

	DIN EN 50444 (VDE 0544-20)	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 13.280; 25.160.30 Grundnorm zur Ermittlung der Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern von Einrichtungen zum Lichtbogenschweißen und artverwandten Prozessen; Deutsche Fassung EN 50444:2008 Basic standard for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields from equipment for arc welding and allied processes; German version EN 50444:2008 Norme de base pour l'évaluation de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques d'un équipement pour le soudage à l'arc et les techniques connexes; Version allemande EN 50444:2008 Gesamtumfang 59 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

Die von CENELEC am 2008-02-01 angenommene EN 50444 gilt als DIN-Norm ab 2009-02-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN VDE 0544-20 (VDE 0544-20):2006-12.

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

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
EN 50392 ersetzt durch: EN 62311:2008	IEC 62311:2007, mod.	DIN EN 62311 (VDE 0848-211):2008-09	VDE 0848-211
EN 50413	–	–	–
EN 50445	–	DIN EN 50445 (VDE 0545-20)	VDE 0545-20
EN 60674-1	IEC 60674-1	DIN EN 60674-1 (VDE 0345-1)	VDE 0345-1
EN 60974-1	IEC 60974-1	DIN EN 60974-1 (VDE 0544-1)	VDE 0544-1
EN 60974-6:2003	IEC 60974-6:2003	DIN EN 60974-6 (VDE 0544-6):2003-11	VDE 0544-6
EN 61566:1997	IEC 61566:1997	DIN EN 61566:1999-01	–
–	IEC 61786	–	–
EN 62226-1:2005	IEC 62226-1:2004	DIN EN 62226-1 (VDE 0848-226-1):2005-10	VDE 0848-226-1

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 62226-2-1:2005	IEC 62226-2-1:2004	DIN EN 62226-2-1 (VDE 0848-226-2-1):2005-09	VDE 0848-226-2-1
EN ISO/IEC 17025:2005	ISO/IEC 17025:2005	DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08	–
–	IEC 61786:1998	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 50445 (VDE 0545-20), Produktfamiliennorm zur Konformitätsprüfung von Einrichtungen zum Widerstandsschweißen, Lichtbogenschweißen und artverwandten Prozessen in Bezug auf die bei der Exposition durch elektromagnetische Felder anzuwendenden Basisgrenzwerte (0 Hz bis 300 GHz)

DIN EN 60674-1 (VDE 0345-1), Bestimmung für Isolierfolien für elektrotechnische Zwecke – Teil 1: Begriffe und allgemeine Anforderungen

DIN EN 60974-1 (VDE 0544-1), Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 1: Schweißstromquellen

DIN EN 60974-6 (VDE 0544-6):2003-11, Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 6: Schweißstromquellen mit begrenzter Einschaltdauer (IEC 60974-6:2003); Deutsche Fassung EN 60974-6:2003

DIN EN 61566:1999-01, Messung der Exposition durch hochfrequente elektromagnetische Felder – Feldstärke im Frequenzbereich 100 kHz bis 1 GHz (IEC 61566:1997); Deutsche Fassung EN 61566:1997

DIN EN 62311 (VDE 0848-211):2008-09, Bewertung von elektrischen und elektronischen Einrichtungen in Bezug auf Begrenzungen der Exposition von Personen in elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz) (IEC 62311:2007, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62311:2008

DIN EN 62226-1 (VDE 0848-226-1):2005-10, Sicherheit in elektrischen oder magnetischen Feldern im niedrigen und mittleren Frequenzbereich – Verfahren zur Berechnung der induzierten Körperstromdichte und des im menschlichen Körper induzierten elektrischen Feldes – Teil 1: Allgemeines (IEC 62226-1:2004); Deutsche Fassung EN 62226-1:2005

DIN EN 62226-2-1 (VDE 0848-226-2-1):2005-09, Sicherheit in elektrischen oder magnetischen Feldern im niedrigen und mittleren Frequenzbereich – Verfahren zur Berechnung der induzierten Körperstromdichte und des im menschlichen Körper induzierten elektrischen Feldes – Teil 2-1: Exposition gegenüber magnetischen Feldern – 2D-Modelle (IEC 62226-2-1:2004); Deutsche Fassung EN 62226-2-1:2005

DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2005

– Leerseite –

**Grundnorm zur Ermittlung der Exposition von Personen
gegenüber elektromagnetischen Feldern von Einrichtungen zum
Lichtbogenschweißen und artverwandten Prozessen**

Basic standard for the evaluation of human
exposure to electromagnetic fields from
equipment for arc welding and allied processes

Norme de base pour l'évaluation de l'exposition
des personnes aux champs électromagnétiques
d'un équipement pour le soudage à l'arc et les
techniques connexes

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2008-02-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2008 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 50444:2008 D

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde von dem Technischen Komitee CENELEC TC 26A „Lichtbogenschweiß-einrichtungen“ ausgearbeitet.

Der Text des Entwurfs wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2008-02-01 als EN 50444 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2009-02-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-02-01

Diese Europäische Norm muss in Zusammenhang mit EN 50445 gelesen werden.

Diese Europäische Norm wurde unter den Mandaten M/305 und M/351 erstellt, die von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CENELEC gegeben wurden.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
3.1 Allgemeine Begriffe	6
3.2 Spezifische Begriffe zu Lichtbogenschweißen und artverwandten Verfahren	8
4 Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten	9
4.1 Größen und Einheiten	9
4.2 Konstanten.....	9
5 Bewertungsverfahren	9
5.1 Zu prüfende Komponenten der Einrichtungen zum Lichtbogenschweißen	9
5.2 Bewertungsbedingungen.....	9
5.3 Mittelung	10
5.4 Gepulster oder nicht-sinusförmiger Schweißstrom	10
5.4.1 Allgemeines	10
5.4.2 Summation zur Bewertung nach Basisgrenzwerten	10
5.4.2.1 Summation von Stromdichtekomponenten ohne Phasenberücksichtigung.....	10
5.4.2.2 Summation von Stromdichtekomponenten mit Phasenberücksichtigung.....	11
5.4.2.3 Summation von Komponenten der spezifischen Absorptionsrate (SAR).....	11
5.4.3 Summation zur Bewertung nach Referenzwerten.....	11
5.4.3.1 Summation für Reizwirkungen ohne Phasenberücksichtigung.....	11
5.4.3.2 Verfahren des effektiven Referenzwertes	12
5.4.3.3 Summation für Reizwirkungen mit Phasenberücksichtigung	13
5.4.3.4 Summation für thermische Wirkungen	13
5.4.4 Ersatzfrequenz von Kurvenformen der induzierten Stromdichte	14
5.5 Leitfähigkeit von lebendem Gewebe	14
5.6 Frequenzbereichseinschränkungen	15
5.7 Anwendung der Bewertungsverfahren	15
5.8 Messungen	18
5.8.1 Messgeräte.....	18
5.8.2 Gleichfeldmessungen.....	18
5.8.3 Feldmessungen im Zeitbereich	18
5.8.4 Breitbandfeldmessungen.....	19
5.8.5 Frequenzselektive Feldmessungen.....	19
5.8.6 Gewichtete Feldmessungen im Zeitbereich	19
5.9 Analytische Berechnungen.....	19
5.9.1 Allgemeine Informationen.....	19
5.9.2 Ableitung des Magnetfeldes vom Schweißstrom	19

	Seite
5.9.3 Ableitung der induzierten Stromdichte vom Magnetfeld	20
5.10 Numerische Berechnungen	21
5.10.1 Allgemeine Informationen	21
5.10.2 Ableitung des Magnetfeldes	22
5.10.3 Ableitung der induzierten Stromdichte mit Modellen leitfähiger Scheiben	22
5.10.4 Simulationen mit anatomischen Körpermodellen	22
5.10.4.1 Allgemeine Informationen	22
5.10.4.2 Anatomische Körpermodelle	23
5.10.4.3 Berechnungsverfahren	23
5.10.4.4 Position des Körpermodells in Bezug zu den Schweißleitungen	24
6 Bewertungsunsicherheit	24
6.1 Einbeziehung der Unsicherheit	24
6.1.1 Allgemeine Informationen	24
6.1.2 Gemeinsames Unsicherheitsbudget	24
6.1.3 Verwendung der Unsicherheit im Vergleich mit Grenzwerten	24
6.2 Bewertung der Unsicherheiten	25
6.2.1 Einleitung	25
6.2.2 Individuelle Unsicherheiten	25
6.2.3 Kombinierte Unsicherheiten	25
6.3 Angemessene Gesamtunsicherheiten	25
6.4 Beispiele für typische Unsicherheiten	25
7 Bewertungsbericht	26
7.1 Allgemeine Prinzipien	26
7.2 Im Bewertungsbericht anzuführende Punkte	26
Anhang A (normativ) Bewertungsparameter	27
Anhang B (informativ) Beispiele für Expositionsbewertungen	31
Anhang C (informativ) Numerische Simulation mit anatomischen Körpermodellen	40
Anhang D (informativ) Geometriefaktor und Feldverläufe	44
Anhang E (informativ) Bewertung der Welligkeit des Ausgangsstroms	45
Anhang F (informativ) Summation mit Gewichtungsfunktionen mit Filtern erster Ordnung	48
Anhang G (informativ) Beispiel für ein Unsicherheitsbudget	53
Literaturhinweise	54
 Bild 1 – Leitfähigkeits-Mittelwerte für homogene Körpermodelle von 10 kHz bis 10 MHz	 14
Bild A.1 – Sondenposition für die Messung an Schweißkabeln	29
Bild A.2 – Topologie der Schweißleitung für numerische Simulationen	29
Bild B.1 – Sondenposition bei der Messung	32
Bild B.2 – Planare Stromdichteverteilung in der Scheibe	33
Bild B.3 – Kurvenform des Schweißstroms und Berechnungsparameter	34

	Seite
Bild B.4 – Vom Schweißstrom abgeleitete induzierte Stromdichte	34
Bild B.5 – Spektralkomponenten des Schweißstromimpulses	35
Bild B.6 – Summation von Komponenten der induzierten Stromdichte mit Phasenberücksichtigung	36
Bild B.7 – Kurvenform der Flussdichte und Effektivwerte der Spektralkomponenten	36
Bild B.8 – Kurvenform der Flussdichte und Effektivwerte der Spektralkomponenten	37
Bild B.9 – Summation von Komponenten der Flussdichte mit Phasenberücksichtigung	38
Bild B.10 – Kurvenform der Flussdichte und Effektivwerte der Spektralkomponenten	39
Bild D.1 – Planare Feldverteilung für unterschiedliche Leiteranordnungen bei $I_2 = 200 \text{ A}$	44
Bild E.1 – Spektralanalyse einer Dreieckfunktion	45
Bild F.1 – Referenzwerte für die magnetische Flussdichte, Filter- und Tabellenwerte	49
Bild F.2 – Phasenwinkel der Gewichtungsfunktion für B und H , Filter- und Tabellenwerte	50
Bild F.3 – Basisgrenzwerte für die induzierte Stromdichte, Filter- und Tabellenwerte	51
Bild F.4 – Phasenwinkel der Gewichtungsfunktion für J , Filter- und Tabellenwerte	51
Bild F.5 – Vergleich der Ergebnisse für Beispiel B.7 (Filter erster Ordnung – links, Tabellenwerte – rechts)	52
Tabelle 1 – Zulässige Bewertungsverfahren für Lichtbogenschweißeinrichtungen	16
Tabelle 2 – Zulässige Bewertungsverfahren für Schweißkabel	17
Tabelle 3 – Angemessene erweiterte Bewertungsunsicherheiten	25
Tabelle A.1 – Typische Parameter für Prüfungen mit gepulstem Ausgangsstrom	27
Tabelle B.1 – Komponenten der induzierten Stromdichte und Phasenwinkel	35
Tabelle B.2 – Flussdichtekomponenten	37
Tabelle B.3 – Flussdichtekomponenten und Phasenwinkel	38
Tabelle B.4 – Komponenten und anteilige Beiträge der Flussdichte	39
Tabelle C.1 – Elektrische Leitfähigkeit von Gewebearten	42
Tabelle E.1 – J -Simulationsergebnisse für relevante Spektralkomponenten (Effektivwerte)	46
Tabelle E.2 – B -Berechnungsergebnisse für relevante Spektralkomponenten (Effektivwerte)	47
Tabelle G.1 – Beispiel eines Unsicherheitsbudgets für eine Breitband-Feldmessung	53

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Einrichtungen zum Lichtbogenschweißen und für artverwandte Prozesse für den Gebrauch im Industrie- oder Wohnbereich, einschließlich Schweißstromquellen, Drahtvorschubgeräte und Zusatzeinrichtungen, wie z. B. Brenner, Flüssigkeitskühlgeräte und Lichtbogenzünd- und Stabilisierungseinrichtungen.

ANMERKUNG Verwandte Prozesse sind beispielsweise Elektrolichtbogenschneiden und Lichtbogenspritzen.

Diese Norm legt Verfahren zur Bewertung der von Lichtbogenschweißeinrichtungen erzeugten elektromagnetischen Felder fest und definiert genormte Betriebsbedingungen und Messanordnungen.

Dieses Dokument kann als Grundlage zum Nachweis der Einhaltung von nationalen und internationalen Richtlinien und Anforderungen hinsichtlich der Exposition von Personen gegenüber den von Lichtbogenschweißeinrichtungen erzeugten elektromagnetischen Feldern (EMF) verwendet werden [1] [2].

Für Produkte, für die diese Norm gilt, können weitere Normen anwendbar sein. Im Besonderen ist diese Norm weder dafür vorgesehen, elektromagnetische Verträglichkeit mit anderen Einrichtungen nachzuweisen, noch spezifiziert sie andere Produktsicherheitsanforderungen als jene, die sich speziell auf die Exposition von Personen durch elektromagnetische Felder beziehen.

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).

EN 50392, *Fachgrundnorm zur Demonstration der Konformität elektronischer und elektrischer Geräte mit den Basisgrenzwerten für die Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz)*

EN 50445, *Produktfamiliennorm zur Konformitätsprüfung von Einrichtungen zum Widerstandsschweißen, Lichtbogenschweißen und artverwandten Prozessen in Bezug auf die bei der Exposition durch elektromagnetische Felder anzuwendenden Basisgrenzwerte (0 Hz bis 300 GHz)*

EN 60974-1, *Lichtbogenschweißeinrichtungen – Teil 1: Schweißstromquellen (IEC 60674-1)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

Basisgrenzwerte

direkt auf nachgewiesenen Auswirkungen auf die Gesundheit und auf biologischen Erwägungen beruhende Grenzwerte in Bezug auf die Exposition durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder

3.1.2

Leitfähigkeit

σ

das Verhältnis von Stromdichte und elektrischer Feldstärke in einem Medium

3.1.3

Berührungsstrom

durch Berührung eines leitenden Gegenstands in einem elektromagnetischen Feld in den Körper fließender Strom

3.1.4

effektiver Referenzwert

$B_{L, eff}$

Feldstärkepegel für die praktische Bewertung der Exposition mittels Breitbandmessung, der unter Berücksichtigung des Spektralgehaltes des Feldes von frequenzabhängigen Referenzwerten abgeleitet wurde

3.1.5

EMF

elektrisches, magnetisches oder elektromagnetisches Feld

3.1.6

Exposition

Situation, die auftritt wenn eine Person elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern oder Berührungsströmen ausgesetzt ist, die nicht auf physiologischen Prozessen im Körper oder anderen natürlichen Phänomenen beruhen

3.1.7

Expositionspegel

Wert der bei der Exposition einer Person durch elektromagnetische Felder oder Berührungsströme betrachteten Größe

3.1.8

induzierte Stromdichte

J

durch das elektromagnetische Feld induzierter Strom je Flächeneinheit innerhalb des Körpers

3.1.9

magnetische Flussdichte

B

Größe eines Feldvektors, die dem magnetischen Feld H multipliziert mit der Permeabilität μ des Mediums entspricht

$$B = \mu H \quad (1)$$

3.1.10

magnetische Feldstärke

H

Größe eines Feldvektors an einem Punkt, die zu einer Kraft $\vec{F}$ auf eine Ladung q , die sich mit einer Geschwindigkeit $\vec{v}$ bewegt, führt

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \mu \vec{H}) \quad (2)$$

oder die magnetische Flussdichte, geteilt durch die Permeabilität des Mediums

3.1.11

Permeabilität

μ

Eigenschaft eines Werkstoffs, die die Beziehung zwischen magnetischer Flussdichte B und magnetischer Feldstärke H definiert

ANMERKUNG Im Allgemeinen setzt sich diese aus der Permeabilität des freien Raums μ_0 und der relativen Permeabilität μ_R für spezifische dielektrische Materialien zusammen.

$$\mu = \mu_R \mu_0 \quad (3)$$

Dabei ist

μ die Permeabilität des Mediums, ausgedrückt in H m⁻¹.

3.1.12

Untersuchungspunkt

POI

Ort im Raum, an dem der Wert des E -Feldes, H -Feldes oder der Leistungsdichte bewertet wird

ANMERKUNG Diese Position wird in kartesischen, Zylinder- oder Kugelkoordinaten in Bezug zum Referenzpunkt des Prüflings definiert.

3.1.13

Effektivwert

r.m.s.

der Effektivwert oder der mit der Jouleschen Wärme verbundene Wert eines periodischen Signals

ANMERKUNG Der Effektivwert wird durch Berechnen der Quadratwurzel des Mittels des quadrierten Wertes einer Funktion erhalten.

Ausdruck im Zeitbereich

$$X_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T X^2(t) dt} \quad (4)$$

Dabei ist

$X(t)$ Signal zur Zeit t

T Periodendauer des Signals oder das Vielfache davon.

Ausdruck im Frequenzbereich

$$X_{r.m.s.} = \sqrt{\sum_n X_n^2} \quad (5)$$

Dabei ist

X_n Größe der Spektralkomponente der n -ten Frequenz, ausgedrückt als Effektivwert.

3.1.14

Referenzwerte

von den Basisgrenzwerten abgeleitete, direkt messbare Größen für die praktische Durchführung der Expositionsbewertung

ANMERKUNG Das Einhalten der Referenzwerte stellt sicher, dass die entsprechenden Basisgrenzwerte eingehalten werden. Wenn die Referenzwerte überschritten werden, liegt aber nicht notwendigerweise eine Überschreitung der Basisgrenzwerte vor.

3.2 Spezifische Begriffe zu Lichtbogenschweißen und artverwandten Verfahren

3.2.1

Stromquelle zum Lichtbogenschweißen

Einrichtung für die Strom- und Spannungsversorgung mit für das Lichtbogenschweißen und für artverwandte Verfahren geeigneten Kennlinien

ANMERKUNG 1 Eine Stromquelle zum Lichtbogenschweißen kann auch andere Einrichtungen und Hilfseinrichtungen mit beispielsweise Hilfsenergie, Kühlmittel, abschmelzender Elektrode und Schutzgas für den Lichtbogen und für den Schweißbereich versorgen.

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

3.2.2

gewerblicher Gebrauch

Benutzung, die nur für Fachkräfte oder unterwiesene Personen vorgesehen ist

3.2.3

Fachkraft

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

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

3.2.4

unterwiesene Person

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

ANMERKUNG Falls erforderlich wurde die Person geschult.

3.2.5

maximaler Bemessungswert des Schweißstroms

$I_{2\max}$

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

4 Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten

4.1 Größen und Einheiten

In diesem Dokument werden durchgehend die international akzeptierten SI-Einheiten verwendet.

<u>Größe</u>	<u>Symbol</u>	<u>Einheit</u>	<u>Dimension</u>
Stromdichte	J	Ampere/Quadratmeter	$A\ m^{-2}$
Elektrische Leitfähigkeit	σ	Siemens/Meter	$S\ m^{-1}$
Frequenz	f	Hertz	Hz
Magnetische Feldstärke	H	Ampere/Meter	$A\ m^{-1}$
Magnetische Flussdichte	B	Tesla	$T\ (Vs\ m^{-2})$
Permeabilität	μ	Henry/Meter	$H\ m^{-1}$

4.2 Konstanten

<u>Physikalische Konstante</u>	<u>Symbol</u>	<u>Größe</u>
Permeabilität des freien Raums	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}\ H\ m^{-1}$

5 Bewertungsverfahren

5.1 Zu prüfende Komponenten der Einrichtungen zum Lichtbogenschweißen

Die Hauptquelle von EMF ist der von der Stromquelle gelieferte Schweißstrom, der durch den Schweißstromkreis fließt. Die nur von der Schweißstromquelle bestimmten Parameter des Stroms, z. B. Amplitude und Kurvenform haben den größten Einfluss auf den Expositionspegel. Daher ist die Bewertung auf Grundlage dieser Parameter und der Konfiguration des Schweißstromkreises, wie sie in dieser Norm festgelegt ist, durchzuführen.

Jedoch können direkte Emissionen von Komponenten des Schweißsystems, wie z. B. Drahtvorschüben, ebenfalls zum gesamten EMF beitragen und sind zu berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, dass Emissionen im Nahbereich (näher als 1 m) nicht zu summieren sind, da sich der Schweißer nicht gleichzeitig im Nahbereich mehrerer Komponenten aufhält.

5.2 Bewertungsbedingungen

Prüfkonfigurationen, Abstände, Betriebsbedingungen und andere Parameter, die für alle Bewertungsverfahren gelten, sind in [Anhang A](#) angegeben.

5.3 Mittelung

Zeitliche und räumliche Mittelung muss in Übereinstimmung mit dem maßgeblichen, die Grenzwerte enthaltenden Dokument durchgeführt werden.

5.4 Gepulster oder nicht-sinusförmiger Schweißstrom

5.4.1 Allgemeines

Bei gepulstem oder nicht-sinusförmigem Schweißstrom mit einer Gleichstromkomponente muss eine getrennte Bewertung der Wechselstrom- und Gleichstromkomponenten vorgenommen werden. Für die Bewertung der Einhaltung von Beschränkungen für zeitveränderliche Felder dürfen nur die a.c.-Komponenten berücksichtigt werden. Die d.c.-Komponente muss für die Bewertung der Einhaltung von Beschränkungen für statische Felder verwendet werden.

Die Wechselstromkomponente kann aus einer Anzahl von Frequenzkomponenten, üblicherweise einer Grundschiwingung (z. B. der Pulswiederholrate eines gepulsten MIG-Prozesses oder der Schaltfrequenz einer Inverterstromquelle) und Oberschwingungen, bestehen.

Diese Spektralkomponenten müssen unter Berücksichtigung der durch die verschiedenen Anteile verursachten biologischen Effekte (z. B. Reizwirkungen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 10 MHz und thermische Wirkungen im Frequenzbereich über 100 kHz) für die Expositionsbewertung summiert werden. Die Summation von Frequenzkomponenten, die Reizwirkungen und thermische Wirkungen verursachen, muss getrennt vorgenommen werden. Summationsverfahren sind in 5.4.2 und 5.4.3 angegeben.

Einzelne Frequenzbereiche des Feldes (z. B. aufgrund von gepulstem Schweißstrom oder Stromwelligkeit) dürfen getrennt bewertet werden. In diesem Fall sind die Ergebnisse jeder Bewertung linear zu addieren.

Es sind nur Spektralkomponenten bis zu der in 5.6 definierten obersten Frequenz zu berücksichtigen. Oberschwingungsanteile mit einer Amplitude von weniger als 3 % der Amplitude der entsprechenden Grundschiwingung sind unbedeutend und werden außer Acht gelassen.

ANMERKUNG 1 Ein komplexes Signal kann aus mehreren Grundschiwingungen (z. B. die Frequenzen der Pulsung und der Schweißstromwelligkeit) und zugehörigen Oberwellen bestehen.

Für eine vereinfachte, konservative Bewertung von induzierten Stromdichten mit nicht-sinusförmigen oder gepulsten Signalformen kann das in 5.4.4 angegebene Verfahren verwendet werden, das auf der Bestimmung einer Ersatzfrequenz basiert.

ANMERKUNG 2 Weitere Hinweise sind in der ICNIRP-Stellungnahme „Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines“ [3] zu finden.

5.4.2 Summation zur Bewertung nach Basisgrenzwerten

5.4.2.1 Summation von Stromdichtekomponenten ohne Phasenberücksichtigung

Zur Summation von induzierten Stromdichten kann Gleichung (6) verwendet werden.

$$J_t = \sum_{i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_i}{J_{L, i}} \quad (6)$$

Dabei ist

J_t induzierte relative Gesamtstromdichte, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Werts

J_i induzierte Stromdichtekomponente bei der Frequenz f_i

$J_{L, i}$ zugehöriger Stromdichte-Grenzwert bei der Frequenz f_i

Die Summe der gewichteten Spektralkomponenten darf den Wert 1 nicht überschreiten.

Da in dieser Summationsgleichung keine Phaseninformation verwendet wird, kann dieses Verfahren zu einer erheblichen Überbewertung der Exposition führen. Wenn Angaben über die Phasenlage der Spektralkomponenten vorhanden sind, kann das in 5.4.2.2 angegebene Verfahren verwendet werden.

5.4.2.2 Summation von Stromdichtekomponenten mit Phasenberücksichtigung

Da die Spektralkomponenten eines gepulsten oder nicht-sinusförmigen Signals üblicherweise nicht phasengleich sind (d. h. sie erreichen im Zeitbereich ihren Höchstwert nicht gleichzeitig), enthält Gleichung (6) einen konservativen Ansatz zur Expositionsbewertung. Daher kann, wenn die Phasenlage der Spektralkomponenten bekannt ist, Gleichung (7) für eine realistischere Summation verwendet werden.

Die Summe der gewichteten Spektralkomponenten darf den Wert 1 zu keiner Zeit t innerhalb des Bewertungsintervalls, das der Periodendauer eines gepulsten oder nicht-sinusförmigen Signals entsprechen muss, überschreiten. Die bei der Bewertung verwendeten Zeitschritte müssen kleiner oder gleich 1/10 der Periodendauer der höchsten relevanten Spektralkomponente sein.

$$\left| \sum_i \frac{J_i}{J_{L,i}} \cos(2\pi f_i t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (7)$$

Dabei ist

J_i Spektralkomponente der indizierten Stromdichte bei der Frequenz f_i

$J_{L,i}$ zugehöriger Stromdichte-Grenzwert bei der Frequenz f_i , siehe [Anhang F](#)

f_i Frequenz der Spektralkomponente i (Komponenten bis maximal 10 MHz)

θ_i Phasenwinkel der Spektralkomponente bei der Frequenz f_i

φ_i Phasenwinkel der Gewichtungsfunktion bei der Frequenz f_i , siehe [Anhang F](#)

5.4.2.3 Summation von Komponenten der spezifischen Absorptionsrate (SAR)

Thermische Wirkungen durch EMF sind bei den meisten Lichtbogenschweißeinrichtungen vernachlässigbar. Wenn relevante Spektralkomponenten (siehe [5.4.1](#)) im Frequenzbereich (siehe [5.6](#)) oberhalb 100 kHz vorhanden sind, muss Gleichung (8) für die Summation von Spektralkomponenten der SAR verwendet werden.

$$SAR_t = \sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_{L,i}} \quad (8)$$

Dabei ist

SAR_t gesamte SAR, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Werts

SAR_i SAR-Spektralkomponente bei der Frequenz f_i

$SAR_{L,i}$ zugehöriger SAR-Grenzwert bei der Frequenz f_i

5.4.3 Summation zur Bewertung nach Referenzwerten

5.4.3.1 Summation für Reizwirkungen ohne Phasenberücksichtigung

Für die Summation von Spektralkomponenten der magnetischen Feldstärken in Bezug auf Reizwirkungen kann Gleichung (9) verwendet werden.

$$H_t = \sum_{i=1 \text{ Hz}}^{f_{\text{sco}}} \frac{H_i}{H_{L,i}} + \sum_{f_{\text{sco}}}^{10 \text{ MHz}} \frac{H_i}{b} \quad (9)$$

Dabei ist

H_t relative magnetische Gesamtfeldstärke, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Werts

f_{sco} Summations-Grenzfrequenz entsprechend dem Referenzdokument für Grenzwerte

H_i Komponente der magnetischen Feldstärke bei der Frequenz f_i

$H_{L,i}$ zugehöriger Referenzwert der magnetischen Feldstärke bei der Frequenz f_i

b Wert der zulässigen magnetischen Feldstärke entsprechend dem Referenzdokument für Grenzwerte

Für die Summation von Spektralkomponenten der magnetischen Flussdichte in Bezug auf Reizwirkungen kann Gleichung (10) verwendet werden.

$$B_t = \sum_{i=1 \text{ Hz}}^{f_{\text{sco}}} \frac{B_i}{B_{L,i}} + \sum_{f_{\text{sco}}}^{10 \text{ MHz}} \frac{B_i}{b} \quad (10)$$

Dabei ist

B_t relative magnetische Gesamtflussdichte, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Werts

f_{sco} Summations-Grenzfrequenz entsprechend dem Referenzdokument für Grenzwerte

B_i Komponente der magnetischen Flussdichte bei der Frequenz f_i

$B_{L,i}$ zugehöriger Referenzwert der magnetischen Flussdichte bei der Frequenz f_i

b Wert der zulässigen magnetischen Flussdichte entsprechend dem Referenzdokument für Grenzwerte

Ein Beispiel für Summation ohne Berücksichtigung der Phasenlage ist in [B.8](#) gegeben.

5.4.3.2 Verfahren des effektiven Referenzwertes

Die Beurteilung wird mit Hilfe einer Breitbandsonde durch Messen des Gesamteffektivwerts der magnetischen Flussdichte durchgeführt. Zur Bewertung der Exposition wird das Ergebnis der Breitbandmessung mit dem berechneten effektiven Referenzwert $B_{L, \text{eff}}$ verglichen.

Der Spektralgehalt des Feldes muss, z. B. mittels schneller Fourier-Transformation (FFT), aus dem gemessenen Feld oder alternativ, bei Messungen um Schweißleitungen, aus dem gemessenen Schweißstrom abgeleitet werden. Der Beitrag jeder Spektralkomponente wird als Bruchteil des gesamten Wechselstrom-Effektivwertes der Flussdichte oder des Schweißstroms berechnet.

Den effektiven Referenzwert erhält man durch Anwendung von Gleichung (11).

$$B_{L, \text{eff}} = \frac{1}{\sum_i \frac{F_i}{B_{L,i}}} \quad (11)$$

Dabei ist

$B_{L,i}$ zugehöriger Referenzwert (Effektivwert) der magnetischen Flussdichte bei der Frequenz f_i

F_i anteiliger Beitrag der Spektralkomponente i , definiert als

$$F_i = \frac{B_{r.m.s., i}}{B_{r.m.s.}} \quad (12)$$

Dabei ist

$B_{r.m.s.}$ Gesamteffektivwert der magnetischen Flussdichte

$B_{r.m.s., i}$ Effektivwert der Spektralkomponente i

oder

$$F_i = \frac{I_{r.m.s., i}}{I_{r.m.s.}} \quad (13)$$

Dabei ist

$I_{r.m.s.}$ Gesamteffektivwert des Schweißstroms

$I_{r.m.s., i}$ Effektivwert der Spektralkomponente i

ANMERKUNG Weitere Hinweise sind in dem NRPB-Dokument W24 „Occupational Exposure to Electric and Magnetic Fields in the Context of the ICNIRP Guidelines“ [4] enthalten.

Ein Beispiel für die Anwendung dieses Verfahrens ist in B.10 gegeben.

5.4.3.3 Summation für Reizwirkungen mit Phasenberücksichtigung

Da die Spektralkomponenten eines gepulsten oder nicht-sinusförmigen Signals üblicherweise nicht phasengleich sind (d. h. sie erreichen im Zeitbereich ihren Höchstwert nicht gleichzeitig), enthält das Verfahren nach 5.4.3.1 einen konservativen Ansatz zur Expositionsbewertung. Daher kann, wenn die Phasenlage der Spektralkomponenten bekannt ist, Gleichung (14) für eine realistischere Summation verwendet werden. Gleichung (14) kann für die Bewertung von B - oder H -Werten verwendet werden.

Die Summe der gewichteten Spektralkomponenten darf den Wert 1 zu keiner Zeit t innerhalb des Bewertungsintervalls, das der Periodendauer eines gepulsten oder nicht-sinusförmigen Signals entsprechen muss, überschreiten. Die bei der Bewertung verwendeten Zeitschritte müssen kleiner oder gleich 1/10 der Periodendauer der höchsten relevanten Spektralkomponente sein.

$$\left| \sum_i \frac{A_i}{L_i} \cos(2\pi f_i t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (14)$$

Dabei ist

A_i Amplitude der Komponente bei der Frequenz i

L_i zugehöriger Grenzwert bei der Frequenz f_i oder, oberhalb f_{SCO} , der im Referenzdokument für Grenzwerte angegebene Wert b , siehe Anhang F

f_i Frequenz der Spektralkomponente i (Komponenten bis maximal 10 MHz)

θ_i Phasenwinkel der Spektralkomponente bei der Frequenz f_i

φ_i Phasenwinkel der Gewichtungsfunktion bei der Frequenz f_i , siehe Anhang F

Beispiele für Summation mit Berücksichtigung der Phasenlage sind in B.8 und B.9 gegeben.

5.4.3.4 Summation für thermische Wirkungen

Thermische Wirkungen durch EMF sind bei den meisten Lichtbogenschweißeinrichtungen vernachlässigbar. Wenn relevante Spektralkomponenten (siehe 5.4.1) im Frequenzbereich (siehe 5.6) oberhalb 100 kHz vorhanden sind, muss Gleichung (15) für die Summation von Spektralkomponenten der magnetischen Flussdichte verwendet werden.

$$B_t = \sum_{i=100 \text{ kHz}}^{f_{\text{sco}}} \left(\frac{B_i}{d} \right)^2 + \sum_{f_{\text{sco}}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{B_i}{B_{L,i}} \right)^2 \quad (15)$$

Dabei ist

B_t relative magnetische Gesamtfeldstärke, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Werts

f_{sco} Summations-Grenzfrequenz entsprechend dem Referenzdokument für Grenzwerte

B_i Komponente der magnetischen Flussdichte bei der Frequenz f_i

$B_{L,i}$ zugehöriger Referenzwert der magnetischen Flussdichte bei der Frequenz f_i

d Wert der zulässigen magnetischen Flussdichte entsprechend dem Referenzdokument für Grenzwerte

5.4.4 Ersatzfrequenz von Kurvenformen der induzierten Stromdichte

Wenn das Referenzdokument frequenzabhängige Grenzwerte definiert, kann der Spitzenwertwert der induzierten Stromdichte mit dem entsprechenden Grenzwert für eine Ersatzfrequenz f_e verglichen werden, die ist nach Gleichung (16) zu berechnen ist.

$$f_e = \frac{1}{2\tau_p} \quad (16)$$

Dabei ist

τ_p Pulsdauer der Kurvenform der induzierten Stromdichte

5.5 Leitfähigkeit von lebendem Gewebe

Der Wert der für die Nachbildung des menschlichen Körpers zu verwendenden elektrischen Parameter ist von wesentlicher Bedeutung für die Berechnungsergebnisse. Mittelwerte der elektrischen Leitfähigkeit σ für den menschlichen Körper sind in Bild 1 angegeben. Diese Mittelwerte dürfen nur bei Bewertungsverfahren eingesetzt werden, die vereinfachte Körpermodelle mit homogener elektrischer Leitfähigkeit verwenden. Anatomische Körpermodelle beinhalten per Definition präzisere Werte der elektrischen Leitfähigkeit, Angaben zu derartigen Modellen sind in 5.10.4 und Anhang C enthalten.

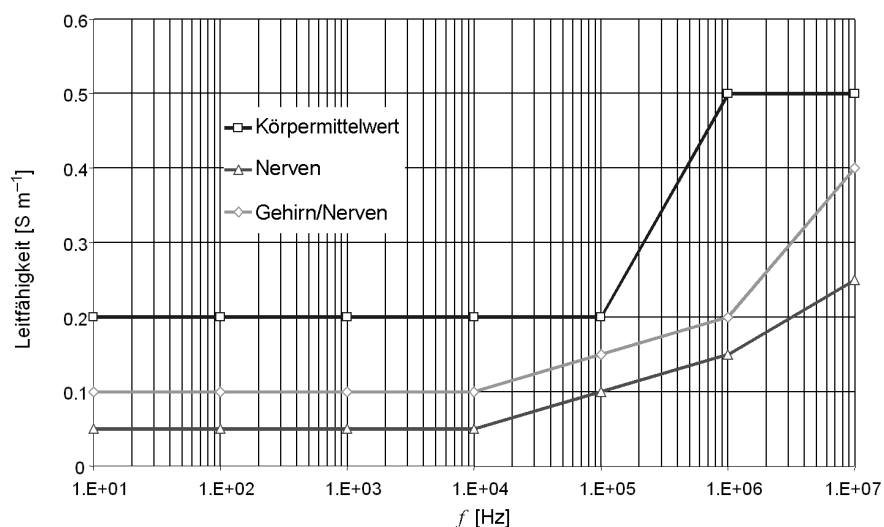


Bild 1 – Leitfähigkeits-Mittelwerte für homogene Körpermodelle von 10 kHz bis 10 MHz