.

Übereinstimmung muss durch nachstehende Prüfungen und Feststellen, dass während der Prüfungen keine Zerstörung oder kein Versagen in der Schweißstromquelle auftritt, nachgewiesen werden.

Die Schweißstromquelle wird vom kalten Zustand aus solange mit dem größten Bemessungswert des Schweißstroms belastet, bis einer der folgenden Fälle eintritt:

- a) der thermische Schutz spricht an;
- b) die Temperaturgrenzwerte der Wicklungen sind erreicht;