

	DIN EN 50505 (VDE 0545-21)	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 für die Bewertung der menschlichen Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern von Einrichtungen zum Widerstandsschweißen und für verwandte Verfahren; Deutsche Fassung EN 50505:2008 Basic standard for the evaluation of human exposure to electromagnetic fields from equipment for resistance welding and allied processes; German version EN 50505:2008 Norme de base destinée à l'évaluation de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques émanant du matériel de soudage par résistance et des techniques connexes; Version allemande EN 50505:2008 Gesamtumfang 80 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 2008-03-01 angenommene EN 50505 gilt als DIN-Norm ab 2009-03-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 50505 (VDE 0545-21):2008-01.

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 50366 ersetzt durch: EN 62233	IEC 62233	–	–
EN 50392:2004 ersetzt durch: EN 50392:2008	IEC 62311:2007 mod.	DIN EN 62311 (VDE 0848-211):2008-09	VDE 0848-211
EN 50413	–	–	–
EN 50445:2008	–	DIN EN 50445 (VDE 0545-20):2009-02	VDE 0545-20
EN 61566:1997	IEC 61566:1997	DIN EN 61566:1999-01	–
–	IEC 61786:1998	–	–
EN 62226-1:2005	IEC 62226-1:2004	DIN EN 62226-1 (VDE 0848-226-1):2005-10	VDE 0848-226-1
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	–
–	ISO 669:2000	DIN ISO 669:2001-06	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 50445 (VDE 0545-20):2009-02, Produktfamilienorm 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); Deutsche Fassung EN 50445:2008

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 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 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

DIN ISO 669:2001-06, Widerstandsschweißen – Widerstandsschweißeinrichtungen – Mechanische und elektrische Anforderungen (ISO 669:2000)

– Leerseite –

**Grundnorm für die Bewertung der menschlichen Exposition
gegenüber elektromagnetischen Feldern von Einrichtungen zum
Widerstandsschweißen und für verwandte Verfahren**

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

Norme de base destinée à l'évaluation de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques émanant du matériel de soudage par résistance et des techniques connexes

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2008-03-01 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 50505:2008 D

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CENELEC TC 26B, Widerstands-Schweißeinrichtungen, ausgearbeitet.

Der Text des Entwurfs wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2008-03-01 als EN 50505 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): 2009-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-03-01

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

Diese Europäische Norm wurde unter den Mandaten M/305 und M/351, die CENELEC von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelsassoziation erhalten hat, erstellt.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
3.1 Allgemeine Begriffe	6
3.2 Spezifische Begriffe zu Lichtbogenschweißen und artverwandten Verfahren	9
4 Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten	10
4.1 Größen und Einheiten	10
4.2 Konstanten	10
5 Bewertungsverfahren	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Beschreibung der EMF-Emission von Widerstandsschweißeinrichtungen	11
5.3 Bewertungsbedingungen	11
5.4 Mittelung	11
5.5 Gepulster und nicht-sinusförmiger Schweißstrom	13
5.6 Leitfähigkeit von lebenden Geweben	18
5.7 Frequenzbereichseinschränkungen	19
5.8 Anwendung der Bewertungsverfahren	20
5.9 Messungen	22
5.10 Analytische Berechnungen	25
5.11 Numerische Berechnungen	29
6 Bewertungsunsicherheit	32
6.1 Einbeziehung der Unsicherheit	32
6.2 Bewertung der Unsicherheiten	33
6.3 Angemessene Gesamtunsicherheiten	33
6.4 Beispiele für typische Unsicherheiten	34
7 Bewertungsbericht	34
7.1 Allgemeine Prinzipien	34
7.2 Im Bewertungsbericht zu erfassende Punkte	35
Anhang A (normativ) Bewertungsparameter	36
Anhang B (informativ) Beispiele für die Expositionsbewertung	48
Anhang C (informativ) Numerische Simulation mit anatomischen Körpermodellen	62
Anhang D (normativ) Bestimmung des Koppelfaktors	66
Anhang E (informativ) Beispiele für Gewichtungsfunktionen für die Summation	68
Anhang F (informativ) Beispiel für ein Unsicherheitsbudget	73
Literaturhinweise	74
Bild 1 – Beispiel für Parameter eines Schweißstromverlaufs	12
Bild 2 – Leitfähigkeitsmittelwerte für homogene Körpermodelle von 10 kHz bis 10 MHz	19

	Seite
Bild 3 – Modell eines parallelen Doppelleiters.....	26
Bild 4 – Rechteckförmiges Leitermodell.....	28
Bild A.1 – Untersuchungspunkte für stationäre Schweißeinrichtungen.....	37
Bild A.2 – Untersuchungspunkte für tragbare, handgehaltene Schweißeinrichtungen.....	38
Bild A.3 – Untersuchungspunkte für Schweißeinrichtungen mit Aufhängung.....	39
Bild A.4 – Untersuchungspunkt für ein Schweißwerkzeug mit einseitigem Anschluss.....	40
Bild A.5 – Untersuchungspunkt für ein Schweißwerkzeug mit doppelseitigem Anschluss.....	40
Bild A.7 – Simulationsgeometrie A.....	43
Bild A.8 – Simulationsgeometrie B.....	44
Bild A.9 – Simulationsgeometrie C.....	45
Bild A.10 – Simulationsgeometrie für Schweißeinrichtungen mit einseitigem Anschluss.....	46
Bild A.11 – Abmessungen von 3D-Kugel- und Zylindermodellen.....	47
Bild B.1 – Flussdichtekurvenform und Effektivwerte der Spektralkomponenten für die Summation.....	50
Bild B.2 – Summation der Verhältnisse $B_i/B_{L,i}$ einschließlich der Phasen im Zeitbereich.....	51
Bild B.3 – Flussdichtekurvenform und Effektivwerte der Spektralkomponenten für die Summation.....	53
Bild B.4 – Stromdichteverteilung am Scheibendurchmesser für $f = 50$ Hz.....	53
Bild B.5 – Summation der Verhältnisse $J_i/J_{L,i}$ einschließlich der Phasen im Zeitbereich.....	54
Bild B.6 – Kurvenform des Schweißstroms und des gemessenen Feldes.....	56
Bild B.7 – Erhaltene Flussdichtekurvenform und Effektivwerte der Spektralkomponenten.....	57
Bild B.8 – Summation der Verhältnisse $J_i/J_{L,i}$ einschließlich der Phasen im Zeitbereich.....	59
Bild B.9 – Summation von J -Komponenten einschließlich der Phasen im Zeitbereich.....	59
Bild B.10 – Position der Messsonde.....	60
Bild E.1 – Spitzenwerte des Referenzwerts – Transferfunktion und Tabellenwerte.....	69
Bild E.2 – Gewichtungsfunktion für die Summation von B – Tabellenwerte der Phase.....	70
Bild E.3 – Spitzenwerte des Basisgrenzwerts – Transferfunktion und Tabellenwerte.....	71
Bild E.4 – Gewichtungsfunktion für die Summation von J – Tabellenwerte der Phase.....	72
Tabelle 1 – Zulässige Bewertungsverfahren für Widerstandsschweißeinrichtungen.....	20
Tabelle 2 – Angemessene erweiterte Bewertungsunsicherheiten.....	33
Tabelle B.1 – Spektrale Flussdichtekomponenten.....	49
Tabelle B.2 – Spektrale Flussdichtekomponenten.....	50
Tabelle B.3 – Spektrale Flussdichtekomponenten.....	51
Tabelle B.4 – Spektrale Flussdichtekomponenten.....	52
Tabelle B.5 – Ergebnis der Summation der spektralen Flussdichtekomponenten.....	52
Tabelle B.6 – Ergebnis der Summation der spektralen Stromdichtekomponenten.....	54
Tabelle B.7 – Ergebnis der Summation der Spektralkomponenten.....	57
Tabelle B.8 – Spektralkomponenten der Flussdichte und des induzierten Stroms.....	58
Tabelle C.1 – Elektrische Leitfähigkeit von Gewebearten.....	64
Tabelle F.1 – Beispiel eines Unsicherheitsbudgets für eine Breitband-Feldmessung.....	73

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Einrichtungen zum Widerstandsschweißen und für verwandte Verfahren für die Verwendung in gewerblichen oder privaten Bereichen.

ANMERKUNG 1 Typische verwandte Verfahren sind Widerstands-Hart- und Weichlöten oder Widerstandserwärmen mit Mitteln, die mit Einrichtungen zum Widerstandsschweißen vergleichbar sind.

Diese Norm legt geeignete Verfahren zur Bewertung elektromagnetischer Felder in den die Einrichtung umgebenden Bereichen fest und definiert genormte Betriebsbedingungen und Bewertungsabstände. Sie stellt Verfahren bereit, mit denen die Konformität mit Richtlinien oder Anforderungen in Bezug auf die Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern festgestellt werden kann.

Die Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates 2006/95/EG [1], Artikel 2, legt fest, dass die Mitgliedstaaten alle zweckdienlichen Maßnahmen treffen, damit die elektrischen Betriebsmittel nur dann in Verkehr gebracht werden können, wenn sie, entsprechend dem in der Gemeinschaft gegebenen Stand der Sicherheitstechnik, so hergestellt sind, dass sie bei einer ordnungsgemäßen Installation und Wartung sowie einer bestimmungsgemäßen Verwendung die Sicherheit von Menschen und Nutztieren sowie die Erhaltung von Sachwerten nicht gefährden. Die Hauptelemente dieser Sicherheitsziele sind in Anhang I, Abschnitt 2.b aufgeführt. Diese Norm kann in Zusammenhang mit **EN 50445** zum Nachweis der Übereinstimmung mit der Richtlinie des Rates in Bezug auf die Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern (EMF) verwendet werden. Artikel 2 und Anhang I Abschnitt 2.b enthalten weitere Anforderungen, die von diesem Dokument nicht abgedeckt sind.

Die Empfehlung des Rates 1999/519/EG [2] enthält Basisgrenzwerte und abgeleitete Referenzwerte für die Exposition der Allgemeinbevölkerung. Diese Norm kann zum Nachweis der Übereinstimmung der Einrichtungen mit der Empfehlung des Rates auf dieser Grundlage verwendet werden, es gibt jedoch möglicherweise zusätzliche spezielle nationale oder internationale Anforderungen, die nicht einbezogen wurden.

Die ICNIRP-Richtlinien [3] zu Expositionsgrenzen für statische Magnetfelder sowie für Expositionsbegrenzung in zeitabhängig veränderlichen elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern enthalten Basisgrenzwerte und abgeleitete Referenzwerte für berufsbedingte und allgemeine Exposition. Diese Norm kann dazu verwendet werden, die Übereinstimmung von Einrichtungen mit den ICNIRP-Richtlinien auf dieser Grundlage zu zeigen, es kann aber zusätzliche nationale oder internationale Anforderungen geben, die nicht einbezogen wurden.

Es ist auch möglich, dieses Dokument als Grundlage zum Nachweis der Übereinstimmung von Widerstandsschweißeinrichtungen mit anderen nationalen oder internationalen Richtlinien oder Anforderungen in Bezug auf Exposition von Menschen gegenüber EMF zu verwenden, z. B. die Richtlinie des Rates 2004/40/EG [4] über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) oder die Anforderungen der Richtlinie 98/37/EG [5]. In diesen Fällen können andere Beschränkungen und Grenzwerte verwendet werden als die oben angegebenen.

Für Einrichtungen, 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.

Der abgedeckte Frequenzbereich ist 0 Hz bis 300 GHz.

ANMERKUNG 2 Konformitätsnachweisverfahren sind nicht für den gesamten Frequenzbereich festgelegt.

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 50392:2004, *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 50445:2008, *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 61566:1997, *Messung der Belastung durch hochfrequente elektromagnetische Felder – Feldstärke im Frequenzbereich 100 kHz bis 1 GHz (IEC 61566:1997)*

EN 62226-1:2005, *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)*

EN 62226-2-1:2005, *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)*

EN ISO/IEC 17025:2005, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005)*

IEC 61786:1998, *Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instrumentation and guidance for measurements*

ISO 669:2000, *Resistance welding – Resistance welding equipment – Mechanical and electrical requirements*

3 Begriffe

3.1 Allgemeine Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Mittelungszeit

t_{avg}

geeignete Zeitspanne über die die Exposition zur Bestimmung der Konformität gemittelt wird

3.1.2

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

3.1.3

Konformitätsgrenze

räumliche Grenze, außerhalb der angenommen wird, dass jeder Untersuchungspunkt mit den Anforderungen übereinstimmt

3.1.4

Leitfähigkeit

σ

Verhältnis von Stromdichte und elektrischer Feldstärke in einem Medium

3.1.5

Berührungstrom

fließt in den Körper, wenn ein leitender Gegenstand in einem elektromagnetischen Feld berührt wird

3.1.6

Koppelfaktor

K

wird verwendet, um eine Expositionsbeurteilung in komplexen Expositionssituationen, wie z. B. im inhomogenen Magnetfeld oder im gestörten elektrischen Feld zu ermöglichen

ANMERKUNG Der Koppelfaktor K hat unterschiedliche physikalische Bedeutungen, je nachdem, ob er sich auf Exposition durch ein elektrisches oder durch ein magnetisches Feld bezieht. Der Wert des Kopplungsfaktors K ist von den für die Feldquelle und den menschlichen Körper verwendeten Modellen abhängig.

3.1.7

effektiver Referenzwert

$B_{L, \text{eff}}$

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

3.1.8

EMF

elektrisches, magnetisches oder elektromagnetisches Feld

3.1.9

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

3.1.10

Expositionspegel

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

3.1.11

Exposition, inhomogen

entsteht, wenn Felder über Volumen in der Größenordnung des ganzen menschlichen Körpers inhomogen sind

3.1.12

induzierte Stromdichte

J

durch das elektromagnetische Feld induzierter Strom je Flächeneinheit innerhalb des Körpers

3.1.13

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

$$\vec{F} = q (\vec{v} \times \mu \vec{H}) \quad (1)$$

oder magnetische Flussdichte, geteilt durch die Permeabilität des Mediums

3.1.14

magnetische Flussdichte

B

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

$$B = \mu H \quad (2)$$

3.1.15

Permeabilität

μ

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

ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen setzt diese sich aus der Permeabilität des freien Raums μ_0 und der relativen Permeabilität μ_R für spezifische dielektrische Materialien zusammen.

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

ANMERKUNG 2 Die Permeabilität wird in Henry je Meter (H m^{-1}) ausgedrückt.

3.1.16

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.

3.1.17

Effektivwert

r.m.s.

Effektivwert oder mit der Jouleschen Wärme verbundener Wert eines periodischen Signals

ANMERKUNG Der Effektivwert wird durch Berechnen der Quadratwurzel des Mittels der quadratischen Werte einer Funktion erhalten.

Ausdruck im Zeitbereich

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

Dabei ist

$X(t)$ Signal zur Zeit t ;

T Periodendauer des Signals oder das Vielfache davon.

Ausdruck im Frequenzbereich

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

Dabei ist

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

3.1.18

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.

3.1.19

Ansprechzeit

ist erforderlich, bis die von einem Messgerät angezeigte Feldstärke 90 % ihres Endwertes erreicht hat, wenn das Gerät einer definierten Sprungfunktion der Feldstärke ausgesetzt ist

ANMERKUNG Diese Sprungfunktion ist als Änderung der Feldstärke von weniger als 1 % des Vollausschlags des Messgerätes auf 100 % Vollausschlag in einer Zeit von 1/4 der Periodendauer der Kurvenform bei der betreffenden Frequenz definiert.

3.2 Spezifische Begriffe zu Lichtbogenschweißen und artverwandten Verfahren

3.2.1

konventionelle Last

in ISO 669:2000 definierte Lastbedingung mit kurzgeschlossenen Elektroden

3.2.2

Stromflussdauer

festgelegte Zeitdauer vom Beginn des Stromflusses bis zu der Zeit, wenn der Strom auf 10 % des gemessenen Schweißstromwertes zurückgegangen ist

3.2.3

Spieldauer

X

Verhältnis der Betriebsdauer unter Last zur Gesamtzeit für ein gegebenes Intervall

ANMERKUNG Dieses Verhältnis, das zwischen 0 und 1 liegt, kann als Prozentzahl ausgedrückt werden.

3.2.4

Einrichtungen zum Widerstandsschweißen und für verwandte Verfahren

Einrichtungen, die für die Prozesse des Widerstandsschweißens oder verwandte Verfahren erforderlich sind, z. B. Schweißstromquelle, Elektroden, Werkzeuge und entsprechende Steuereinrichtungen. Es kann sich um eine getrennte Einheit oder um den Teil einer komplexen Maschine handeln.

3.2.5

tragbare Widerstandsschweißeinrichtung mit integriertem Transformator

Einrichtung zum Widerstandsschweißen, bei der Transformator und alle schweißstromführenden Leiter eingebaut sind und die während des Betriebs in der Hand gehalten werden soll

3.2.6

tragbare Widerstandsschweißeinrichtung mit getrenntem Transformator

Einrichtung zum Widerstandsschweißen mit getrenntem Transformator, die während des Betriebs in der Hand gehalten werden soll

3.2.7

maximaler Kurzschlussstrom am Ausgang

I_{2cc}

Nennausgangsstrom der Einrichtung bei Nennlast wie in ISO 669:2000, Abschnitt 10, definiert

3.2.8

Phasenanschnittsteuerung

typisches Verfahren zur Steuerung des Stroms beim Widerstandsschweißen, z. B. durch Änderung des Zündwinkels bei jeder Halbwelle des Schweißwechselstroms

3.2.9

dem Widerstandsschweißen verwandte Prozesse

Prozesse, die auf Maschinen ausgeführt werden, die mit Einrichtungen zum Widerstandsschweißen vergleichbar sind

ANMERKUNG Typische verwandte Prozesse sind Widerstands-Hart- und -Weichlöten oder Widerstandserwärmen mit Einrichtungen, die mit Widerstandsschweißeinrichtungen vergleichbar sind.

3.2.10

ortsfeste Widerstandsschweißeinrichtung

Einrichtung zum Widerstandsschweißen, die ortsfest ist und bei der die Bedienperson das zu schweißende Werkstück führt

3.2.11

Widerstandsschweißeinrichtung mit Aufhängung und integriertem Transformator

Einrichtung zum Widerstandsschweißen, bei der der Transformator und alle schweißstromführenden Leiter eingebaut sind, die aufgehängt und von der Bedienperson handgeführt werden soll, um in die korrekte Schweißposition gebracht zu werden

3.2.12

Widerstandsschweißeinrichtung mit Aufhängung und separatem Transformator

Einrichtung zum Widerstandsschweißen mit separatem Transformator, die aufgehängt und von der Bedienperson handgeführt werden soll, um in die korrekte Schweißposition gebracht zu werden

3.2.13

Schweißdauer

Zeitdauer des Stromflusses, angegeben als Anzahl von Zyklen der Netzfrequenz oder als Zeitdauer

3.2.14

Schweißleitung(en)

flexible Leiter, der (die) bei einigen Arten von Widerstandsschweißeinrichtungen zur Verbindung von Schweißstromquelle und Schweißwerkzeug verwendet wird (werden)

ANMERKUNG Typische Anwendungsbeispiele für diese Einrichtungen sind die Autokarosserie-Herstellung und Reparatur-Schweißstationen.

3.2.15

Schweißstromkreis

Stromkreis, der alles leitfähige Material umfasst, durch das der Schweißstrom fließen soll

3.2.16

Schweißstrom

über die Schweißdauer kumulierter Stromwert, ausgedrückt durch den für Gleich- und Wechselstrom anwendbaren Effektivwert

ANMERKUNG Im Fall eines gepulsten Stroms, z. B. einem Kondensator-Entladestrom, wird der Schweißstrom durch den Spitzenwert dargestellt.

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 Allgemeines

Diese Europäische Norm definiert so weitgehend wie möglich geeignete Untersuchungspunkte für verschiedene Arten von Einrichtungen, die jene Positionen repräsentieren, an denen bei praktischer Anwendung die höchsten Expositionen auftreten. Diese Untersuchungspunkte beruhen auf früheren Erfahrungen und Messungen, berücksichtigen typische Schweißpositionen und wurden ausgewählt, um gegen Wirkungen auf Gewebe des zentralen Nervensystems in Kopf und Rumpf des Schweißers zu schützen.

ANMERKUNG 1 Bei Einrichtungen, die an den in dieser Norm festgelegten Untersuchungspunkten die Basisgrenzwerte oder die Referenzwerte einhalten, wird angenommen, dass sie die Anforderungen des die Grenzwerte enthaltenden Referenzdokuments erfüllen.

ANMERKUNG 2 Einrichtungen, die an den in dieser Norm festgelegten Untersuchungspunkten die Basisgrenzwerte oder die Referenzwerte nicht einhalten, müssen sorgfältig bewertet werden, um die Exposition in allen wesentlichen Bedienerpositionen zu quantifizieren. Diese Bewertung muss Konformitätsgrenzen definieren, die alle Bedienerpositionen beschreiben, die in Übereinstimmung mit den Anforderungen sind. Die Verwendung der Einrichtung muss entsprechend den festgestellten Konformitätsgrenzen beschränkt werden.

5.2 Beschreibung der EMF-Emission von Widerstandsschweißeinrichtungen

Die Hauptquelle von EMF in einer Widerstandsschweißeinrichtung ist der durch den Schweißstromkreis fließende Schweißstrom, der ein niederfrequentes Magnetfeld erzeugt. Dieser hat den größten Einfluss auf die Höhe des elektromagnetischen Feldes.

Im Nahbereich der Einrichtung wird ein inhomogenes Feld erzeugt.

Die Schweißstromparameter (z. B. Amplitude und Kurvenform) und die Eigenschaften des Schweißstromkreises (z. B. Abmessungen) werden durch die Einrichtung selbst bestimmt. Externe Faktoren, z. B. Eigenschaften des Werkstücks, haben einen Einfluss auf das magnetische Feld, werden in dieser Norm aber nicht berücksichtigt.

Die Emission tritt nur während des Schweißprozesses auf, daher ist eine Bewertung nur an der Position des Bedieners während des Schweißens erforderlich; an den Programmier- oder Einstellpositionen ist keine Bewertung nötig.

Daher muss eine Bewertung basierend auf diesen Parametern und der in dieser Norm festgelegten Konfiguration des Schweißstromkreises erfolgen.

ANMERKUNG Die Tatsache, dass magnetische Felder in der Umgebung einer Widerstandsschweißeinrichtung inhomogen sind, muss berücksichtigt werden.

5.3 Bewertungsbedingungen

Die Prüfkonfiguration, Untersuchungspunkte, Betriebsbedingungen und andere Parameter, die für alle Bewertungsverfahren gelten, sind in [Anhang A](#) festgelegt.

5.4 Mittelung

5.4.1 Allgemeines

Zeitliche und räumliche Mittelwertbildung muss in Übereinstimmung mit den entsprechenden Dokumenten erfolgen, die Grenzwerte enthalten.

Die in [5.4.2](#) und [5.4.3](#) enthaltenen speziellen Kriterien für Widerstandsschweißeinrichtungen müssen verwendet werden, wenn das Dokument, das die Grenzwerte enthält, keine oder weniger detaillierte Mittelungsverfahren angibt.

5.4.2 Zeitliche Mittelung

Bei berufsbedingter Exposition sollten die Gleichstrom-Komponenten der magnetischen Flussdichte oder Feldstärke über ein Zeitintervall von 8 Stunden gemittelt werden, wobei die Spieldauer der Einrichtung und der Verlauf des Schweißstroms, soweit zutreffend, zu berücksichtigen sind. Der Reduktionsfaktor muss wie folgt berechnet werden:

- für konstanten Gleichstrom als

$$V_{\text{rdc}} = \sqrt{\frac{X}{100}} \quad (6)$$

Dabei ist

X die Spieldauer der Widerstandsschweißeinrichtung, ausgedrückt in %, berechnet mit

$$X = \frac{I_{2p}^2}{I_{2cc}^2} \cdot 100 \quad (7)$$

- für Schweißstromverläufe als

$$V_{\text{rdcs}} = \sqrt{\frac{X}{100}} \frac{1}{t_{\text{cs}}} \sum_{i=1}^n I_n \cdot t_n \quad (8)$$

Dabei ist

X die Spieldauer der Widerstandsschweißeinrichtung, ausgedrückt in %;

t_{cs} die Zyklusdauer des Verlaufs;

I_n der Gleichstrompegel im Zeitintervall n ;

t_n die Dauer des Intervalls n .

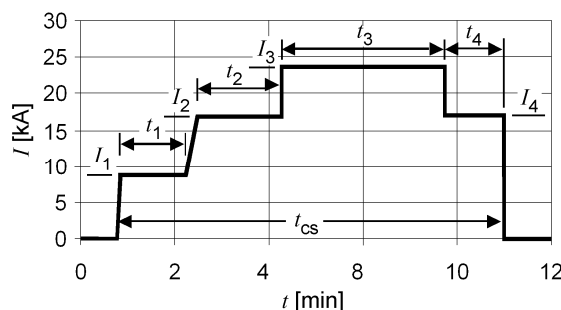


Bild 1 – Beispiel für Parameter eines Schweißstromverlaufs

Bei Exposition der Allgemeinbevölkerung durch Gleichstromanteile oder zeitveränderliche Magnetfelder muss die zeitliche Mittelung in Übereinstimmung mit dem entsprechenden Dokument erfolgen, das die Grenzwerte angibt.

5.4.3 Räumliche Mittelung für das magnetische Feld

In Allgemeinen sind die Referenzwerte als räumlich über den gesamten Körper der exponierten Person gemittelte Werte vorgesehen, allerdings unter der wichtigen Voraussetzung, dass die Basisgrenzwerte für lokale Exposition nicht überschritten werden.

Diese Europäische Norm wird vorwiegend zur Bewertung der durch den Schweißstromkreis verursachten Exposition und daraus entstehender Reizwirkungen verwendet. Die maximale Exposition ist räumlich auf der Feldquelle naheliegende Körperteile beschränkt. Unter diesen Voraussetzungen wird die Exposition durch auf Mittelung von inhomogenen Feldern beruhenden Verfahren unterbewertet; diese sind nicht geeignet

sicherzustellen, dass die durch lokale Exposition induzierten Stromdichten die Basisgrenzwerte nicht überschreiten. Daher darf räumliche Mittelung für Verfahren zum Vergleich mit Referenzwerten in Bezug auf Reizwirkungen nicht angewendet werden.

Für die Bewertung von Exposition durch andere Feldquellen als den Schweißstromkreis (z. B. durch Mikroprozessoren, Funkübertragungssysteme, Zusatzeinrichtungen) und zur Bewertung von thermischen Effekten kann räumliche Mittelung anwendbar sein.

5.5 Gepulster und nicht-sinusförmiger Schweißstrom

5.5.1 Allgemeines

Der Schweißstrom von Widerstandsschweißeinrichtungen ist gewöhnlich gepulster Strom, daher ist auch das erzeugte magnetische Feld gepulst. Einige Arten von Widerstandsschweißeinrichtungen (z. B. Nahtschweißmaschinen) erzeugen ein Dauerfeld. Die Wellenform des Schweißstroms ist abhängig von der Schweißtechnologie, die die Einrichtung verwendet.

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.

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 ist dafür Sorge zu tragen, dass kein anwendbares Frequenzband übersehen wird und dass einander überlappende Frequenzbereiche nicht zu einer Überbewertung der Exposition führen.

Der Wechselstromanteil kann aus einer Reihe von Spektralkomponenten bestehen, gewöhnlich einer Grundschwingung (z. B. der Netzfrequenz oder, bei Gleichrichtern, der Frequenz der Welligkeit) und ihren Oberwellen.

Es ist wichtig zu bestimmen, ob bei gleichzeitiger Exposition durch Felder mit unterschiedlichen Frequenzen sich diese Expositionen in ihren Wirkungen aufsummieren. Die Additivität ist im Allgemeinen für thermische Effekte gegeben und sollte für elektrische Stimulation getrennt untersucht werden.

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 thermischer 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 5.5.2 und 5.5.3 angegeben.

Es sind nur Spektralkomponenten bis zu der in 5.7 definierten obersten Frequenz zu berücksichtigen. Oberschwingungsanteile mit einer Amplitude von weniger als 3 % der Amplitude der entsprechenden Grundschwingung sind unbedeutend und werden außer Acht gelassen.

ANMERKUNG 1 Ein komplexes Signal kann aus mehreren Grundschwingungen (z. B. der 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 5.5.4 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“ [6] zu finden.

5.5.2 Summation zur Bewertung nach Basisgrenzwerten

5.5.2.1 Summation von Stromdichtekomponenten ohne Einbeziehung der Phaseninformation

Zur Summation von induzierten Stromdichten kann Gleichung (9) verwendet werden.

$$J_t = \sum_{i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \quad (9)$$

Dabei ist

J_t die induzierte relative Gesamtstromdichte, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Werts;

J_i die induzierte Stromdichtekomponente bei der Frequenz f_i ;

$J_{L,i}$ die 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 5.5.2.2 angegebene Verfahren verwendet werden.

5.5.2.2 Summation von Stromdichtekomponenten mit Einbeziehung der Phaseninformation

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 (9) einen konservativen Ansatz zur Expositionsbeurteilung. Daher kann, wenn die Phasenlage der Spektralkomponenten bekannt ist, Gleichung (10) 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.

$$\left| \sum_i \frac{J_i}{J_{L,i}} \cos(2\pi f_i t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (10)$$

Dabei ist

J_i die Spektralkomponente der induzierten Stromdichte bei der Frequenz f_i ;

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

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

θ_i der Phasenwinkel der Spektralkomponente bei der Frequenz f_i ;

φ_i der Phasenwinkel der Gewichtungsfunktion bei der Frequenz f_i .

Alternativ kann die Summation mit einer Gewichtungsfunktion erfolgen, deren Amplituden gleich den Kehrwerten des Spitzen-Basisgrenzwertverlaufes sind. Die Phase der Gewichtungsfunktion beruht auf der im Bezugsdokument festgelegten Grenzfrequenz. Die Gewichtungsfunktion muss mit Filtern erster Ordnung erstellt werden.

$$\left| \sum_i (WF)_i A_i \cos(2\pi f_i t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (11)$$

Dabei ist

- A_i die Amplitude der Spektralkomponente bei der Frequenz f_i (Spitzenwert);
- $(WF)_i$ die Amplitude der Gewichtungsfunktion bei der Frequenz f_i ;
- f_i die Frequenz der Spektralkomponente i (Komponenten bis maximal 10 MHz);
- θ_i der Phasenwinkel der Spektralkomponente bei der Frequenz f_i ;
- φ_i der Phasenwinkel der Gewichtungsfunktion bei der Frequenz f_i .

ANMERKUNG Ein Beispiel für eine derartige Gewichtungsfunktion ist in [Anhang E](#) angegeben. Weitere Hinweise sind im ICNIRP-Dokument „Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines“ [6], [EN 50392](#) und [EN 50366](#) [7] enthalten.

Beispiele für die Summation unter Einbeziehung der Phaseninformation sind in [B.2.7](#) und [B.3.4](#) angegeben.

5.5.2.3 Summation von Komponenten der spezifischen Absorptionsrate (SAR)

Thermische Effekte durch EMF sind für die meisten Arten von Widerstandsschweißeinrichtungen vernachlässigbar. Wenn relevante Spektralkomponenten (siehe [5.5.1](#)) im Frequenzbereich (siehe [5.7](#)) oberhalb von 100 kHz vorliegen, muss Gleichung (12) zur Summierung der Werte der SAR verwendet werden.

$$SAR_t = \sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_{L,i}} \quad (12)$$

Dabei ist

- SAR_t der gesamte SAR, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Werts;
- SAR_i der SAR-Spektralkomponente bei der Frequenz f_i ;
- $SAR_{L,i}$ die zugehöriger SAR-Grenzwert bei der Frequenz f_i .

5.5.2.4 Summation für die Bewertung nach Referenzwerten

5.5.2.5 Summation für Stimulationswirkungen ohne Einbeziehung der Phaseninformation

Zur Summation von Spektralkomponenten der magnetischen Feldstärke in Bezug auf Reizwirkungen kann Gleichung (13) verwendet werden.

$$H_t = \sum_{i=1 \text{ Hz}}^{f_{\text{sco}}} \frac{H_i}{H_{L,i}} + \sum_{f_{\text{sco}}}^{10 \text{ MHz}} \frac{H_i}{b} \quad (13)$$

Dabei ist

- H_t die gesamte relative magnetische Feldstärke, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Wertes;
- f_{sco} die Grenzfrequenz für die Summierung entsprechend dem Referenzdokument für die Grenzwerte;
- H_i die magnetische Feldstärkekomponente bei der Frequenz f_i ;
- $H_{L,i}$ der entsprechende Referenzwert der magnetischen Feldstärke bei der Frequenz f_i ;
- b der im Referenzdokument für die Grenzwerte definierte zulässige Wert der magnetischen Feldstärke.

Zur Summation von Spektralkomponenten der magnetischen Flussdichte in Bezug auf Reizwirkungen kann Gleichung (14) verwendet werden.

$$B_t = \sum_{i=1 \text{ Hz}}^{f_{\text{sco}}} \frac{B_i}{B_{L,i}} + \sum_{f_{\text{sco}}}^{10 \text{ MHz}} \frac{B_i}{b} \quad (14)$$

Dabei ist

- B_t die gesamte relative magnetische Flussdichte, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Wertes;
- f_{sco} die Grenzfrequenz für die Summierung entsprechend dem Referenzdokument für die Grenzwerte;
- B_i die magnetische Flussdichtekomponente bei der Frequenz f_i ;
- $B_{L,i}$ der entsprechende Referenzwert der magnetischen Flussdichte bei der Frequenz f_i ;
- b der im Referenzdokument für die Grenzwerte definierte zulässige Wert der magnetischen Flussdichte.

Ein Beispiel für eine Summation ohne Phasen ist in [B.2.3](#) angegeben.

5.5.2.6 Verfahren des effektiven Referenzwerts

Die Bewertung erfolgt durch Messung des Gesamteffektivwertes der magnetischen Flussdichte mit einer Breitbandsonde. 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.

Der effektive Referenzwert ergibt sich aus Gleichung (15).

$$B_{L, \text{eff}} = \frac{1}{\sum_i \frac{F_i}{B_{L,i}}} \quad (15)$$

Dabei ist

- $B_{L,i}$ der entsprechende Effektivreferenzwert der magnetischen Flussdichte bei der Frequenz f_i ;
- F_i der anteilige Beitrag der Spektralkomponente i , definiert als

$$F_i = \frac{B_{r.m.s.,i}}{B_{r.m.s.}} \quad (16)$$

Dabei ist

- $B_{r.m.s.}$ der gesamte Effektivwert der magnetischen Flussdichte;
- $B_{r.m.s.,i}$ der Effektivwert der Spektralkomponente i ;

oder

$$F_i = \frac{I_{r.m.s.,i}}{I_{r.m.s.}} \quad (17)$$

Dabei ist

- $I_{r.m.s.}$ der gesamte Effektivwert des Schweißstroms;
- $I_{r.m.s.,i}$ der Effektivwert der Spektralkomponente i .

ANMERKUNG 1 Weitere Hinweise sind in dem NRPB-Dokument W24 „Occupational Exposure to Electric and Magnetic Fields in the Context of the ICNIRP Guidelines“ [8] enthalten.

ANMERKUNG 2 Dieses Verfahren ist hilfreich, wenn zahlreiche Messungen eines Feldes, das von der gleichen Quelle stammt und damit die gleiche Wellenform hat, mit einer Breitbandsonde durchgeführt werden müssen. Die Spektralbestandteile müssen nur einmal bewertet werden, der abgeleitete effektive Referenzwert kann für alle Messungen verwendet werden.

Ein Beispiel, in dem dieses Verfahren verwendet wird, ist in B.2.2 angegeben.

5.5.2.7 Summation von Stimulationswirkungen mit Einbeziehung der Phaseninformation

Da die Spektralkomponenten von gepulsten oder nicht-sinusförmigen Signalen gewöhnlich nicht in Phase sind (d. h. sie erreichen im Zeitbereich ihren Höchstwert nicht gleichzeitig), führt das Verfahren nach 5.5.3.1 zu einer konservativen Bewertung der Exposition. Daher kann Gleichung (18) für eine realistischere Summation verwendet werden, wenn die Phasen der Spektralkomponenten bekannt sind. Gleichung (18) kann für die Bewertung von B - oder H -Werten verwendet werden.

Die Summe der gewichteten Spektralkomponenten darf zu keiner Zeit t innerhalb des Bewertungsintervalls, das eine Periode des gepulsten oder nicht-sinusförmigen Signals umfassen soll, den Wert 1 überschreiten. Die für die Bewertung verwendeten Zeitschritte müssen kleiner als die oder gleich $1/10$ der Periodendauer der größten relevanten Spektralkomponente sein.

$$\left| \sum_i \frac{A_i}{L_i} \cos(2\pi f_i t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (18)$$

Dabei ist

- A_i die Amplitude der Spektralkomponente bei der Frequenz f_i ;
- L_i der anwendbare Grenzwert bei der Frequenz f_i , oberhalb von f_{SCO} muss der Wert b wie im Referenzdokument für die Grenzwerte angegeben verwendet werden;
- f_i die Frequenz der Spektralkomponente i (Komponenten bis maximal 10 MHz);
- θ_i der Phasenwinkel der Spektralkomponente bei der Frequenz f_i ;
- φ_i der Phasenwinkel der Gewichtungsfunktion bei der Frequenz f_i wie im Referenzdokument für die Grenzwerte definiert.

Alternativ kann die Summation mit einer Gewichtungsfunktion erfolgen, deren Amplituden gleich den Kehrwerten des Spitzen-Referenzwertverlaufes sind. Die Phase der Gewichtungsfunktion beruht auf der im Bezugsdokument festgelegten Grenzfrequenz. Die Gewichtungsfunktion muss mit Filtern erster Ordnung erstellt werden.

$$\left| \sum_i (WF)_i A_i \cos(2\pi f_i t + \theta_i + \varphi_i) \right| \leq 1 \quad (19)$$

Dabei ist

- A_i die Amplitude der Spektralkomponente bei der Frequenz f_i (Spitzenwert);
- $(WF)_i$ die Amplitude der Gewichtungsfunktion bei der Frequenz f_i ;
- f_i die Frequenz der Spektralkomponente i (Komponenten bis maximal 10 MHz);
- θ_i der Phasenwinkel der Spektralkomponente bei der Frequenz f_i ;
- φ_i der Phasenwinkel der Gewichtungsfunktion bei der Frequenz f_i .

Ein Beispiel für eine derartige Gewichtungsfunktion ist in Anhang E angegeben.

ANMERKUNG Weitere Hinweise sind im ICNIRP-Dokument „Guidance on determining compliance of exposure to pulsed and complex non-sinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines“ [6], EN 50392 und EN 50366 [7] angegeben.

Ein Beispiel für eine Summation unter Einbeziehung der Phaseninformation ist in B.2.4 angegeben.

5.5.2.8 Summation für thermische Effekte

Thermische Effekte durch EMF sind für die meisten Arten von Widerstandsschweißeinrichtungen vernachlässigbar. Wenn relevante Spektralkomponenten (siehe 5.5.1) im Frequenzbereich (siehe 5.7) oberhalb von 100 kHz vorliegen, muss Gleichung (20) zur Summation der Spektralkomponenten der magnetischen Flussdichte verwendet werden.

$$B_t = \sum_{i=100 \text{ kHz}}^{f_{\text{sco}}} \left(\frac{B_i}{d} \right)^2 + \sum_{f_{\text{sco}}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{B_i}{B_{L,i}} \right)^2 \quad (20)$$

Dabei ist

- B_t die gesamte relative magnetische Flussdichte, ausgedrückt als Bruchteil des zulässigen Wertes;
- f_{sco} die Grenzfrequenz für die Summierung entsprechend dem Referenzdokument für die Grenzwerte;
- B_i die magnetische Flussdichtekomponente bei der Frequenz f_i ;
- $B_{L,i}$ der entsprechende Referenzwert der magnetischen Flussdichte bei der Frequenz f_i ;
- d der im Referenzdokument für die Grenzwerte definierte Wert der magnetischen Flussdichte.

5.5.3 Ersatzfrequenz von Wellenformen der induzierten Stromdichte

Wenn das Referenzdokument frequenzabhängige Grenzwerte definiert, kann der Spitzenwert der induzierten Stromdichte mit dem entsprechenden Grenzwert für eine Ersatzfrequenz f_e verglichen werden, die nach Gleichung (21) zu berechnen ist.

$$f_e = \frac{1}{2\tau_p} \quad (21)$$

Dabei ist

- τ_p die Pulsdauer der Kurvenform der induzierten Stromdichte.

5.6 Leitfähigkeit von lebenden Geweben

Der Wert der elektrischen Parameter, die für die Nachbildung des menschlichen Körpers verwendet werden müssen, ist von entscheidender Bedeutung für die Berechnungsergebnisse. Angenäherte Mittelwerte der elektrischen Leitfähigkeit σ für den menschlichen Körper sind in Bild 2 angegeben. Diese angenäherten Mittelwerte dürfen nur bei Bewertungsverfahren eingesetzt werden, die vereinfachte Körpermodelle mit homogener elektrischer Leitfähigkeit verwenden. Für anatomische Körpermodelle sind präzisere Werte der elektrischen Leitfähigkeit definiert. Angaben zu derartigen Modellen sind in 5.11.4 und Anhang C enthalten.

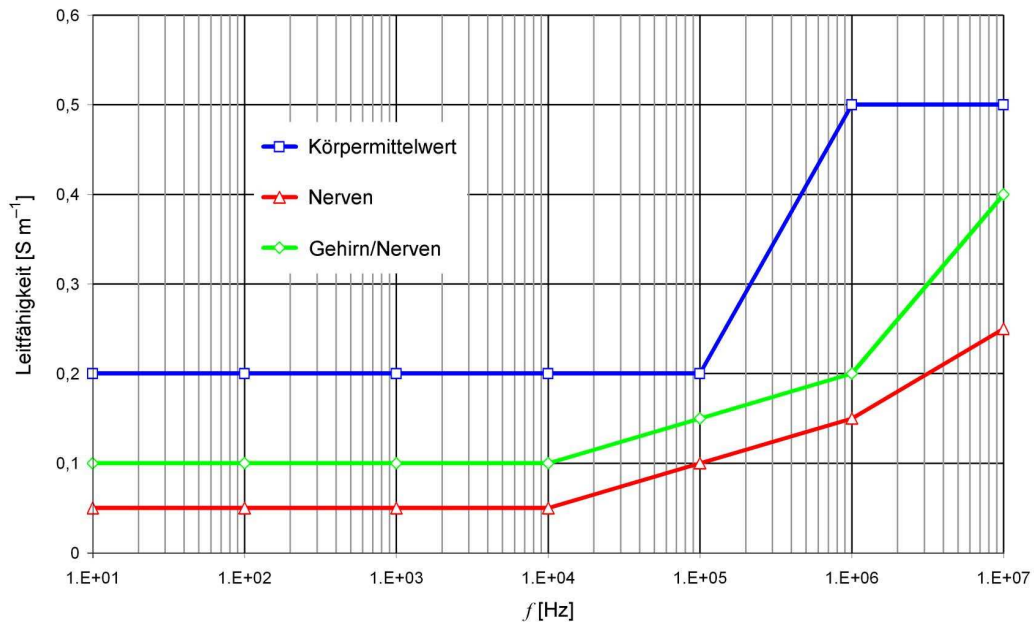


Bild 2 – Leitfähigkeitsmittelwerte für homogene Körpermodelle von 10 kHz bis 10 MHz

Die Mittelwerte in Bild 2 stellen in Verbindung mit der Verwendung von homogenen Körpermodellen einen konservativen Ansatz zur Expositionsbewertung dar. Daher kann die Unsicherheit dieser Werte mit 1 % angesetzt werden, wenn Zahlen mit zwei Nachkommastellen bei der Berechnung verwendet werden.

5.7 Frequenzbereichseinschränkungen

Bewertungen müssen in Abhängigkeit von der Art der Wellenform des Ausgangsstroms im relevanten Frequenzbereich durchgeführt werden, der von 0 Hz (Gleichstrom, soweit anwendbar) bis zu einer oberen Frequenz reicht, die dem Maximalwert der folgenden Werte entspricht:

- der zehnfachen Wechselstromausgangsfrequenz für Einrichtungen mit sinusförmigem Wechselstromausgang;
- der vierzigfachen Wechselstromausgangsfrequenz für Einrichtungen mit nicht-sinusförmigem Wechselstromausgang;
- 1 kHz für einphasige Transformatoren-Gleichrichter-Typen bei Netzfrequenz;
- 3 kHz für dreiphasige Transformatoren-Gleichrichter-Typen bei Netzfrequenz;
- die zehnfache Schaltfrequenz für Inverter Typen;
- der von der Mindestanstiegs- oder Abfallzeit $\tau_{p \min}$ für nicht-sinusförmige Wechselstrom- oder gepulste Typen definierte Frequenz $f_{\max}$

$$f_{\max} = 10 \frac{1}{4\tau_{p \min}} \quad (22)$$

- der vom Hersteller auf der Grundlage seiner Kenntnisse der speziell im Gerät genutzten Technik definierten Frequenz.

Auf der Grundlage seiner Kenntnisse des Prozesses oder spezieller im Gerät genutzten Technologien muss der Hersteller gegebenenfalls eine höhere obere Frequenz auswählen.

ANMERKUNG Diese Frequenzbereichseinschränkungen basieren auf bereits gewonnenen Erfahrungen bei Messungen an Widerstandsschweißeinrichtungen.

5.8 Anwendung der Bewertungsverfahren

Da einige Verfahren nicht für die Bewertung von speziellen Emissionsarten geeignet sind, gibt Tabelle 1 Hinweise zur Auswahl von Bewertungsverfahren. Nur eines der in Tabelle 1 für Wechselstrom- und Gleichstromkomponenten (falls zutreffend) angegebenen Verfahren soll, nach Auswahl des Herstellers, für jede Expositionsart und jede Komponente verwendet werden.

Einige Verfahren stellen einen konservativen Ansatz zur Expositionsbewertung dar und daher kann eine Überbewertung auftreten. Weitere Informationen können den Abschnitten zu den verschiedenen Verfahren entnommen werden.

Tabelle 1 – Zulässige Bewertungsverfahren für Widerstandsschweißeinrichtungen

Expositionsart	Bewertungsverfahren d.c.-Komponente	Bewertungsverfahren a.c.-Komponente
Einrichtung mit Schweiß-Wechselstrom mit sinusförmiger Kurvenform (ohne Phasenanschnittsteuerung)	Nicht anwendbar	Feldmessungen im Zeitbereich zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.9.4)
		Breitband-Feldmessungen zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.9.5)
		Frequenzselektive Feldmessungen zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.9.6)
		Gewichtete Feldmessungen im Zeitbereich zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.9.7)
		Analytische oder numerische Berechnungen zur Ableitung des magnetischen Feldes zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.10.2 oder 5.11.2)
		Analytische oder numerische Berechnungen zum Nachweis der Einhaltung von Basisgrenzwerten (5.10.3, 5.11.3 oder 5.11.4)
Einrichtung mit Schweiß-Wechselstrom mit nicht-sinusförmiger Kurvenform (d. h. mit Phasenanschnittsteuerung)	Nicht anwendbar	Breitband-Feldmessungen zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.9.5) (die Messung muss sich auf den niedrigsten Wert der Referenzwerte innerhalb des Frequenzbereichs beziehen)
		Breitband Feldmessungen und Frequenzgehaltanalyse zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.9.5)
		Frequenzselektive Feldmessungen zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.9.6)
		Gewichtete Feldmessungen im Zeitbereich zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.9.7)
		Analytische oder numerische Berechnungen zur Ableitung des magnetischen Feldes zum Nachweis der Einhaltung von Referenzwerten (5.10.2 oder 5.11.2)
		Analytische oder numerische Berechnungen zum Nachweis der Einhaltung von Basisgrenzwerten (5.10.3, 5.11.3 oder 5.11.4)