

	DIN EN 50647 (VDE 0848-647)	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 17.220.20; 17.240 Basisnorm für die Evaluierung der beruflichen Exposition gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern ausgehend von Komponenten und Anlagen zur Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie; Deutsche Fassung EN 50647:2017 Basic standard for the evaluation of workers' exposure to electric and magnetic fields from equipment and installations for the production, transmission and distribution of electricity; German version EN 50647:2017 Norme fondamentale pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux champs électriques et magnétiques produits par les équipements et installations de production, transport et distribution d'électricité; Version allemande EN 50647:2017 Gesamtumfang 69 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2017-04-10 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2018-07-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 50647 (VDE 0848-647):2017-10.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 764 „Sicherheit in elektromagnetischen Feldern“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 50160	–	DIN EN 50160	–
EN 50341-1	–	DIN EN 50341-1 (VDE 0210-1)	VDE 0210-1
EN 50527-1	–	DIN EN 50527-1 (VDE 0848-527-1)	VDE 0848-527-1
EN 50527-2-1		DIN EN 50527-2-1 (VDE 0848-527-2-1)	VDE 0848-527-2-1
EN 61786-1	IEC 61786-1	DIN EN 61786-1 (VDE 0848-786-1)	VDE 0848-786-1
–	IEC 61786-2	–	–
EN 62226-2-1	IEC 62226-2-1	DIN EN 62226-2-1 (VDE 0848-226-2-1)	VDE 0848-226-2-1
EN 62311	IEC 62311	DIN EN 62311 (VDE 0848-211)	VDE 0848-211

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 50160, *Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen*

DIN EN 50341-1 (VDE 0210-1), *Freileitungen über AC 1 kV – Teil 1: Allgemeine Anforderungen – Gemeinsame Festlegungen*

DIN EN 50527-1 (VDE 0848-527-1), *Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern – Teil 1: Allgemeine Festlegungen*

DIN EN 50527-2-1 (VDE 0848-527-2-1), *Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern – Teil 2-1: Besondere Beurteilung für Arbeitnehmer mit Herzschrittmachern*

DIN EN 61786-1 (VDE 0848-786-1), *Messung von magnetischen Gleichfeldern und von elektrischen und magnetischen Wechselfeldern von 1 Hz bis 100 kHz im Hinblick auf die Exposition von Personen – Teil 1: Anforderungen an Messgeräte*

DIN EN 62226-2-1 (VDE 0848-226-2-1), *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*

DIN EN 62311 (VDE 0848-211), *Bewertung von elektrischen und elektronischen Einrichtungen in Bezug auf Begrenzungen der Exposition von Personen in elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz)*

Basisnorm für die Evaluierung der beruflichen Exposition gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern ausgehend von Komponenten und Anlagen zur Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie

Basic standard for the evaluation of workers' exposure to electric and magnetic fields from equipment and installations for the production, transmission and distribution of electricity

Norme fondamentale pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux champs électriques et magnétiques produits par les équipements et installations de production, transport et distribution d'électricité

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2017-04-10 angenommen. 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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



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

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 50647:2017 D

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, physikalische Größen, Einheiten und Abkürzungen	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Physikalische Größen und Einheiten	10
3.3 Abkürzungen	11
4 Bewertungsverfahren	11
5 Sammlung von technischen Daten.....	13
6 Verfahren zur Bewertung der Exposition von Arbeitnehmern	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Bewertung der Exposition im Hinblick auf äußere Felder	14
6.2.1 Allgemeines	14
6.2.2 Oberschwingungen des Magnetfelds	15
6.2.3 Oberschwingungen des elektrischen Felds	16
6.3 Numerische Berechnung von im menschlichen Körper induzierten elektrischen Feldern	16
7 Bewertung auf Einhaltung der Expositionsgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung	16
8 Bewertung auf Einhaltung der Auslöseschwellen	17
8.1 Allgemeines	17
8.2 Vereinfachte Kriterien für die Übereinstimmung mit Auslöseschwellen	19
8.2.1 Allgemeines	19
8.2.2 Magnetfelder.....	19
8.2.3 Elektrische Felder	21
8.3 Bewertung mit Hilfe von Messungen oder Berechnungen	22
8.3.1 Allgemeines	22
8.3.2 Magnetfelder.....	22
8.3.3 Elektrische Felder	23
9 Bewertung auf Einhaltung von Expositionsgrenzwerten	24
9.1 Allgemeines	24
9.2 Vereinfachte Kriterien für die Übereinstimmung mit Expositionsgrenzwerten	25
9.2.1 Allgemeines	25
9.2.2 Magnetfelder.....	26
9.2.3 Elektrische Felder	27
9.3 Bewertung unter Verwendung von Dosimetrie und Betrachtungen für inhomogene Felder	28
10 Exposition gegenüber Gleichfeldern	29
11 Exposition gegenüber Kontaktströme	29
12 Exposition während kurzzeitiger Transienten und Fehlerbedingungen	30
13 Zusätzliche Anforderungen an den Arbeitgeber	30

13.1	Besonders gefährdete Arbeitnehmer	30
13.2	Andere Anforderungen	31
Anhang A (informativ) Bewertung von Oberschwingungen in Magnetfeldern		32
A.1	Einleitung.....	32
A.2	Bewertungsverfahren unter Nutzung des Gesamtexpositionsindex (<i>TEI</i>)	32
A.3	Bewertungsverfahren unter Nutzung der gewichteten Spitzenwertfunktion	34
A.4	Vereinfachtes Bewertungsverfahren für öffentliche Netze.....	36
Anhang B (normativ) 50-Hz-Magnetfeldquellen in der Umgebung von Betriebsmitteln (Geräten, Einrichtungen) und Anlagen für die Erzeugung, Übertragung und Verteilung von elektrischer Energie		38
B.1	Allgemeines.....	38
B.2	Ströme in einzelnen Leitern	38
B.3	Ströme in Stromkreisen.....	40
B.4	Bewertung der Exposition gegenüber Magnetfeldern.....	41
B.5	Checkliste für die Bewertung der Übereinstimmung von Magnetfeldern mit den Anforderungen.....	43
Anhang C (informativ) Beispiele für die Anwendung der verschiedenen Bewertungskriterien.....		45
C.1	Bewertungskriterien für Induktoren mit Luftspalt: vereinfachte Berechnung des Magnetfelds unter einer vertikalen Selbstinduktivität mit Luftspalt.....	45
C.2	Bewertung von isolierten Kabeln: Berechnung der Konformitätsabstände für typische XLPE-Kabel	47
C.3	Bewertung der Exposition gegenüber elektrischen Feldern für verschiedene Koppelbedingungen	49
Anhang D (informativ) Verfahren für die Ableitung der dem Expositionsgrenzwert äquivalenten Felder (<i>LEFs</i>)		52
D.1	Einleitung.....	52
D.2	Verfahren.....	52
D.3	Auswahl des Referenzmodells.....	53
D.4	Referenzorgane und -daten	53
D.5	Bewertung der Unsicherheit.....	54
D.6	Ableitung des dem Expositionsgrenzwert äquivalenten Felds (<i>LEF</i>).....	55
Anhang E (informativ) Betrachtungen zu magnetischen Gleichfeldern in Elektrizitätsversorgungsunternehmen.....		56
E.1	Einleitung.....	56
E.2	Exposition von Arbeitnehmern gegenüber magnetischen Gleichfeldern in Elektrizitätsversorgungsunternehmen.....	56
E.3	Punkte für die Aufmerksamkeit	56
Anhang F (informativ) Kontaktströme.....		57
F.1	Einleitung.....	57
F.2	Einfluss von elektrischen Feldern	57
F.2.1	Allgemeines.....	57
F.2.2	Isolierte Person (auf erdfreiem Potential), kapazitive Kopplung zur Erde bzw. Masse	57

F.2.3	Person auf Erdpotential, isoliertes Objekt	58
F.2.4	Funkenentladungen	59
F.3	Einfluss von Magnetfeldern	60
F.3.1	Allgemeines	60
F.3.2	Arbeiten in der Nachbarschaft von unter Spannung stehenden Stromkreisen	60
F.4	Zusammenfassung	60
Anhang G (informativ) Exposition während Transienten und Fehlerbedingungen		61
G.1	Einleitung	61
G.2	Fehler	61
G.2.1	Übersicht	61
G.2.2	Kurzschlussströme während Fehlerzuständen	61
G.2.3	Vorbeugung von und Schutz gegen Fehler	61
G.2.4	Exposition gegenüber Magnetfeldern während Fehlerzuständen	62
G.3	Schalttransiente	62
G.4	Blitzeinschläge	62
G.5	Einschaltströme	63
G.6	Übereinstimmung von kurzzeitigen Ereignissen mit der (EMF-)Richtlinie	63
Literaturhinweise		64

Bilder

Bild 1	– Allgemeines Flussdiagramm des Verfahrens zur Bewertung der Übereinstimmung mit den Anforderungen	13
Bild 2	– Niedrige und hohe Auslöseschwellen für magnetische Felder im Frequenzbereich von 1 Hz bis 20 kHz	18
Bild 3	– Niedrige und hohe Auslöseschwellen für elektrische Felder im Frequenzbereich von 1 Hz bis 20 kHz	18
Bild 4	– Bewertung auf Einhaltung von Auslöseschwellen für Magnetfelder	23
Bild 5	– Bewertung auf Einhaltung von Auslöseschwellen für elektrische Felder	24
Bild 6	– Risikobewertung für besonders gefährdete Arbeitnehmer	31
Bild A.1	– Auf ein Magnetfeld, das von einer Niederspannungseinspeisung erzeugt wurde, angewandtes TEI-Verfahren	33
Bild A.2	– Nicht sinusförmige drei-Achsen-Magnetfeldexposition in der Nähe der Anregungseinheit eines 400-MW-Gasgenerators	33
Bild A.3	– Für die Anwendung der Bewertung der gewichteten Spitzenwerte verwendet Filterfunktion	34
Bild C.1	– Zur Begrenzung von Oberschwingungen einer Kondensatorbank verwendete Luftspulen	47
Bild C.2	– Verschiedene Situationen der Einkopplung eines elektrischen Felds in einen menschlichen Körper (die gestrichelten Linien zeigen die ungefähren Äquipotenziallinien)	49
Bild C.3	– Arbeitnehmer, der einen Mast hochklettert, wobei ein Kontaktstrom durch die Füße fließt	50
Bild F.1	– Kapazitive Kopplung bei einer isolierten Person, die einem elektrischen Feld ausgesetzt ist	57
Bild F.2	– Kontakt mit einer geerdeten Struktur und Ersatzschaltkreis	58
Bild F.3	– Kontaktstrom bei einer geerdeten Person, die ein isoliertes Fahrzeug berührt	59

Tabellen

Tabelle 1 – Physikalische Größen und Einheiten	11
Tabelle 2 – Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) oder Arbeitsplätze, von denen angenommen wird, dass sie die Referenzwerte für die Exposition der Allgemeinbevölkerung, d. h. 100 μT oder 5 kV/m bei 50 Hz, einhalten (aus Tabelle 3.2 des Anwendungsleitfadens [10])	17
Tabelle 3 – Auslöseschwellen bei 50 Hz	19
Tabelle 4 – Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) oder Arbeitsplätze, von denen angenommen wird, dass sie die niedrigen Auslöseschwellen für 50-Hz-Magnetfelder einhalten (<i>Situationen mit stromführenden Leitern nicht betrachtet</i>)	20
Tabelle 5 – Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) oder Arbeitsplätze, die eine weitergehende Bewertung mit Blick auf 50-Hz-Magnetfelder erfordern	21
Tabelle 6 – Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) oder Arbeitsplätze, von denen angenommen wird, dass sie die niedrigen Auslöseschwellen (10 kV/m) für elektrische Felder mit 50 Hz einhalten	22
Tabelle 7 – Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) oder Arbeitsplätze, von denen angenommen wird, dass sie die Expositionsgrenzwerte für Magnetfelder mit 50 Hz in Bezug auf sensorische Wirkungen einhalten (<i>den vereinfachten Kriterien für die Übereinstimmung mit den Anforderungen für das in Anhang D gegebene Beispiel eines LEF folgend</i>)	26
Tabelle 8 – Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen), die eine weitergehende Bewertung im Hinblick auf die Expositionsgrenzwerte für Magnetfelder mit 50 Hz für sensorische Wirkungen erfordern (<i>den vereinfachten Kriterien für die Übereinstimmung mit den Anforderungen für das in Anhang D gegebene besondere Beispiel eines LEF folgend</i>)	27
Tabelle 9 – Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) oder Arbeitsplätze, von denen angenommen wird, dass sie die Expositionsgrenzwerte für elektrische Felder mit 50 Hz einhalten (<i>den vereinfachten Kriterien für die Übereinstimmung mit den Anforderungen für das in Anhang D gegebene Beispiel eines LEF folgend</i>)	28
Tabelle 10 – Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) oder Arbeitsplätze, die von vornherein die Grenzwerte für magnetische Gleichfelder einhalten	29
Tabelle A.1 – Filterparameter für verschiedene Frequenzen	35
Tabelle B.1 – Konformitätsabstand in Meter (gerundete Werte) zur Mitte eines einzelnen Leiters, bei dem die niedrige Auslöseschwelle oder das in Anhang D berechnete Beispiel für das dem Expositionsgrenzwert äquivalente Feld (<i>LEF</i>) in Bezug auf sensorische Wirkungen eingehalten wird	39
Tabelle B.2 – Konformitätsabstand in Meter (gerundete Werte) zur Mitte eines einzelnen Leiters, bei dem die hohe Auslöseschwelle oder das in Anhang D berechnete Beispiel für das dem Expositionsgrenzwert äquivalente Feld (<i>LEF</i>) in Bezug auf gesundheitliche Wirkungen eingehalten wird	40
Tabelle B.3 – Maximale im Körper eines Arbeitnehmers induzierte magnetische Feldwerte beim Kontakt mit typischen Hochspannungskabeln	42
Tabelle C.1 – Mindest-Konformitätsabstand (D_{lim}) für eine Auswahl von repräsentativen Kabeln	48
Tabelle D.1 – Vergleich von repräsentativen Modellen des männlichen Körpers	53
Tabelle D.2 – Induzierte elektrische Feldstärke (in mV/m; 99. Perzentil) für das Referenzmodell (MAXWELL)	54
Tabelle D.3 – Rechenunsicherheit für das Magnetfeld im Hinblick auf die Exposition des Zentralnervensystems	55
Tabelle D.4 – Dem Expositionsgrenzwert äquivalente Felder (<i>LEFs</i>) (kleinster Wert des gleichförmigen Felds, das den Expositionsgrenzwerten entspricht)	55

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 50647:2017) wurde vom CLC/TC 106X „Electromagnetic fields in the human environment“ erstellt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2018-04-10
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-04-10

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erstellt, das von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CENELEC gegeben wurde.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm stellt ein allgemeines Verfahren für die Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern (EMF) an Arbeitsplätzen, die mit der Erzeugung, Übertragung und Verteilung von elektrischer Energie verbunden sind, zur Verfügung und dient dem Nachweis der Übereinstimmung mit den in der Richtlinie 2013/35/EU [11] (EMF-Richtlinie) des Europäischen Parlaments und des Rates angegebenen Expositionsgrenzwerten und Auslösewerten.

ANMERKUNG 1 Die Richtlinie 2013/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates wird von allen Mitgliedstaaten der Europäischen Union in ihre nationale Gesetzgebung übernommen. Es ist wichtig, dass Anwender dieser Norm die nationale Gesetzgebung in Bezug auf diese Umsetzung konsultieren, um die nationalen Rechtsvorschriften bzw. Regelungen und Anforderungen zu identifizieren. Diese nationalen Rechtsvorschriften bzw. Regelungen und Anforderungen können zusätzliche Anforderungen aufweisen, die durch diese Norm nicht abgedeckt werden.

Diese Europäische Norm besitzt die Rolle einer spezifischen Arbeitsplatz-Norm. Sie berücksichtigt den nicht bindenden Anwendungsleitfaden zur Umsetzung der EMF-Richtlinie [10] und legt die für die Elektrizitätsversorgungsunternehmen anwendbaren Beurteilungsverfahren und Konformitätskriterien fest.

Der Frequenzbereich 0 Hz bis 20 kHz wird von dieser Norm abgedeckt und reicht aus, um die von Elektrizitätsversorgungsnetzen und -systemen in Europa verwendete energietechnische Frequenz (50 Hz) und die verschiedenen Oberschwingungen und Zwischenharmonischen, die in den Versorgungsnetzen auftreten, abzudecken. In diesem extrem niedrigen Frequenzbereich sind die elektrischen und magnetischen Felder voneinander unabhängig (entkoppelt), und daher müssen beide Felder bei der Beurteilung der Exposition berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Elektrizitätsversorgungsunternehmen nutzen auch hochfrequente Übertragungen für den Betrieb und die Wartung ihrer Netze und Kraftwerksanlagen. In ähnlicher Weise können andere Expositionen gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern während Wartungsmaßnahmen auftreten, z. B. aufgrund des Betriebs von handgeführten elektrischen Werkzeugen. Alle diese EMF-Quellen fallen jedoch nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

ANMERKUNG 3 Im Hinblick auf die Exposition gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern (EMF) im Niederfrequenzbereich bilden die 2010 veröffentlichten ICNIRP-Gesundheitsrichtlinien [13] die Grundlage für die EMF-Richtlinie. Wo es notwendig ist, einige der im vorliegenden Dokument enthaltenen technischen Aussagen zu begründen oder klarzustellen, wird auf diese wissenschaftliche Grundlage Bezug genommen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 61786-1, *Messung von magnetischen Gleichfeldern und von elektrischen und magnetischen Wechselfeldern von 1 Hz bis 100 kHz im Hinblick auf die Exposition von Personen – Teil 1: Anforderungen an Messgeräte* (IEC 61786-1)

EN 50527-1, *Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern – Teil 1: Allgemeine Festlegungen*

EN 50527-2-1, *Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern – Teil 2-1: Besondere Beurteilung für Arbeitnehmer mit Herzschrittmachern*

IEC 61786-2, *Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 2: Basic standard for measurements*

3 Begriffe, physikalische Größen, Einheiten und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Auslöseschwelle

AL

operative Werte, die festgelegt wurden, damit einfacher nachgewiesen werden kann, dass die relevanten Expositionsgrenzwerte eingehalten werden, oder damit gegebenenfalls die relevanten Schutz- oder Präventionsmaßnahmen ergriffen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: „Referenzwerte“, wie sie in der Europäischen Ratsempfehlung 1999/519/EG [3] zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung (gegenüber elektromagnetischen Feldern) und in den ICNIRP-Gesundheitsrichtlinien [13] festgelegt werden, beruhen auf demselben Ansatz wie die Auslöseschwellen und die beiden Begriffe wurden definiert, um denselben Zweck zu erreichen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei elektrischen Feldern bezeichnen die Ausdrücke „niedrige Auslöseschwellen“ und „hohe Auslöseschwellen“ die Werte, die sich auf die in der EMF-Richtlinie [11] festgelegten spezifischen Schutz- oder Präventionsmaßnahmen beziehen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die niedrigen Auslöseschwellen bei äußeren elektrischen Feldern beruhen sowohl auf der Begrenzung der inneren elektrischen Felder auf Werte unterhalb von Expositionsgrenzwerten (*ELVs*) als auch auf der Begrenzung von Funkenentladungen in der Arbeitsumgebung. Unterhalb der hohen Auslöseschwellen überschreitet das innere elektrische Feld keine Expositionsgrenzwerte (en: *ELVs*) und belästigende Funkenentladungen werden verhindert, vorausgesetzt, die relevanten Schutzmaßnahmen wurden ergriffen.

Anmerkung 4 zum Begriff: Bei magnetischen Feldern bezeichnet der Ausdruck „niedrige Auslöseschwellen“ die auf die Expositionsgrenzwerte für sensorische Wirkungen bezogenen Werte und der Ausdruck „hohe Auslöseschwellen“ die auf die Expositionsgrenzwerte für gesundheitliche Wirkungen bezogenen Werte.

Anmerkung 5 zum Begriff: Übereinstimmung mit den Auslöseschwellen stellt die Übereinstimmung mit den relevanten Expositionsgrenzwerten (en: *ELVs*) sicher. Wenn die ermittelten Expositionswerte höher als die Auslöseschwellen sind, folgt daraus nicht notwendigerweise, dass Expositionsgrenzwerte (en: *ELVs*) überschritten sind, aber eine detailliertere Analyse ist erforderlich, um die Übereinstimmung mit den Expositionsgrenzwerten (en: *ELVs*) nachzuweisen.

Anmerkung 6 zum Begriff: Es kann sein, dass Auslöseschwellen keinen ausreichenden Schutz von Arbeitnehmern gegenüber besonderen Risiken bereitstellen, sodass dann eine besondere Risikobewertung durchgeführt werden muss.

3.1.2

Konformitätsabstand

Abstand von einer Feldquelle, der die Beachtung des relevanten Expositionsgrenzwerts oder der relevanten Auslöseschwellen sicherstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Arbeiten in einem Abstand, der kleiner als der Konformitätsabstand ist, erfordert eine besondere Bewertung.

3.1.3

Kontaktstrom

Berührungsstrom

Strom, der bei einem Kontakt zwischen einer Person und einem leitfähigen Gegenstand fließt und aus der induktiven oder kapazitiven Kopplung zwischen dem Feld und der Person und/oder dem Gegenstand resultiert und in Ampere (A) ausgedrückt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: In der EMF-Richtlinie [11] werden Grenzwerte für den stationären Wert des Kontaktstroms festgelegt.

3.1.4

elektrisches Feld

Bestandteil eines elektromagnetischen Feldes, der durch die elektrische Feldstärke E zusammen mit der elektrischen Flussdichte D gekennzeichnet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Französischen wird die Benennung „champ électrique“ auch für die physikalische Größe „elektrische Feldstärke“ verwendet.

[QUELLE: IEC 60050-121, 121-11-67]

3.1.5

Expositionsindex

EI

ermittelter Expositionswert, dividiert durch die relevante Auslöseschwelle oder den relevanten Expositionsgrenzwert

3.1.6

dem Expositionsgrenzwert äquivalentes Feld

LEF (en: exposure limit equivalent field)

Stärke des homogenen äußeren elektrischen oder magnetischen Feldes, das eine Person bis zur Höhe der Expositionsgrenzwerte für sensorische bzw. gesundheitliche Wirkungen exponiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die numerischen Werte von dem Expositionsgrenzwert äquivalenten Feldern (*LEF*) wurden aus der Dosimetrie abgeleitet.

3.1.7

Expositionsgrenzwert

ELV (en: exposure limit value)

Grenzwert, der unmittelbar auf anerkannten gesundheitlichen Auswirkungen und biologischen Betrachtungen beruht

Anmerkung 1 zum Begriff: In dem von der vorliegenden Norm abgedeckten Frequenzbereich werden Expositionsgrenzwerte in Form von induzierten elektrischen Feldstärken ausgedrückt außer zwischen 0 Hz und 1 Hz, wo die Expositionsgrenzwerte (*ELVs*) in Form von Feldstärken des äußeren magnetischen Felds ausgedrückt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: „Basisgrenzwerte“, wie sie in der Europäischen Ratsempfehlung 1999/519/EG [3] zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung (gegenüber elektromagnetischen Feldern) und in den ICNIRP-Gesundheitsrichtlinien [13] festgelegt werden, beruhen auf demselben Ansatz wie die Expositionsgrenzwerte, und die beiden Begriffe wurden definiert, um denselben Zweck zu erreichen.

3.1.8

Expositionsgrenzwerte für sensorische Wirkungen (*ELVs* für sensorische Wirkungen)

Expositionsgrenzwerte, deren Überschreitung vorübergehende Störungen der Sinnesempfindungen von Arbeitnehmern, z. B. Phosphene auf der Netzhaut, und geringfügige Veränderungen ihrer Hirnfunktionen hervorrufen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die sensorischen Wirkungen beziehen sich nur auf das Zentralnervensystem des Kopfes. Unter kontrollierten Bedingungen ist eine Überschreitung der Expositionsgrenzwerte für sensorische Wirkungen bei unterrichteten Arbeitnehmern zulässig.

3.1.9

Expositionsgrenzwerte für gesundheitliche Wirkungen (*ELVs* für gesundheitliche Wirkungen)

Expositionsgrenzwerte, bei deren Überschreitung Arbeitnehmer gesundheitsschädlichen Wirkungen wie etwa der Stimulation von Nerven- und Muskelgewebe ausgesetzt sein können

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Übereinstimmung mit den Expositionsgrenzwerten für gesundheitliche Wirkungen stellt sicher, dass Arbeitnehmer, die elektrischen und/oder magnetischen Feldern ausgesetzt sind, gegen sämtliche anerkannten gesundheitsschädlichen Auswirkungen geschützt sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Schwellenwert für die Erregung von Muskelzellen ist weit höher als der Schwellenwert für die Erregung von Nervenzellen, und daher betrachtet die EMF-Richtlinie [11] im Einklang mit ihrer wissenschaftlichen Grundlage [13] Grenzwerte nur für die Verhinderung der Erregung von Nervenzellen, da diese im Hinblick auf die Erregung von Muskelzellen konservativ sind. Als ein Ergebnis beziehen sich die gesundheitlichen Wirkungen auf das periphere Nervensystem, d. h. den ganzen Körper.

3.1.10

induziertes elektrisches Feld

elektrisches Feld in einem menschlichen Körper, das unmittelbar aus der Exposition gegenüber einer äußeren Quelle von elektrischen oder magnetischen Feldern herrührt

3.1.11

magnetisches Feld

Bestandteil eines elektromagnetischen Feldes, der durch die magnetische Feldstärke H zusammen mit der magnetischen Flussdichte B gekennzeichnet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Französischen wird die Benennung „champ magnétique“ auch für die physikalische Größe „magnetische Feldstärke“ verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Dokument wird die Benennung „magnetisches Feld“ für die „magnetische Flussdichte“ verwendet.

[QUELLE: IEV 121-11-69]

3.1.12

Gesamtexpositionsindex

TEI

Summe aller Expositionsindizes (z. B. für unterschiedliche Frequenzen oder unterschiedliche Quellen) für entweder elektrische oder magnetische Felder

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn der Gesamtexpositionsindex kleiner als 1 ist, stimmt die Exposition mit den Anforderungen überein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Durch die Verwendung der arithmetischen Summenbildung wird der Gesamtexpositionsindex zu einer konservativen Bewertung der Exposition.

3.1.13

ungestörtes Feld

Feld in einem Punkt, das bei Abwesenheit von Personen oder beweglichen Objekten, die für den Arbeitsprozess nicht notwendig sind, vorhanden wäre

Anmerkung 1 zum Begriff: Sämtliche Grenzwerte, die in Form von außerhalb des menschlichen Körpers vorhandenen Feldern ausgedrückt werden, beziehen sich auf das ungestörte Feld.

[QUELLE: EN 61786-1:2014, 3.3.1, modifiziert]^{N1)}

3.2 Physikalische Größen und Einheiten

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in [Tabelle 1](#) aufgeführten physikalischen Größen.

^{N1)} Nationale Fußnote: Gegenüber dem englischen Text der EN 50647:2017 wurde hinzugefügt, dass die von der EN 61786-1:2014 übernommene Definition modifiziert wurde.

Tabelle 1 – Physikalische Größen und Einheiten

Größe	Symbol	Einheit	Kommentare
Elektrische Feldstärke	E	V/m	
Magnetische Flussdichte	B	T	μT wird gewöhnlicher bei 50 Hz benutzt
Kontaktstrom	I_c	A	

3.3 Abkürzungen

<i>AL</i>	Auslöseschwelle (en: action level)
ZNS	Zentralnervensystem (en: CNS, central nervous system)
DC	Gleichstrom (en: direct current)
<i>EI</i>	Expositionsindex (en: exposure index)
<i>ELV</i>	Expositionsgrenzwert (en: exposure limit value)
GIS	gasisolierte Schaltstation (en: gas insulated substation)
HV	Hochspannung (en: high voltage)
<i>LEF</i>	dem Expositionsgrenzwert äquivalentes Feld (en: exposure limit equivalent field)
PNS	peripheres Nervensystem (en: peripheral nervous system)
<i>TEI</i>	Gesamtexpositionsindex (en: total exposure index)
WPR	besonders gefährdete Arbeitnehmer (en: worker at particular risk)
eff	Effektivwert (en: rms, root mean square)

4 Bewertungsverfahren

Entsprechend Artikel 4 der Europäischen Richtlinie 2013/35/EU [11] „... muss der Arbeitgeber eine Bewertung sämtlicher Risiken für die Arbeitnehmer, die durch elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz hervorgerufen werden, und erforderlichenfalls eine Messung oder Berechnung der elektromagnetischen Felder vornehmen, denen die Arbeitnehmer ausgesetzt sind ... An öffentlich zugänglichen Arbeitsplätzen ist es nicht erforderlich, die Expositionsbewertung durchzuführen, wenn bereits eine Bewertung gemäß den Vorschriften zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern erfolgt ist, wenn die in diesen Vorschriften festgelegten Grenzwerte in Bezug auf die Arbeitnehmer eingehalten werden und wenn Sicherheits- und Gesundheitsrisiken ausgeschlossen sind. Werden Arbeitsmittel, die zur Benutzung durch die Allgemeinheit bestimmt sind und Unionsrecht zu Produkten entsprechen, die ein höheres Sicherheitsniveau vorschreiben als die vorliegende Richtlinie, bestimmungsgemäß für die Allgemeinheit verwendet, und werden keinen anderen Arbeitsmittel verwendet, gelten diese Bedingungen als erfüllt.“

Elektrische Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) für die Erzeugung, Übertragung und Verteilung von elektrischer Energie sind stark standardisiert bzw. genormt und einige wenige allgemeine Bewertungen können viele Betriebsorte bzw. Standorte abdecken, an denen ähnliche Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) sowie Arbeitspositionen vorhanden sind. Daher ist eine systematische und gründliche Bewertung jedes einzelnen Betriebsortes bzw. Standortes, der elektrische Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) enthält, nicht erforderlich. Für einen gegebenen Betriebsort bzw. Standort sollte die Risikobewertung auf sämtliche spezifische Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) sowie Arbeitspositionen beschränkt werden, die von den allgemeinen Bewertungen nicht abgedeckt werden.

Die Bewertung der Exposition muss aktualisiert werden, wenn irgendeine Änderung der Anlage, der Arbeitsumgebung oder der Arbeitsverfahren die EMF-Expositionsbedingungen bedeutsam beeinflusst.

Viele Arbeitsplätze in Elektrizitätsversorgungsunternehmen sind gleichzeitig elektrischen und magnetischen Feldern ausgesetzt. Die durch äußere elektrische und magnetische Felder gleichzeitig induzierten inneren elektrischen und magnetischen Felder stellen Vektoren dar, die meistens weder räumlich kollinear noch in

der Phase zusammenfallend sind. Die Position von ICNIRP [13] hierzu ist, dass Situationen, in denen diese Feldvektoren kollinear und phasengleich sind, zusammenfallend „unter Berücksichtigung der großen Unterschiede bei der Verteilung der elektrisch und magnetisch induzierten elektrischen Felder als sehr selten einzustufen sind“.

Bei der Bewertung der Übereinstimmung mit der (EMF-)Richtlinie mit Hilfe der vorliegenden Norm muss die Exposition gegenüber niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern daher getrennt (einzeln) und nicht additiv betrachtet werden.

Dieser Abschnitt stellt ein allgemeines Verfahren für die Bewertung der Exposition an einem Arbeitsplatz zur Verfügung, welches im [Bild 1](#) in Form eines Flussdiagramms dargeboten wird. Dieses zeigt sämtliche mögliche Verfahren, mit denen die Übereinstimmung mit der EMF-Richtlinie [11] gezeigt werden kann. Die unterschiedlichen Schritte in diesem Flussdiagramm werden in den [Abschnitten 5, 7, 8, 9, 10 und 13](#) entwickelt.

Die Übereinstimmung kann mit Hilfe von irgendeinem beliebigen der möglichen Verfahren gezeigt werden. Zum Beispiel könnte es in manchen Fällen einfacher und effizienter sein, die Übereinstimmung mit Hilfe von Messungen zu zeigen (z. B. [8.3](#)) als sämtliche elektrische Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) zu identifizieren und zu prüfen, ob die Kriterien für eine vereinfachte Bewertung erfüllt sind (z. B. [8.2](#)).

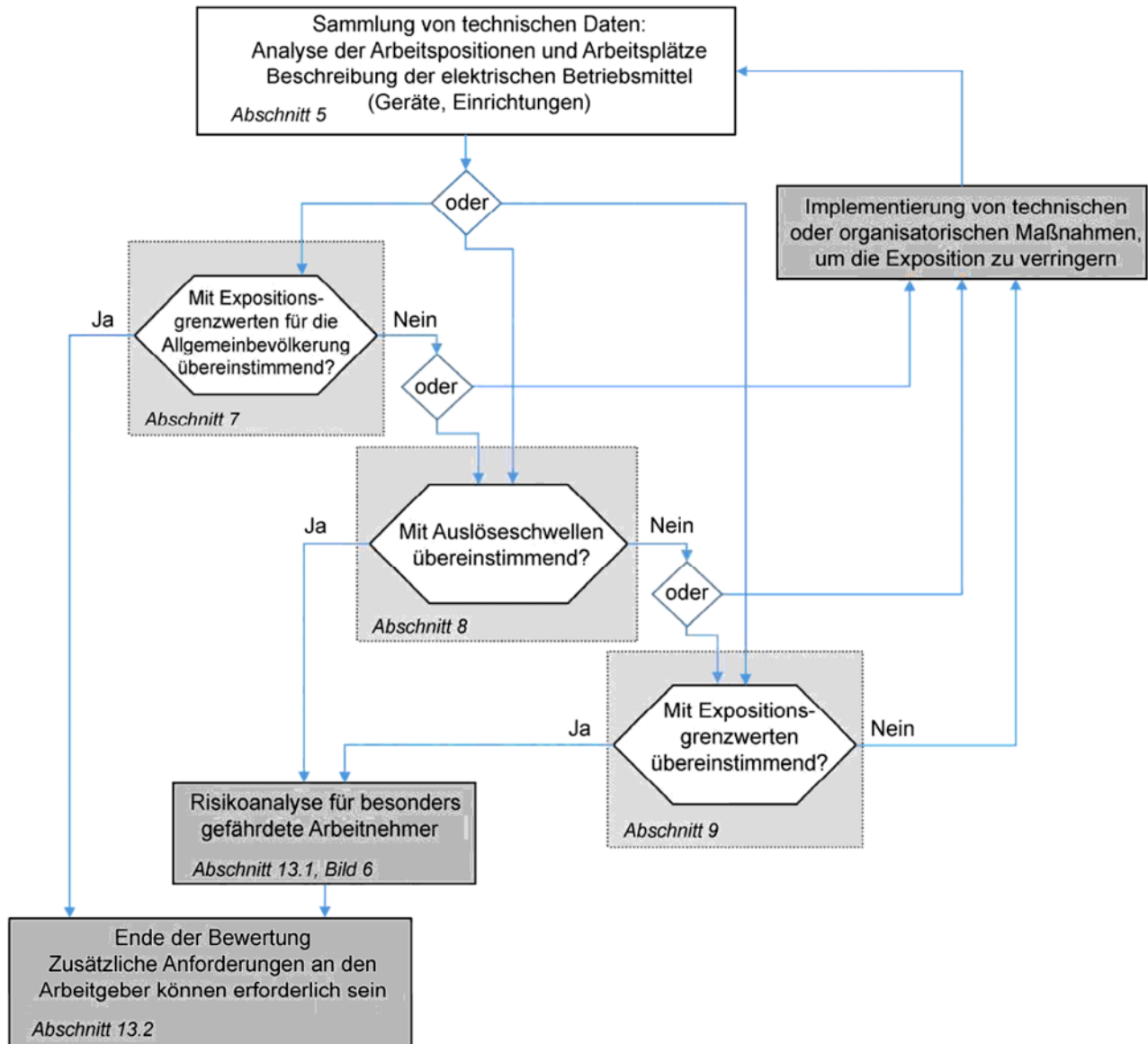


Bild 1 – Allgemeines Flussdiagramm des Verfahrens zur Bewertung der Übereinstimmung mit den Anforderungen

5 Sammlung von technischen Daten

Zur Bewertung der Übereinstimmung ist es erforderlich, den Arbeitsplatz in Bezug auf EMF-Quellen und die Arbeitspositionen in Bezug auf diese Quellen sowie die involvierten Arbeitsverfahren zu charakterisieren. Für den Anwendungsbereich dieser Norm sind relevante Feldquellen stromführende elektrische Leiter und elektrische Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) für die Erzeugung und Verteilung von elektrischer Energie.

Für Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen), die durch vereinfachte Verfahren und allgemeine Bewertungen erfasst werden, genügt eine einfache Identifizierung (siehe [Abschnitt 7](#) und [8.2](#)).

Für besondere elektrische Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen), für die eine besondere Bewertung erforderlich sein kann, können folgende technische Daten nützlich sein, um den zu bewertenden Arbeitsplatz zu charakterisieren:

- Art des Betriebsmittels (Geräts, der Einrichtung);
- Bemessungseigenschaften (z. B. Spannung, Strom);

- ob das Betriebsmittel (Gerät, die Einrichtung) isoliert oder nicht isoliert ist;
- ob irgendwelche Schirme (Abschirmungen) vorhanden sind;
- Ausmaß von Oberschwingungen;
- Abstand der stromführenden Teile des Betriebsmittels (Geräts, der Einrichtung) zu Arbeitnehmern;
- usw.

6 Verfahren zur Bewertung der Exposition von Arbeitnehmern

6.1 Allgemeines

Während der Bewertung der Exposition in einem besonderen Bereich genügt es üblicherweise, nur die Hauptquellen der elektromagnetischen Felder (Haupt-EMF-Quellen) zu identifizieren, die in diesem Bereich wirksam sind. Wenn sich ein Arbeitnehmer in sehr geringem Abstand zu einer EMF-Quelle befindet, oder letztere berührt (z. B. Arbeiten an stromführenden Leitern, Inspektion von gasisolierten Schaltstationen), können alle (anderen) Quellen, die sich in einer größeren Entfernung befinden, im Allgemeinen vernachlässigt werden.

Bei Arbeitsumgebungen, in denen sich unterschiedliche Quellen in vergleichbaren Abständen zu Arbeitnehmern befinden (z. B. Niederspannungsumgebungen, bei denen die drei Phasen nahe beieinander sind), sollten die gleichzeitigen Beiträge von all diesen Quellen betrachtet werden.

Die ungünstigste Exposition der Arbeitnehmer muss ermittelt werden. Da die Exposition in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen schwanken kann, kann es notwendig sein, die Exposition bei den ungünstigsten Bedingungen durch Extrapolation zu ermitteln. Magnetfelder werden durch Ströme in elektrischen Betriebsmitteln (Geräten, Einrichtungen) wie z. B. Leitungen, Kabel, Spulen und Wicklungen erzeugt. Der Strom und somit auch das Feld kann in Abhängigkeit von der Zeit beträchtlich schwanken. Dies bedeutet, dass Extrapolationen von gemessenen oder berechneten Werten häufig relevant sind, wenn Magnetfelder betrachtet werden. Elektrische Felder werden von ungeschirmten elektrischen Betriebsmitteln (Geräten, Einrichtungen) wie z. B. Freileitungen oder Sammelschienen in Schaltstationen erzeugt. Sowohl die Spannung als auch das Feld in einem gegebenen Punkt schwanken nicht wesentlich in Abhängigkeit von der Zeit, vorausgesetzt, das Feld ist ungestört, d. h. es wird nicht durch irgendwelche bewegten Objekte beeinflusst. Daher sind Extrapolationen von gemessenen oder berechneten Werten üblicherweise nicht relevant, wenn elektrische Felder mit energietechnischer Frequenz (Netzfrequenz) betrachtet werden, außer bei besonderen Umständen wie z. B. einer Änderung der maximalen Betriebsspannung.

Die Kurvenformen der elektrischen und magnetischen Felder bei 50 Hz sind nicht immer rein sinusförmig, sondern können beträchtliche Oberschwingungsanteile enthalten, die bei der Bewertung der Exposition zu berücksichtigen sind, wenn sie relevant sind. Siehe [6.2.2](#) und [6.2.3](#).

6.2 Bewertung der Exposition im Hinblick auf äußere Felder

6.2.1 Allgemeines

Äußere Felder können durch Messung und/oder Berechnung bewertet werden.

(Verwendete) Feldmessgeräte müssen mit [EN 61786-1](#) übereinstimmen.

Wegen der Vielfalt der von Arbeitnehmern wahrgenommenen Expositionssituationen legt diese Norm kein spezifisches Messprotokoll fest. Das Messprotokoll muss mit IEC 61786-2 übereinstimmen.

Bei kleinen Messabständen zu einer Magnetfeldquelle und wenn das Magnetfeld hochgradig inhomogen ist, kann die Größe der Messsonde einen Mittelungseffekt bewirken, wodurch das Magnetfeld unterschätzt werden kann. Daher muss die Größe der Sonde für die räumliche Schwankung des Felds geeignet sein. Ein Leitfaden wird in der messtechnischen Norm IEC 61786-2 gegeben.

Magnetfeldmessungen sollten nicht zur Bewertung der Übereinstimmung (mit den Anforderungen) durchgeführt werden, wenn die Abstände zur Feldquelle kleiner als die Messsonde sind.

Messungen und Berechnungen von elektrischen Feldern sind komplexer als bei Magnetfeldern, da elektrische Felder durch sämtliche leitfähigen Objekte gestört werden – dies gilt auch für Objekte, die nur eine schlechte Leitfähigkeit besitzen – und insbesondere durch metallische Strukturen gestört werden. Dies ist als „Spitzenwerteffekt“ bekannt und führt zu starken lokalen Erhöhungen des elektrischen Felds. Das aus dem „Spitzenwerteffekt“ resultierende stark inhomogene Feld ist für die Exposition von Arbeitnehmern nicht repräsentativ. Dies ist der Grund, weshalb IEC 61786-2 nachfolgendes empfiehlt, um das ungestörte Feld zu messen:

- einen Mindestabstand von 2 m zwischen dem Bediener und der *E*-Feldsonde;
- Das Entfernen von bewegten bzw. beweglichen Objekten, falls möglich;
- einen Mindestabstand von 1 m zu dauerhaft vorhandenen Objekten, falls möglich.

Um diesen Effekt zu überwinden, sollte jedes bewegte bzw. bewegliche Objekt, das für die in Arbeit befindliche Tätigkeit nicht benötigt wird und die Messungen stören könnte, während der Messungen des elektrischen Felds entfernt werden.

In ähnlicher Weise beeinflusst der „Spitzenwerteffekt“ auch Messungen von elektrischen Feldern in der Nähe von festen metallischen Strukturen, und ein Mindestabstand zu solchen Strukturen sollte eingehalten werden, um vertrauenswürdige und wiederholbare Messungen durchzuführen. IEC 61786-2 empfiehlt einen Mindestabstand von 1 m, falls dies möglich ist. Jedoch ist ein Messabstand von 1 m in vielen Arbeitssituationen, die einen Kontakt mit metallischen Strukturen erfordern, nicht möglich, z. B. wenn Arbeitnehmer in elektrischen Gitterstahlmasten klettern. In diesem Fall muss ein Messabstand von 20 cm zwischen leitfähigen Objekten und der Messsonde beibehalten werden, um die durch den „Spitzenwerteffekt“ bedingte Vorbeeinflussung bei der Messung zu verringern.

6.2.2 Oberschwingungen des Magnetfelds

Bei Übertragungs- und Verteilnetzen bzw. -systemen ist es akzeptabel, eine vereinfachte Bewertung von Oberschwingungen durchzuführen, außer um Versorgungen für die Industrie herum, die mit Hochleistungs-umrichtern und -gleichrichtern arbeiten. [Anhang A](#) schlägt unterschiedliche Lösungsansätze für die Bewertung von Oberschwingungen vor.

Bei einer vereinfachten Bewertung von Oberschwingungen wird der Gesamtexpositionsindex zum Teil dem Expositionsindex für 50 Hz und zum Teil der Summe aus allen Expositionsindizes für die Oberschwingungen zugeschlagen. Ein Gesamtexpositionsindex, bei dem die Grundschwingung und sämtliche Oberschwingungen einbezogen sind, kleiner 1 zeigt die Übereinstimmung (mit den Anforderungen). Von der Nennspannung abhängige Kriterien für den Expositionsindex für 50 Hz werden angegeben, um zu zeigen, dass der Gesamtexpositionsindex unterhalb 1 verbleibt. Alternative Werte dürfen verwendet werden, wenn sie auf einer besonderen Bewertung der Oberschwingungen beruhen.

- *Kriterium für den Spannungsbereich ≥ 60 kV*

Auf der Grundlage von verfügbaren Feld- und Strommessungen können die Oberschwingungen des Magnetfelds bei höheren Spannungswerten als 60 kV vernachlässigt werden, da der maximale Oberschwingungsgehalt von Strömen in den Übertragungs- und Verteilnetzen bzw. -systemen während des normalen Betriebs begrenzt ist.

ANMERKUNG Umstände, bei denen bedeutsame Oberschwingungen auftreten können, wie sie z. B. aus der Sättigung von Transformatoren während der Inbetriebsetzung oder während geomagnetischer Stürme resultieren, sind zu selten, als dass sie eine weitere Betrachtung erfordern.

- *Kriterium für den Spannungsbereich 1 kV bis 60 kV*

Auf der Grundlage von verfügbaren Feld- und Strommessungen bei Mittelspannungs-Übertragungs- und Verteilnetzen bzw. -systemen könnten die Oberschwingungen bis zur 50. Oberschwingungsordnung relevant sein, aber die Exposition stimmt mit den Anforderungen überein, wenn der Expositionsindex für 50 Hz unter-

halb 0,8 liegt (siehe [Anhang A](#)). Dasselbe Kriterium kann auch bei breitbandigen Messungen angewendet werden.

– *Kriterium für Niederspannungen (< 1 kV)*

Auf der Grundlage von verfügbaren Feld- und Strommessungen bei Niederspannungsverteilnetzen bzw. -systemen könnten die Oberschwingungen bis zur 50. Oberschwingungsordnung relevant sein, aber die Exposition stimmt mit den Anforderungen überein, wenn der Expositionsindex für 50 Hz unterhalb 0,7 liegt (siehe [Anhang A](#)). Dasselbe Kriterium kann auch bei breitbandigen Messungen angewendet werden.

Bei Kraftwerken kann die Bewertung der Oberschwingungen des Magnetfelds auf die felderregende Einheit beschränkt werden.

6.2.3 Oberschwingungen des elektrischen Felds

Die Oberschwingungen des elektrischen Felds können bei jedem Spannungswert vernachlässigt werden, da der maximale Oberschwingungsgehalt der Spannung in den Übertragungs- und Verteilnetzen bzw. -systemen, der durch die Anforderungen an die Spannungsqualität begrenzt ist, üblicherweise den Expositionsindex nur innerhalb des Bereichs der erwarteten Messunsicherheit der Bewertung erhöht.

6.3 Numerische Berechnung von im menschlichen Körper induzierten elektrischen Feldern

Rechnergestützte numerische Berechnungen von im menschlichen Körper induzierten elektrischen Feldern können durchgeführt werden mit Hilfe verschiedener numerischer Verfahren wie z. B. der Finite-Elemente-Methode, der Finite-Integrations-Technik, der Methode der finiten Differenzen im Zeitbereich und der Skalaren Potential-Finite-Differenzen-Methode. (Siehe [\[7\]](#) und [\[8\]](#).)

Ausgeklügelte Modelle für die Berechnung von im Körper induzierten Strömen werden verwendet und bilden einen Gegenstand für eine Reihe von wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Diese Modelle nutzen numerische 3D-Codes für die rechnergestützte Darstellung von elektromagnetischen Feldern und detaillierte Modelle der inneren Struktur (des Körpers) mit spezifischen elektrischen Eigenschaften für jedes im Körper vorhandene Gewebe. Solche wissenschaftlichen Modelle können für die Bewertung der Übereinstimmung mit Expositionsgrenzwerten genutzt werden.

7 Bewertung auf Einhaltung der Expositionsgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung

An vielen Arbeitsplätzen verbleiben die EMF-Pegel unterhalb der Referenzwerte oder Basisgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung, wie sie in der Ratsempfehlung 1999/519/EG [\[3\]](#) festgelegt werden. Für solche Arbeitsplätze ist keine weitere Bewertung erforderlich, wenn die Übereinstimmung mit diesen Werten bereits gezeigt wurde.

Der Anwendungsleitfaden [\[10\]](#) zur EMF-Richtlinie [\[11\]](#) enthält eine nicht vollständige Liste von Arbeitsplätzen, an denen die Durchführung einer spezifischen Bewertung nicht erforderlich sein sollte, da erwartet wird, dass an diesen (Arbeitsplätzen) kein Risiko durch elektromagnetische Felder besteht. Von den korrespondierenden Quellen ([Tabelle 2](#)) wird nicht erwartet, dass sie einen Anlass für Expositionen bieten, die die Referenzwerte der Ratsempfehlung [\[3\]](#) unter irgendeiner normalen Betriebsbedingung überschreiten.

Tabelle 2 – Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) oder Arbeitsplätze, von denen angenommen wird, dass sie die Referenzwerte für die Exposition der Allgemeinbevölkerung, d. h. 100 μ T oder 5 kV/m bei 50 Hz, einhalten (aus Tabelle 3.2 des Anwendungsleitfadens [10])

Art des Betriebsmittels (Geräts, der Einrichtung) oder Arbeitsplatzes	Art der Exposition
Nichtisolierte Freileiter mit beliebiger Spannung	Magnetfelder
Elektrische Installationen oder elektrische Stromkreise innerhalb einer Installation (einschließlich Verkabelung, Schaltgeräte, Transformatoren usw.) mit einem Bemessungs-Phasenstrom des einzelnen Stromkreises von 100 A oder weniger	Magnetfelder
Beliebige unterirdische oder isolierte Kabel-Stromkreise mit beliebiger Bemessungsspannung	Elektrische Felder
Beliebige nichtisolierte Freileiter-Stromkreise in Schaltstationen über dem Arbeitsplatz mit einer Bemessungsspannung bis zu 110 kV	Elektrische Felder
Beliebige nichtisolierte Freileiter-Stromkreise in Schaltstationen mit geerdetem Schirm mit beliebiger Bemessungsspannung	Elektrische Felder
Beliebige Freileiter-Stromkreise über dem Arbeitsplatz mit einer Bemessungsspannung bis zu 150 kV	Elektrische Felder
Beliebige Freileiter mit beliebiger Bemessungsspannung, die über dem Gebäude, in dem sich der Arbeitsplatz befindet, verlegt sind, wenn sich der Arbeitsplatz im Inneren des Gebäudes befindet	Elektrische Felder

8 Bewertung auf Einhaltung der Auslöseschwellen

8.1 Allgemeines

Es kann sein, dass Auslöseschwellen keinen ausreichenden Schutz für Arbeitnehmer mit einem besonderen Risiko entsprechend der Definition in der EMF-Richtlinie [11] bereitstellen und für diese Kategorie von Arbeitnehmern eine gesonderte Bewertung erforderlich ist (siehe 13.1).

Die Effektivwerte für niedrige und hohe Auslöseschwellen sind in Bild 2 (Magnetfeld) und Bild 3 (elektrisches Feld) angegeben. Die korrespondierende Werte für 50 Hz sind in Tabelle 3 angegeben.

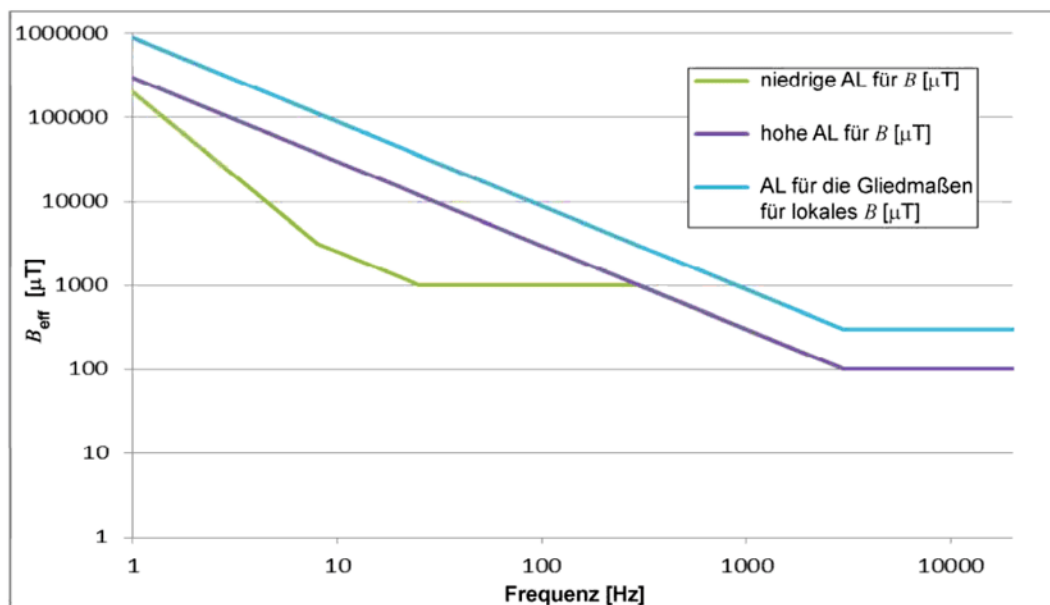


Bild 2 – Niedrige und hohe Auslöseschwellen für magnetische Felder im Frequenzbereich von 1 Hz bis 20 kHz

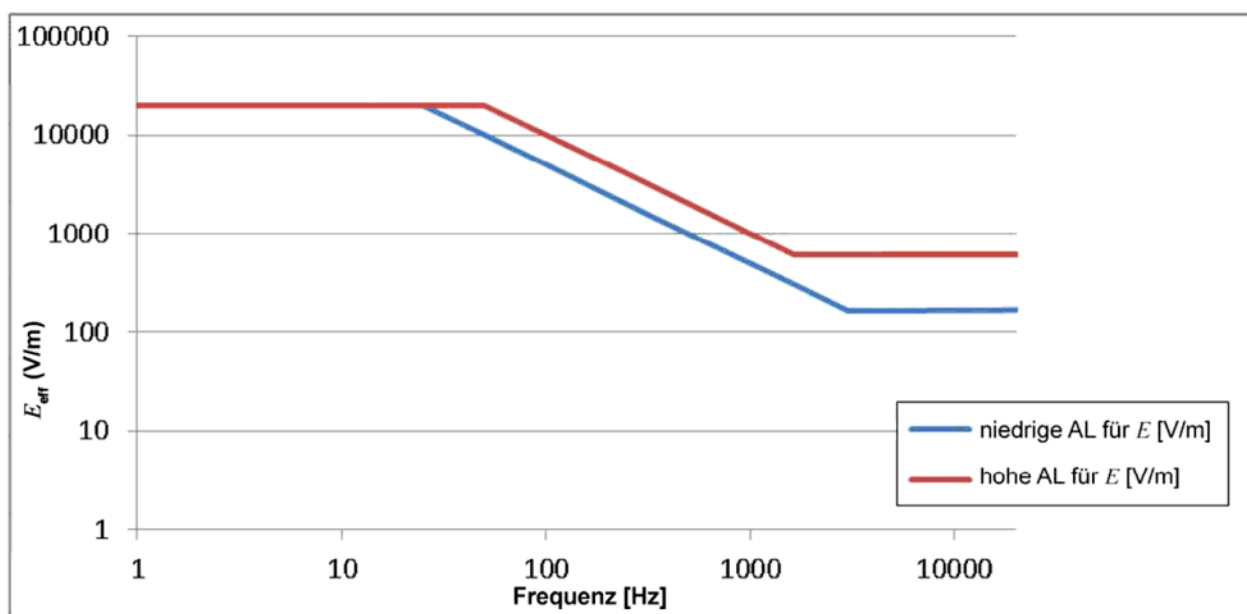


Bild 3 – Niedrige und hohe Auslöseschwellen für elektrische Felder im Frequenzbereich von 1 Hz bis 20 kHz