

Berufsgenossenschaftliche  
Regeln für Sicherheit und  
Gesundheit bei der Arbeit

# BGR B11

## BG-Regeln

# Elektromagnetische Felder

vom Juni 2001

Aktualisierte Nachdruckfassung Januar 2006

Fachausschuss  
„Elektrotechnik“  
der BGZ



**BGFE**

Berufsgenossenschaft  
der Feinmechanik  
und Elektrotechnik

**BGR B11**

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
Vorbemerkung .....	4
1 Anwendungsbereich .....	6
2 Begriffsbestimmungen .....	8
3 Maßnahmen zur Verhütung von Gefahren für Leben und Gesundheit bei der Arbeit	
3.1 Allgemeine Anforderungen .....	12
3.2 Beurteilung der Expositionsbereiche .....	14
3.3 Betriebsanweisungen .....	16
3.4 Bereiche erhöhter Exposition, Gefahrbereiche .....	17
3.5 Kennzeichnung und Abgrenzung .....	21
3.6 Persönliche Schutzausrüstungen .....	24
3.7 Prüfung .....	25
3.8 Unterweisung .....	27
3.9 Anlagenspezifische Dokumentation .....	29
3.10 Mittelbare Wirkungen, Körperhilfsmittel .....	29
3.11 Versuchsanlagen und ortsveränderliche Quellen .....	31
3.12 Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern .....	32
3.13 Instandhaltung, Erprobung .....	35
4 Zeitpunkt der Anwendung .....	36
<b>Anlage 1: Zulässige Werte für EM-Felder .....</b>	<b>37</b>
Anlage 2: Zulässige Werte für Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern .....	51
Anhang 1: Messverfahren .....	52
Anhang 2: Begriffsbestimmungen .....	63
Anhang 3: Zulässige Werte für Personen mit Körperhilfen .....	67
Anhang 4: Beispiele für Kennzeichnungen .....	68
Anhang 5: Betriebsanweisungen .....	71
Anhang 6: Vorschriften und Regeln.....	73

## BGR B 11

**Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BG-Regeln)** sind Zusammenstellungen bzw. Konkretisierungen von Inhalten aus

- staatlichen Arbeitsschutzvorschriften (Gesetze, Verordnungen) und/oder
- berufsgenossenschaftlichen Vorschriften (Unfallverhütungsvorschriften) und/oder
- technischen Spezifikationen und/oder
- den Erfahrungen berufsgenossenschaftlicher Präventionsarbeit.

*BG-Regeln richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder Unfallverhütungsvorschriften geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.*

*Der Unternehmer kann bei Beachtung der in BG-Regeln enthaltenen Empfehlungen davon ausgehen, dass er die in Unfallverhütungsvorschriften geforderten Schutzziele erreicht. Andere Lösungen sind möglich, wenn Sicherheit und Gesundheitsschutz in gleicher Weise gewährleistet sind. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.*

*Werden verbindliche Inhalte aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder aus Unfallverhütungsvorschriften wiedergegeben, sind sie durch Fettdruck kenntlich gemacht oder im Anhang zusammengestellt. Erläuterungen, insbesondere beispielhafte Lösungsmöglichkeiten, sind durch entsprechende Hinweise in Kursivschrift gegeben.*

## Vorbemerkung

Diese BG-Regel findet Anwendung auf die Beschäftigung von Versicherten im Geltungsbereich der Unfallverhütungsvorschrift „Elektromagnetische Felder“ (BGV B11) und soll diese erläutern und konkretisieren. Die in dieser BG-Regel enthaltenen Anlagen 1 und 2 stimmen mit denen der Unfallverhütungsvorschrift überein.

Die derzeitige Situation an Arbeitsplätzen erfordert eine Regelung im Arbeitsschutz für Bereiche, in denen elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder zur Anwendung kommen.

Die Unfallverhütungsvorschrift „Elektromagnetische Felder“ (BGV B11) trägt diesen Umständen Rechnung, indem in ihr Festlegungen, wie

- grundlegende Regelungen,
- zulässige Werte zur Bewertung von Expositionen,
- Mess- und Bewertungsverfahren  
und
- Sonderfestlegungen für spezielle Anlagen,

getroffen werden, bei deren Einhaltung nach dem heutigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand Tätigkeiten sicher und ohne wesentliche Belästigungen ausgeübt werden können.

Die in dieser BG-Regel enthaltenen technischen Lösungen schließen andere, mindestens ebenso sichere Lösungen nicht aus, die auch in technischen Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ihren Niederschlag gefunden haben können.

Den Ausführungen dieser BG-Regel sind die entsprechenden Texte der Unfallverhütungsvorschrift im **Fettdruck** vorangestellt. Die Anlagen 1 und 2 sind Bestandteil der Unfallverhütungsvorschrift „Elektromagnetische Felder“ (BGV B11).

Die Anhänge 1 bis 6 enthalten Erläuterungen und Begründungen zum Vorschriftentext.

# BGR B11

## 1 Anwendungsbereich

<b>Erstes Kapitel Geltungsbereich</b>
<b>§ 1 Geltungsbereich</b>
<b>(1) Diese Unfallverhütungsvorschrift gilt, soweit Versicherte elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern, im Folgenden EM-Felder genannt, im Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz unmittelbar oder deren mittelbaren Wirkungen ausgesetzt sind.</b>

Elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder – im Folgenden **EM-Felder** genannt – können unmittelbar im Gewebe wirken (z.B. Reizwirkung, Wärmewirkung). Zu den mittelbaren Wirkungen zählen Kraftwirkungen sowie Reaktionen auf Berührungsspannungen und Körperströme, die beim Berühren von leitfähigen Gebilden (z.B. Krane, Gerüste, Fahrzeuge) entstehen können.

Der Anwendungsbereich dieser BG-Regel umfasst alle Tätigkeiten von Versicherten innerhalb des Betriebes.

Er umfasst auch Tätigkeiten, z.B.

- außerhalb des Betriebes,
- auf Bau- und Montagestellen,
- in Fahrzeugen, auf Schiffen,
- die kurzzeitig oder gelegentlich auftreten  
sowie
- den betrieblich bedingten Aufenthalt während Arbeitspausen.

Es sind somit alle Arbeitnehmer erfasst, unabhängig davon, ob sie unmittelbar an EM-Felder emittierenden Anlagen oder Geräten tätig sind oder nicht.

Die Bestimmungen der Unfallverhütungsvorschrift sind demnach auch anzuwenden bei Arbeiten im Emissionsbereich dieser Anlagen, Maschinen oder Geräten, d.h. in einem Bereich in dem Versi-

cherte durch die Emissionen exponiert sein könnten, auch wenn sie nicht unmittelbar Tätigkeiten an diesen Anlagen, Maschinen oder Geräten durchführen. Es spielt auch keine Rolle, ob die Tätigkeiten nur kurzzeitig bzw. zeitweise ausgeführt werden oder während der ganzen Arbeitsschicht und an allen Schichten im Jahr oder ob es sich um Arbeitnehmer des Unternehmers oder um Fremdfirmenangehörige handelt.

Für Besucher können die Festlegungen der Unfallverhütungsvorschrift sinngemäß angewendet werden.

### 1.2

**(2) Diese Unfallverhütungsvorschrift gilt nicht für die Exposition von Patienten bei gewollter medizinischer Einwirkung von EM-Feldern.**

In der Medizin werden EM-Felder bei Diagnoseverfahren und in der Heilbehandlung angewandt. Aus medizinischer Notwendigkeit können die in der Unfallverhütungsvorschrift geforderten zulässigen Werte für Patienten überschritten werden.

Für das Bedienungs- und Betriebspersonal gelten jedoch die Festlegungen der Unfallverhütungsvorschrift.

Für Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern gilt Abschnitt 3.12 „Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern“ (§ 14). Dieser kommt sowohl für das Betriebspersonal, als auch für Versicherte, die mit der Instandhaltung in diesen Bereichen beschäftigt sind, zur Anwendung.

### 1.3

**(3) Diese Unfallverhütungsvorschrift gilt nicht, soweit die Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26.BImSchV) zur Anwendung kommt.**

Demnach umfasst der Geltungsbereich der Unfallverhütungsvorschrift nicht Bereiche außerhalb des Betriebsgeländes sowie auf dem Betriebsgelände befindliche

# BGR B11

- Wohn- und Gesellschaftsbauten,
  - Kindergärten, Altenheime und Schulen,
  - Anlagen und Einrichtungen für Sport, Freizeit und Erholung,
- soweit die Allgemeinheit Expositionen durch EM-Felder ausgesetzt ist.

## 2 Begriffsbestimmungen

<b>Zweites Kapitel Geltungsbereich</b>
<b>§ 2 Begriffsbestimmungen</b>
<p><b>Im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift werden folgende Begriffe bestimmt:</b></p> <p><b>1. Basiswerte sind die auf Grund der unmittelbaren oder mittelbaren Wirkungen festgelegten Grenzwerte für</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- die elektrische Stromdichte <math>J</math> im Körper in <math>A/m^2</math>,</li><li>- die spezifische Absorption <math>SA</math> in <math>J/kg</math>,</li><li>- die spezifische Absorptionsrate <math>SAR</math> in <math>W/kg</math> und</li><li>- die Leistungsdichte <math>S</math> in <math>W/m^2</math>,</li><li>- die nicht überschritten werden dürfen.</li></ul>

Für den Arbeitsschutz sind in der Unfallverhütungsvorschrift Werte festgelegt, die Sicherheit und Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer gewährleisten.

Bei Einhaltung der frequenzabhängigen Basiswerte, die mit ausreichender Sicherheit festgelegt wurden, sind gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht zu erwarten.

**2. Abgeleitete Werte sind die aus den Basiswerten ermittelten Werte für**

- die elektrische Feldstärke  $E$  in V/m,
- die magnetische Feldstärke  $H$  in A/m,
- die magnetische Flussdichte  $B$  in T ( $1\text{T} = 1\text{Vs/m}^2$ ),
- die Leistungsdichte  $S$  in W/m<sup>2</sup>,
- den Körperstrom  $I$  in A,
- die Berührungsspannung  $U$  in V

**bei Ganzkörper- und Teilkörperexposition durch EM-Felder.**

Es werden abgeleitete Werte angegeben, da diese im Gegensatz zu den Basiswerten mit einfachen Methoden gemessen oder berechnet werden können. Die abgeleiteten Werte sind so festgelegt, dass unter Zugrundelegung der ungünstigsten Expositionsbedingungen die Basiswerte nicht überschritten werden.

**3. Zulässiger Wert ist die Obergrenze einer Größe, die einzuhalten ist.**

Alle Werte bis zum zulässigen Wert erfüllen die Forderung der Unfallverhütungsvorschrift. Zulässige Werte sind in Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift festgelegt.

**4. Unzulässige Exposition ist gegeben, wenn EM-Felder oberhalb der zulässigen Werte auf Versicherte einwirken.**

Unzulässige Exposition liegt vor, wenn Versicherte oberhalb des je nach Expositionsbereich anzuwendenden zulässigen Wertes exponiert sind.

## BGR B11

**5. Expositionsbereich 2 ist der Bereich, der alle Bereiche des Unternehmens umfasst, sofern sie nicht dem Expositionsbereich 1, dem Bereich erhöhter Exposition oder dem Gefahrenbereich (siehe Nummern 6 bis 8) zuzuordnen sind.**

Die Einteilung des Betriebsgeländes in Expositionsbereiche ist notwendig, um den Bezug auf die anzuwendenden zulässigen Werte (siehe Anlage 1) herzustellen.

Unter Betriebsgelände ist im Sinne der Unfallverhütungsvorschrift der gesamte unter der Verfügungsgewalt des Unternehmers stehende Bereich zu verstehen.

Zum Expositionsbereich 2 gehören z.B. Arbeitsstätten auf dem Betriebsgelände ohne spezielle Zugangsregelungen, in denen Versicherte in Durchführung ihrer Tätigkeit sich regelmäßig arbeitstäglich aufhalten, auch soweit sie nicht unmittelbar an den EM-Felder emittierenden Anlagen, Maschinen und Geräten tätig sind, sowie allgemein zugängliche Verkehrswege, Bereitstellungsflächen, Lagerflächen oder Sozialräume.

**6. Expositionsbereich 1 ist der Bereich, der kontrollierte Bereiche sowie Bereiche umfasst, in denen auf Grund der Betriebsweise oder auf Grund der Aufenthaltsdauer sichergestellt ist, dass eine Exposition oberhalb der zulässigen Werte von Expositionsbereich 2 nur vorübergehend erfolgt.**

„Kontrolliert“ bedeutet eine Zugangsregelung für Bereiche, die während des Betriebes betreten bzw. begangen werden müssen oder in denen sich Versicherte zur Durchführung von Arbeiten aufhalten. Zu solchen Bereichen zählen Arbeitsstätten, in denen Anlagen, Maschinen und Geräte betrieben werden, z.B. Diathermiegeräte, Mikrowellen-, Induktions- und Elektrolyseanlagen, aber auch abgeschlossene Betriebsstätten und Arbeitsstellen an Freileitungen, Freiluftanlagen und Sendeanlagen mit größeren Leistungen.

„Nur vorübergehende Exposition“ bedeutet, dass die Expositionszeiten weniger sind als im Mittel 8 Stunden täglich an 5 Tagen in der Woche bei 50 Wochen im Jahr.

**7. Bereich erhöhter Exposition ist ein kontrollierter Bereich, in dem die Werte des Expositionsbereiches 1 überschritten werden.**

Im Bereich erhöhter Exposition ist nur ein zeitlich begrenzter Aufenthalt befugter Personen gestattet (siehe auch Abschnitt 3.4). Bei der Festlegung der Werte für den Bereich erhöhter Exposition werden die in den abgeleiteten Werten für Expositionsbereich 1 enthaltenen Sicherheitsfaktoren verringert. Dies ist auf Grund der kontrollierten Expositionsbedingungen zulässig.

Für den Frequenzbereich von 0 Hz bis 91 kHz werden in der Unfallverhütungsvorschrift Aufenthaltsbeschränkungen von 2 Stunden pro Tag (2 h/d) festgelegt. Die jeweils zulässigen Werte sind in den Tabellen 2, 3, 5 und 6 der Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift enthalten.

Für hochfrequente Felder sind bei Ganzkörperexposition die zulässigen Werte für Expositionszeiten kleiner als 6 Minuten anzuwenden. Dabei ist die zulässige Expositionszeit in Abhängigkeit der realen Feldstärken gemäß Tabelle 9 der Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift unter Einhaltung der Spitzenwerte nach Tabelle 10 der Anlage 1 zu bestimmen. Bei Teilkörperexposition sind die Basiswerte nach Tabelle 1 der Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift anzuwenden.

**8. Gefahrbereich ist ein kontrollierter Bereich, in dem die Werte für Bereiche erhöhter Exposition überschritten werden.**

*Siehe Abschnitt 3.4 „Bereiche erhöhter Exposition, Gefahrbereiche“.*

## BGR B11

### 9. Schutzeinrichtungen sind elektrische oder mechanische Einrichtungen, die unzulässige Expositionen verhindern.

Die Schutzeinrichtungen

- müssen zwangsweise wirken,
- müssen stabil gebaut sein,
- dürfen keine zusätzlichen Gefahren verursachen,
- dürfen nicht auf einfache Weise umgangen oder unwirksam gemacht werden können.

*Siehe auch Betriebssicherheitsverordnung, Geräte- und Produktsicherheitsgesetz und die Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV A 3).*

## 3 Maßnahmen zur Verhütung von Gefahren für Leben und Gesundheit bei der Arbeit

### 3.1 Allgemeine Anforderungen

#### 3.1.1

#### Drittes Kapitel Maßnahmen zur Verhütung von Gefahren für Leben und Gesundheit bei der Arbeit

#### Erster Abschnitt Gemeinsame Bestimmungen

#### § 3 Allgemeine Anforderungen

(1) Soweit nichts anderes bestimmt ist, richten sich die Festlegungen dieses Kapitels an Unternehmer und Versicherte.

## 3.1.2

**(2) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass in Arbeitsstätten und an Arbeitsplätzen weder unzulässige Expositionen noch unzulässige mittelbare Wirkungen durch EM-Felder auftreten.**

Hierzu prüft der Unternehmer, inwieweit auf seinem Betriebsgelände unzulässige Expositionen durch EM-Felder auftreten können. Kann der Unternehmer dies nicht selbst tun, sollte er sich sachkundig beraten lassen.

*Siehe auch Abschnitt 3.7.2.*

Zur Beurteilung der Exposition sind die in Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift festgelegten zulässigen Werte für die einzelnen Expositionsbereiche heranzuziehen.

Die Festlegungen der Unfallverhütungsvorschrift sind unter Zugrundelegung der ungünstigsten Bedingungen (maximale Exposition) erfüllt, wenn die von den Basiswerten abgeleiteten Werte eingehalten werden. Die abgeleiteten Werte gelten für den unbesetzten Arbeitsplatz; die Einhaltung ist personenbezogen zu bewerten.

*Siehe Abschnitt 1.7 „Bewertungsverfahren“ des Anhanges 1.*

Eine Exposition kann den gesamten Körper oder nur Körperteile betreffen. Zur Beurteilung sind alle am Arbeitsplatz von Anlagen, Maschinen und Geräten emittierten EM-Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz zu berücksichtigen.

# BGR B11

## 3.2 Beurteilung der Expositionsbereiche

### 3.2.1

<b>§ 4 Beurteilung der Expositionsbereiche</b>
<p><b>(1) Der Unternehmer hat sicherzustellen, dass für Expositionsbereiche die zulässigen Werte in Anlage 1 nicht überschritten werden. Dazu hat er</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>die Expositionsbereiche festzulegen,</b></li><li>- <b>die auftretenden EM-Felder zu ermitteln,</b></li><li>- <b>die Beurteilung einer Exposition durch Vergleich mit den zulässigen Werten entsprechend Anlage 1 vorzunehmen.</b></li></ul>

Die Festlegung der Expositionsbereiche erfolgt unter Berücksichtigung der Nutzungsmerkmale und der vorhandenen Quellen. Dabei sind die Kriterien in den Begriffsbestimmungen zu berücksichtigen; siehe Abschnitt 2 Nr. 5 bis 8.

Die Exposition kann durch Berechnung, Messung (siehe Anhang 1 „Messverfahren“), Herstellerangaben oder Vergleich mit anderen Anlagen ermittelt werden. Ein Vergleich ist nur dann statthaft, wenn dies auf Grund von Anlagentyp und Randbedingungen begründbar ist.

### 3.2.2

<p><b>(2) Ist sichergestellt, dass die für den Expositionsbereich 2 zulässigen Werte nicht überschritten werden, sind Maßnahmen nicht erforderlich. § 12 bleibt hiervon unberührt.</b></p>
--

Ergibt die Untersuchung, dass die zulässigen Werte des Expositionsbereiches 2 nicht überschritten werden, sind weitere Maßnahmen nicht erforderlich. Dies bedeutet, dass die §§ 5 bis 16 – ausgenommen § 12 – der Unfallverhütungsvorschrift für den Betrieb dieser Anlagen nicht relevant sind. Insbesondere ist auch keine Dokumentation erforderlich.

Übliche Elektrowerkzeuge, Haushaltsgeräte, Geräte der Bürokommunikation insbesondere Bildschirmgeräte, Elektroanlagen in Gebäuden, Motoren und Pumpen mit niedriger Anschlussleistung lie-

gen mit ihren Emissionswerten weit unterhalb der zulässigen Werte für Expositionsbereich 2. Bei hohen Anschlussleistungen von elektrischen Anlagen, z.B. Hochspannungsschaltanlagen, Bahnanlagen, Motoren, Schweißgeräten, Induktionsanlagen, Galvaniken, Elektrolyseanlagen, Schmelzöfen oder Hochfrequenzanlagen, können die zulässigen Werte für Expositionsbereich 2 überschritten sein.

Da auch bei Feldstärken unterhalb der zulässigen Werte für den Expositionsbereich 2 mittelbare Wirkungen auftreten können, ist in jedem Fall Abschnitt 3.10 „Mittelbare Wirkungen“ zu beachten.

Besonders betroffen sind hier Personen mit Herzschrittmachern oder anderen aktiven oder passiven Körperhilfen.

### 3.2.3

**(3) Werden in festgelegten Expositionsbereichen die jeweils zulässigen Werte überschritten, so hat der Unternehmer umgehend Maßnahmen anzuwenden, die verhindern, dass unzulässige Expositionen auftreten.**

Maßnahmen zu diesem Zweck können sein:

- Sicherung der Gefahrenbereiche, z.B. durch Verriegelungen oder Verschluss dieser Bereiche mit entsprechenden organisatorischen Maßnahmen,
- Abschirmung, Abstand,
- Reduzierung der Leistung, Abschaltung,
- Begrenzung der Aufenthaltsdauer mit Zugangskontrollen,
- persönliche Schutzausrüstungen.

Technischen Maßnahmen ist grundsätzlich der Vorzug zu geben.

Persönliche Schutzausrüstungen und organisatorische Maßnahmen sind dann anzuwenden, wenn technische Maßnahmen nicht ausreichen oder nicht anwendbar sind.

## BGR B11

3.2.4

**(4) Nach Änderungen von Geräten und Anlagen, die feldrelevant sein können, hat eine erneute Beurteilung nach den Absätzen 1 bis 3 zu erfolgen.**

Feldrelevante Änderungen sind solche, die eine wesentliche Veränderung der Expositionsbedingungen nach sich ziehen.

### 3.3 Betriebsanweisungen

3.3.1

#### § 5 Betriebsanweisungen

**(1) Der Unternehmer hat für Anlagen und Geräte, deren EM-Felder die zulässigen Werte des Expositionsbereiches 2 überschreiten, Betriebsanweisungen aufzustellen. Diese müssen die für den sicheren Betrieb notwendigen Angaben enthalten und auf die Möglichkeit der Exposition durch EM-Felder hinweisen.**

Hier wird der Unternehmer verpflichtet, für Anlagen, Maschinen und Geräte, die EM-Felder erzeugen, Angaben zu machen, die spezielle Kriterien dieser Felder berücksichtigen, auf besondere Gefahren hinzuweisen sowie die Verwendung von geeigneten Schutz- und Hilfsmitteln oder persönlicher Schutzausrüstungen vorzuschreiben.

In der Regel enthält die Betriebsanleitung des Herstellers (Benutzerinformation) wichtige Hinweise für die Erstellung der Betriebsanweisung. Für Erprobung, Inbetriebnahme und Instandhaltung ist gegebenenfalls diese entsprechend zu ergänzen, oder es sind eigene Festlegungen zu treffen, um diese Arbeiten sicher durchführen zu können.

Soweit erforderlich, sind im Bedienbereich einer Anlage Auszüge aus den Betriebsanweisungen an gut sichtbarer Stelle auszuhängen.

*Beispiele für Betriebsanweisungen befinden sich in Anhang 5.*

3.3.2

**(2) Die Versicherten haben die in den Betriebsanweisungen enthaltenen Festlegungen zu befolgen.**

Wesentliche Grundlage für eine sichere Betriebsweise ist, dass die Versicherten die in den Betriebsanweisungen für diese Anlagen, Maschinen und Geräte getroffenen Festlegungen beachten.

*Siehe auch Abschnitt 3.8 „Unterweisung“.*

3.4

### **Bereiche erhöhter Exposition, Gefahrbereiche**

3.4.1

**§ 6**  
**Bereich erhöhter Exposition, Gefahrbereiche**

**(1) Der Unternehmer hat Bereiche erhöhter Exposition und Gefahrbereiche zu bestimmen. Er hat das Ergebnis zu dokumentieren.**

Bereiche erhöhter Exposition und Gefahrbereiche bedürfen einer besonderen Aufmerksamkeit und sind für den sicheren Betrieb von erheblicher Bedeutung. Aus diesem Grunde hat der Unternehmer die Bereiche erhöhter Exposition und die Gefahrbereiche zu ermitteln.

Die Ermittlung darf durch Messung, Rechnung oder Übertragung der Werte vergleichbarer Anlagen unter Zugrundelegung der ungünstigsten Betriebsbedingungen vorgenommen werden.

*Siehe Anhang 1 „Messverfahren“.*

Eine Dokumentation der Ergebnisse ist erforderlich, da die Möglichkeit einer Überprüfung gegeben sein muss.

*Siehe auch Abschnitt 3.7 „Prüfung“.*

## BGR B11

3.4.2

**(2) Der Unternehmer hat bei feldrelevanten Änderungen von Anlagen und Geräten die Bereiche erhöhter Exposition und die Gefahrenbereiche neu zu bestimmen. Er hat die Änderungen zu dokumentieren.**

*Siehe auch Abschnitt 3.2.4.*

3.4.3

**(3) Der Unternehmer hat Bereiche erhöhter Exposition zu kennzeichnen.**

Zum sicheren Betrieb von Anlagen, Maschinen und Geräten ist die Kennzeichnung der Bereiche erhöhter Exposition erforderlich.

*Siehe Abschnitt 3.5.*

3.4.4

**(4) Absatz 3 gilt nicht, wenn durch Konstruktion und Betriebsweise der Anlage die Sicherheit auf andere Art gewährleistet wird.**

Wird durch eine geeignete Verriegelung verhindert, dass diese Bereiche zugänglich sind, kann eine Kennzeichnung entfallen. Dies gilt auch, wenn durch Konstruktion und Anordnung der Anlagenteile ein entsprechender Schutz erreicht wird.

*Bei Mobilfunkbasisstationen siehe Abschnitt 3.5.4.*

3.4.5

**(5) Der Unternehmer hat Bereiche erhöhter Exposition so zu sichern, dass sich innerhalb dieser Bereiche während des Betriebes von Anlagen und Geräten keine unbefugten Personen aufhalten können.**

Die Sicherung von Bereichen erhöhter Exposition, z.B. durch Seile, Ketten, Leisten, kann durch entsprechende Sicherheitskennzeichnung sowie Unterweisung der Versicherten erreicht werden. In Sonderfällen kann es auf Grund besonderer Betriebsumstände er-

forderlich sein, solche Bereiche durch Verriegelungen oder Verschluss zu sichern.

3.4.6

**(6) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass in Bereichen erhöhter Exposition nur hierzu befugte Personen tätig werden, wenn**

- durch technische oder organisatorische Maßnahmen sichergestellt ist, dass die für Kurzzeit- und Teilkörperexposition geltenden zulässigen Werte nicht überschritten werden  
oder
- persönliche Schutzausrüstungen (siehe § 8) benutzt werden, die eine unzulässige Exposition verhindern.

Diese Bestimmung regelt das Betreten und den Zugang zu Bereichen erhöhter Exposition durch befugte Personen. Bei organisatorischen Maßnahmen ist zu empfehlen, eine angemessene Aufsichtsführung zu gewährleisten.

*Siehe auch Abschnitt 3.13.1 „Instandhaltung, Erprobung“.*

Sind organisatorische Maßnahmen nicht sicherzustellen, sind persönliche Schutzausrüstungen zu benutzen oder Maßnahmen an der Quelle vorzunehmen, z.B. Reduzierung der Leistung. Soweit erforderlich, ist abzuschalten.

3.4.7

**(7) Der Unternehmer hat Gefahrenbereiche zu kennzeichnen und durch dauerhafte Abgrenzungen oder Schutzeinrichtungen so zu sichern, dass während des Betriebes Personen nicht hineingreifen, hineingelangen oder sich darin aufhalten können. In abgeschlossenen Betriebsstätten, zu denen nur befugte Personen Zugang haben, ist eine Kennzeichnung des Gefahrenbereiches ausreichend.**

Das Sichern des Gefahrenbereiches bedeutet, dass dieser Bereich abgegrenzt und unter Verschluss gehalten wird. Die Abgrenzung des Gefahrenbereiches muss so weit entfernt erfolgen, dass der Gefahrenbereich nicht erreicht werden kann.

## BGR B11

*Siehe DIN EN 294 „Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen“.*

Werden Verriegelungen benutzt, um den Zugang zu Gefahrbereichen zu verhindern, müssen die entsprechenden Sicherheitsschaltungen mindestens die Anforderungen der Kategorie 3 nach DIN EN 954-1 „Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen; Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze“ erfüllen.

Kategorie 3 nach DIN EN 954-1 bedeutet:

Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen der Kategorie 3 müssen so gestaltet sein, dass ein einzelner Fehler in einem dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt, also „Einfehler-sicher“ ist.

In abgeschlossenen Betriebsstätten ist eine Kennzeichnung durch Sicherheitszeichen und erforderlichenfalls Warnleuchten ausreichend, wenn nur befugte Personen Zugang haben und entsprechende organisatorische Maßnahmen dies sicherstellen.

### 3.4.8

**(8) Ist ein Gefahrenbereich von der Betriebsweise der Anlage abhängig, so hat der Unternehmer durch ständige Kontrolle sicherzustellen, dass Versicherte nicht unzulässigen Expositionen ausgesetzt sind.**

Die ständige Kontrolle kann sich z.B. an der Betriebsweise der Anlage orientieren und entsprechend den Betriebsbedingungen kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Bei wechselnden Betriebsweisen ist insbesondere Abschnitt 3.5 zu beachten.

3.4.9

**(9) Ist ein Gefahrenbereich nicht eindeutig zu bestimmen oder zeitlichen Änderungen unterworfen, so hat der Unternehmer durch wiederholte Messungen der EM-Felder im Arbeitsbereich sicherzustellen, dass für die Versicherten keine unzulässige Exposition besteht.**

Auf wiederholte Messungen kann verzichtet werden, wenn der Gefahrenbereich unter Berücksichtigung aller bestimmungsgemäßen Betriebszustände gesichert ist.

3.4.10

**(10) Abweichend von Absatz 7 dürfen Versicherte in Gefahrenbereichen tätig werden, wenn durch geeignete persönliche Schutzausrüstungen eine unzulässige Exposition ausgeschlossen ist.**

*Siehe auch Abschnitt 3.6.*

3.5

### **Kennzeichnung und Abgrenzung**

3.5.1

#### **§ 7 Kennzeichnung und Abgrenzung**

**(1) Der Unternehmer hat sicherzustellen, dass die Kennzeichnung nach dieser Unfallverhütungsvorschrift deutlich erkennbar und dauerhaft durch Warn-, Hinweis- und Zusatzzeichen sowie Verbotsschilder und Warnleuchten erfolgt.**

Deutlich erkennbar bedeutet, dass diese von den entsprechenden Verkehrs- bzw. Arbeitswegen oder allen anderen Zugangsmöglichkeiten wahrgenommen werden können. Die dauerhafte Kennzeichnung verlangt, dass die Sicherheitszeichen nicht einfach entfernt oder durch Umgebungseinflüsse unkenntlich werden können.

Sicherheitszeichen sind entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ (BGV A 8) auszuführen.

## BGR B11

*Beispiele für Verbots-, Warn- und Hinweiszeichen in Expositionsbereichen siehe Anhang 4.*

3.5.2

**(2) Der Unternehmer hat sicherzustellen, dass Abgrenzungen nach dieser Unfallverhütungsvorschrift so ausgeführt sind, dass sie die erforderliche Sicherheit bieten.**

3.5.3

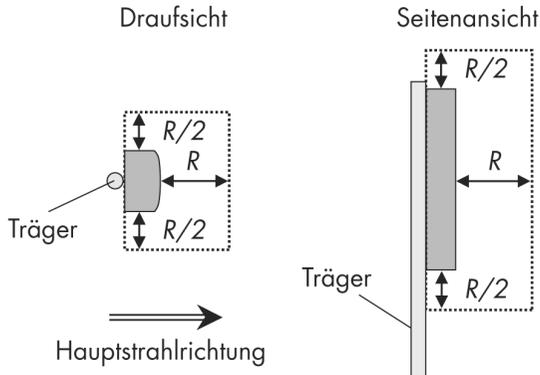
**(3) Müssen zur Durchführung von Arbeiten nach § 15 ständige Abgrenzungen entfernt werden, sind diese nach Beendigung der Arbeiten wieder anzubringen. Die zur Durchführung dieser Arbeiten nur vorübergehend angebrachten Abgrenzungen sind dagegen nach Beendigung der Arbeiten wieder zu entfernen. Erst danach dürfen die Anlagen vom Verantwortlichen wieder zum Betrieb freigegeben werden.**

Bei Abgrenzungen ist zu unterscheiden, ob es sich um ständige Schutzeinrichtungen handelt, oder solche, die nur vorübergehend, z.B. zur Durchführung von Instandhaltungsarbeiten, angebracht wurden.

### 3.5.4 **Besondere Hinweise für Mobilfunkbasisstationen nach GSM-, TETRA oder UMTS-Standard**

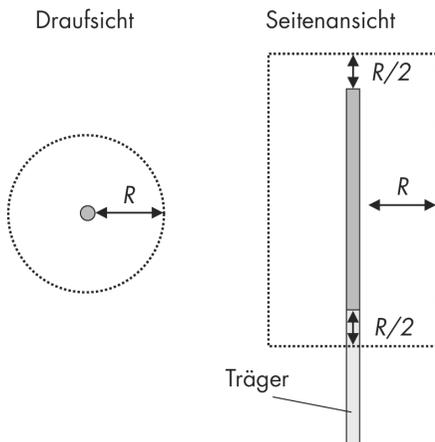
Für Mobilfunkanlagen nach GSM-, TETRA oder UMTS-Standard sind durch den Betreiber die Sicherheitsabstände zu bestimmen, in dem die Basiswerte nach Tabelle 1 der Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift sicher eingehalten werden. Üblicherweise beträgt bei Mobilfunkantennen der Sicherheitsabstand in Hauptstrahlrichtung 50 cm. Werden andere Funkanwendungen am gleichen Standort betrieben, so ist die Überlagerung der EM-Felder bei der Ermittlung des Sicherheitsabstandes zu berücksichtigen.

Aus dem Sicherheitsabstand in Hauptstrahlrichtung R (Bild 1) ergeben sich in andere Richtungen auf Grund der Richtstrahlcharakteristik von Mobilfunkantennen folgende Sicherheitsabstände als Funktion von R.



**Bild 1a:** Sicherheitsabstände für Richtantennen

Bei Rundstrahlantennen gilt der Sicherheitsabstand gleichmäßig um die Antenne:



**Bild 1b:** Sicherheitsabstände für Rundstrahlantennen

Weicht der Sicherheitsabstand in Hauptstrahlrichtung von 50 cm ab, muss bei Überschreitung grundsätzlich gekennzeichnet werden. Der erforderliche Sicherheitsabstand muss dann auf einem Hinweisschild angezeigt werden. Die Größe des Warnzeichens ist dem Sicherheitsabstand gemäß der Unfallverhütungsvorschrift „Si-

## BGR B11

cherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ (BGV A8) anzupassen.

Eine Kennzeichnung kann entfallen, wenn sich Versicherte in diesem Abstand ohne zusätzliche Hilfsmittel, z.B. Leiter, Gerüst, an den Antennen nicht aufhalten können. Andernfalls kann eine Kennzeichnung entfallen.

Eine Kennzeichnung der einzelnen Antennen ist nicht erforderlich, wenn eine Kennzeichnung im Zugangsbereich erfolgt.

### 3.6 Persönliche Schutzausrüstungen

#### 3.6.1

<b>§ 8</b> <b>Persönliche Schutzausrüstungen</b>
<b>(1) Der Unternehmer hat geeignete persönliche Schutzausrüstungen auszuwählen und den Versicherten zur Verfügung zu stellen.</b>

Persönliche Schutzausrüstungen sind geeignet, wenn bei ihrer Benutzung keine unzulässige Exposition auftreten kann. Hierzu gehören sowohl eine Prüfung durch den Benutzer auf äußerlich erkennbare Schäden und Mängel vor der Anwendung als auch eine regelmäßige Prüfung durch einen Sachkundigen im Hinblick auf die Beschaffenheitsanforderungen, eventuell durch eine entsprechende Prüfstelle.

Nicht für alle Anwendungsfälle sind persönliche Schutzausrüstungen verfügbar. Für elektrische Felder sind Schutzausrüstungen mit unterschiedlichen Dämpfungsfaktoren im gesamten Frequenzbereich erhältlich. Persönliche Schutzausrüstungen stehen für magnetische Felder nur eingeschränkt zur Verfügung, da diese für Frequenzen unterhalb ca. 10 MHz keine Schutzwirkung haben. Bei der Auswahl der persönlichen Schutzausrüstungen ist zu prüfen, ob der frequenzabhängige Dämpfungsfaktor die Schutzfunktion gewährleistet.

Beispiele:

- Metallisierte oder leitfähige Anzüge zum Arbeiten auf Potential in Hochspannungsanlagen.
- Schutzkleidung für hochfrequente EM-Felder. Siehe hierzu DIN 32780-100 „Schutzkleidung; Teil 100: Schutz gegen hochfrequente elektromagnetische Felder im Frequenzbereich 80 MHz bis 1 GHz; Anforderung und Prüfung“.
- Mikrowellen-Schutzbrillen.

3.6.2

**(2) Die Versicherten haben die zur Verfügung gestellten persönlichen Schutzausrüstungen zu benutzen.**

*Dies ergibt sich aus § 15 Arbeitsschutzgesetz und § 30 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A 1).*

3.7

## Prüfung

3.7.1

### § 9 Prüfung

**(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die Einhaltung der Festlegungen dieser Unfallverhütungsvorschrift wie folgt geprüft wird:**

- Vor der ersten Inbetriebnahme,
  - Nach einer wesentlichen Änderung oder Instandsetzung
- Und**
- In bestimmten Zeitabständen.

Die Prüfung vor der ersten Inbetriebnahme kann durch eine entsprechende Prüfbescheinigung des Herstellers oder Errichters nachgewiesen werden.

## BGR B11

3.7.2

**(2) Die Prüfung hat durch einen Sachkundigen zu erfolgen.**

Sachkundiger ist, wer auf Grund fachlicher Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der EM-Felder hat und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften und allgemein anerkannten Regeln der Technik (z.B. BG-Regeln, DIN-Normen, VDE-Bestimmungen, technische Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum) soweit vertraut ist, dass er den arbeitssicheren Zustand der Anlagen, Maschinen und Geräte beurteilen kann.

3.7.3

**(3) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die Prüf-  
fristen so bemessen sind, dass entstehende Mängel, mit denen  
gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden.**

Bei der Festlegung der Prüffristen sind die betriebsspezifischen Bedingungen und Prüfungen auf Grund anderer Vorschriften zu berücksichtigen. Als Richtwert gilt eine Prüffrist von 12 Monaten. Ein Richtwert wird angegeben, um dem Unternehmer einen Anhaltspunkt zu geben. Diese Prüffrist hängt von den betriebsspezifischen Beanspruchungen ab. Sie muss bei hohen Beanspruchungen verkürzt, kann aber bei geringen Beanspruchungen auch verlängert werden.

Für ortsfeste Anlagen, Maschinen und Geräte kann die regelmäßige Prüfung entfallen, wenn diese ständig überwacht werden. Anlagen gelten als ständig überwacht, wenn sie von Sachkundigen instandgehalten und durch messtechnische Maßnahmen im Rahmen des Betriebes geprüft werden.

**3.8 Unterweisung****3.8.1**

<b>§ 10 Unterweisung</b>
<b>(1) Der Unternehmer hat die Versicherten über die bei ihren Tätigkeiten auftretenden Gefahren sowie über die Maßnahmen zu ihrer Abwendung vor Beginn der Tätigkeit und danach in angemessenen Zeitabständen, mindestens jedoch einmal jährlich, zu unterweisen.</b>

*Siehe § 12 Arbeitsschutzgesetz.*

Die Unterweisung hat das Ziel, die Versicherten entsprechend ihrer Tätigkeit über die Gefahren durch EM-Felder in den verschiedenen Bereichen zu informieren und sie mit den vorhandenen Schutzeinrichtungen und mit den erforderlichen Schutzmaßnahmen vertraut zu machen, damit Schädigungen durch EM-Felder verhindert werden. Die Unterweisung ist mindestens jährlich durchzuführen.

Inhalt der Unterweisung sollte z.B. sein:

- Überblick über die betriebliche Arbeitsschutzorganisation,
- Sicherheitsgerechtes Verhalten am Arbeitsplatz,
- Schutzvorschriften und Betriebsanweisungen (siehe Abschnitt 3.3),
- EM-Felder und ihre Gefahren,
- Mittelbare und unmittelbare Wirkungen (siehe auch Abschnitt 3.10),
- Sonstige Gefährdungsmöglichkeiten und Nebenwirkungen (siehe Abschnitt 3.10),
- Schutzmaßnahmen, Schutzeinrichtungen und Kennzeichnung am Arbeitsplatz,
- Verhalten in den Bereichen erhöhter Exposition und in Gefahrbereichen,
- Einsatz von persönlichen Schutzausrüstungen (siehe Abschnitt 3.6),
- Kontrolle baulicher und technischer Schutzeinrichtungen,
- Verhalten im Schadensfall.

## BGR B11

Halten sich Versicherte nur kurzzeitig in den Bereichen erhöhter Exposition auf und befinden sie sich in Begleitung eines Aufsichtführenden, genügt eine Kurzunterweisung.

Aufsichtführender ist, wer die Durchführung von Arbeiten zu überwachen und für die betriebssichere Ausführung zu sorgen hat. Er muss hierfür ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen besitzen sowie weisungsbefugt sein.

### 3.8.2

**(2) Der Unternehmer hat Versicherte, die in Gefahrbereichen tätig sind, alle 12 Monate zu unterweisen. Die Unterweisungen sind zu dokumentieren.**

Tätigkeiten in Gefahrbereichen erfordern besondere Voraussetzungen und bedürfen besonderer Maßnahmen. Deshalb wird als Frist für die regelmäßige Unterweisung ein Richtwert von 12 Monaten festgelegt. Zusätzlich ist auf das spezielle Erfordernis hinsichtlich Verhalten und Nutzung von persönlichen Schutzausrüstungen hinzuweisen.

Die regelmäßige Unterweisung innerhalb von 12 Monaten kann auch durch eine Unterweisung vor Aufnahme der Tätigkeit im Gefahrbereich ersetzt werden.

Alle Unterweisungen, die Tätigkeiten im Gefahrbereich betreffen sowie solche über Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen und Notfallsituationen, sind mit Datum, Inhalt der Unterweisung, Namen der unterweisenden Person und Unterschrift der Unterwiesenen zu dokumentieren.

## 3.9 Anlagenspezifische Dokumentation

<b>§ 11</b> <b>Anlagenspezifische Dokumentation</b>
<b>Angaben zur Anlage in Bezug auf EM-Felder, zu Bereichen erhöhter Exposition und Gefahrenbereichen sowie zu feldrelevanten Änderungen und Prüfprotokolle sind vom Unternehmer während der Betriebszeit der Anlage zugänglich und mindestens 10 Jahre nach Außerbetriebstellung aufzubewahren.</b>

Entsprechende Daten dienen als Beleg für die Erfüllung der Fürsorgepflicht.

Zugänglich bedeutet, dass sich Sachkundige jederzeit über den Anlagenzustand informieren und der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung diese einsehen kann.

## 3.10 Mittelbare Wirkungen, Körperhilfsmittel

## 3.10.1

<b>Zweiter Abschnitt</b> <b>Besondere Festlegungen</b> <b>§ 12</b> <b>Mittelbare Wirkungen, Körperhilfsmittel</b>
<b>(1) Der Unternehmer hat durch technische Maßnahmen zu verhindern, dass Versicherte durch Energien gefährdet werden, die durch EM-Felder an elektrisch leitfähigen Gegenständen erzeugt werden.</b>

In leitfähige Gegenstände, z.B. Krane, Metallkonstruktionen, können durch EM-Felder Energien induziert bzw. influenziert werden. Eine daraus entstehende Gefährdung, z.B. durch Schreckreaktionen, kann verhindert werden, wenn die Körperströme und Berührungsspannungen aus solchen Quellen die in Tabelle 13 der Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift enthaltenen Werte nicht überschreiten.

## BGR B11

Die in Tabelle 13 der Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift enthaltenen Werte gelten nicht für Rohrleitungsnetze sowie Telekommunikationsleitungen, die als Bestandteil der Netze durch Starkstromanlagen der elektrischen Bahnen oder der Energieversorgung beeinflusst werden können. Diese unterliegen auf Grund der spezifischen Einkopplungsbedingungen einer besonderen Kontrolle. Detaillierte Angaben hierzu sind enthalten in DIN VDE 0228 sowie in den technischen Empfehlungen der „Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (SfB)“.

### 3.10.2

**(2) Besteht die Möglichkeit, dass Systeme infolge einer Beeinflussung durch EM-Felder versagen und dadurch Versicherte gefährdet werden, hat der Unternehmer dies durch technische oder organisatorische Maßnahmen zu verhindern.**

Anlagen, Maschinen und Geräte können bereits bei geringeren als den hier betrachteten Feldstärken gestört werden. Deshalb sind neben den zulässigen Werten der Unfallverhütungsvorschrift auch die Festlegungen des Gesetzes über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) zu beachten.

### 3.10.3

**(3) Für Personen mit aktiven oder passiven Körperhilfsmitteln sind besondere Maßnahmen erforderlich, durch die Funktionsstörungen der Körperhilfsmittel oder Schädigungen der Person verhindert werden. Der Unternehmer hat alle Versicherten auf solche möglichen Gefährdungen hinzuweisen. Versicherte haben den Unternehmer über eine Versorgung mit Körperhilfsmitteln zu informieren, damit der Unternehmer notwendige Maßnahmen ergreifen kann.**

Besondere Maßnahmen sind für Personen mit Körperhilfsmitteln erforderlich, da sich einerseits passive Implantate und das sie umgebende Körpergewebe unter Feldeinfluss erwärmen und die lokale Stromdichte im Gewebe erhöhen können und andererseits aktive Körperhilfsmittel, z.B. Herzschrittmacher, Insulinpumpen, in ihrer Funktion relevant gestört werden können.

Solche Maßnahmen sind vorzugsweise Zugangsbeschränkungen. Diese können durch eine generelle organisatorische Regelung für Personen mit Körperhilfen oder entsprechende Kennzeichnung der in Frage kommenden Bereiche realisiert werden.

Für Versicherte mit passiven Implantaten, z.B. künstliche Gelenke, Schädelplatten, sind Zugangsbeschränkungen im Allgemeinen nicht erforderlich, wenn die zulässigen Werte für Expositionsbereich 1 eingehalten sind. Für solche Versicherte ist der Zugang zu Bereichen erhöhter Exposition im Einzelfall zu regeln.

Versicherte, die aktive Körperhilfsmittel tragen, dürfen nur dann an Arbeitsplätzen uneingeschränkt beschäftigt werden, wenn der Hersteller die Störfestigkeit der Körperhilfsmittel für die einwirkenden Felder garantiert. Ist dies nicht gegeben, darf über die Beschäftigung nur nach messtechnischer Untersuchung und Bewertung des Arbeitsplatzes entschieden werden. Die Bewertung hat nach den Festlegungen des Anhanges 3 zu erfolgen.

### 3.11 Versuchsanlagen und ortsveränderliche Quellen

#### 3.11.1

#### § 13

#### Versuchsanlagen und ortsveränderliche Quellen

**(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass bei Versuchsanlagen und ortsveränderlichen Quellen Gefahrbereiche abgegrenzt, gekennzeichnet und durch rote Warnleuchten der Betriebszustand „EIN“ angezeigt werden.**

EM-Felder von Versuchsanlagen und ortsveränderlichen Quellen können ständigen Veränderungen unterworfen sein. Diesem Umstand ist bei Abgrenzung und Kennzeichnung Rechnung zu tragen. Es wird empfohlen zusätzlich durch grüne Signalleuchten anzuzeigen, wenn die entsprechende Feldquelle nicht in Betrieb, jedoch betriebsbereit ist.

## BGR B11

3.11.2

**(2) Der Unternehmer hat die Zugangsstellen zu Bereichen erhöhter Exposition zu kennzeichnen.**

*Siehe hierzu auch Abschnitt 3.5 und Anhang 4.*

Mobilfunkgeräte, Handfunksprechgeräte sowie alle drahtlos wirkenden Telekommunikationseinrichtungen, z.B. Fernsteuerungen, entsprechen den Anforderungen der Unfallverhütungsvorschrift, wenn sie gemäß den Anforderungen nach Artikel 3 der R&TTE-Richtlinie (1999/5/EC) der EU gefertigt wurden und die Konformität bescheinigt ist.

3.11.3

Handfunksprechgeräte sowie alle anderen drahtlos wirkenden Telekommunikationsgeräte mit Hochfrequenzleistungen (am Antennenfußpunkt) von  $P \leq 20$  mW entsprechen den Anforderungen der Unfallverhütungsvorschrift, da auf Grund der geringen Sendeleistungen eine SAR von 2 W/kg nicht überschritten wird.

3.12

### **Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern**

3.12.1

#### **§ 14**

#### **Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern**

**(1) Anstelle der nach § 4 zulässigen Werte dürfen bei hohen statischen Magnetfeldern die Werte nach Tabelle 1 der Anlage 2 zur Bewertung der Exposition von Versicherten zugrunde gelegt werden, wenn sichergestellt ist, dass zusätzlich die Festlegungen der Absätze 2 bis 8 erfüllt sind.**

Hohe statische Magnetfelder sind solche, deren Werte die zulässigen Werte des Expositionsbereichs 1 überschreiten.

Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern können z.B. Magnetresonanz-Tomographen, MR-Spektroskopieanlagen, Beschleuniger, Galvanik- und Elektrolyseanlagen sein.

Die zulässigen Werte für statische Magnetfelder im Expositionsbereich 1 wurden auf Grund der Kraftwirkung auf metallische Gegenstände festgelegt.

Deshalb können für statische Magnetfelder höhere Werte, die sich an der Reizschwelle orientieren, zugelassen werden, wenn durch die angegebenen Maßnahmen Gefährdungen durch Kraftwirkungen verhindert werden.

3.12.2

**(2) Der Unternehmer hat sicherzustellen, dass Gefährdungen durch Kraftwirkungen statischer Magnetfelder verhindert sind.**

Maßnahmen, die geeignet sind, das sicherheitsbewusste Verhalten zu unterstützen oder Gefährdungen zu verhindern, müssen genutzt werden. Dazu gehören z.B.:

- Personen- und Materialschleusen mit automatischen Kontrollen, z.B. auf Metallteile,
- Benutzung nichtmagnetischer Werkzeuge,
- Unterteilungen der Räume nach Bereichen, für die bestimmte Aufenthalts- und Zutrittsbeschränkungen bestehen,
- Zusammenlegen der Grenzen solcher Bereiche mit Raumwänden,
- auffallende Farbgebung an den Wänden und Markierung auf dem Boden als Ergänzung von Warn- und Hinweiszeichen,
- Warnsignale bei ungewöhnlichen Betriebszuständen.

3.12.3

**(3) Der Unternehmer hat Bereiche, in denen die zulässigen Werte nach Anlage 2 zur Anwendung kommen, gegen unbefugtes Betreten zu sichern.**

Der Unternehmer hat dies durch Maßnahmen, z.B. Zugangsbeschränkungen, zu regeln.

## BGR B11

3.12.4

**(4) Versicherte dürfen in diesen Bereichen nur tätig werden, wenn dies für sie gefahrlos möglich ist.**

Der Aufenthalt für Versicherte ist als gefahrlos anzusehen, wenn keine gesundheitlichen Bedenken vorliegen. Die gesundheitliche Unbedenklichkeit ist durch medizinische Beurteilung festzustellen.

3.12.5

**(5) Der Unternehmer hat die Versicherten über die besonderen Wirkungen, z.B. Kraftwirkungen und Wirkungen auf elektronische und medizinische Geräte, zu unterweisen.**

*Siehe auch Abschnitt 3.8.*

3.12.6

**(6) Der Unternehmer hat auf die besonderen Wirkungen und Gefährdungen durch Kennzeichnung hinzuweisen.**

Zur Kennzeichnung sind die in Anhang 4 dargestellten Warn-, Hinweis- und Verbotsschilder zu benutzen.

3.12.7

**(7) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass bei Versicherten mit aktiven oder passiven Körperhilfsmitteln sowie ferromagnetischen oder leitfähigen Fremdkörpern individuell über den Einsatz entschieden wird.**

*Siehe auch Abschnitt 3.10.3.*

3.12.8

**(8) Der Unternehmer hat für Versicherte nach Absatz 7 eine eindeutige Zugangsregelung zu treffen. Er hat die Grenzen der zulässigen Aufenthaltsbereiche deutlich zu kennzeichnen.**

Für Personen mit Herzschrittmacher ist die Grenze des Aufenthaltsbereichs auf der Basis eines zulässigen Wertes von 0,7 mT festgelegt. Die Kennzeichnung kann in Form einer Linie gleicher magne-

fischer Flussdichte (0,7 mT) oder durch Sicherheitskennzeichnung vorgenommen werden. Für andere aktive Körperhilfsmittel ist in Abhängigkeit von deren Störfähigkeit eine Festlegung im Einzelfall zu treffen.

*Für passive Körperhilfsmittel siehe auch Abschnitt 3.10.3.*

### 3.13 Instandhaltung, Erprobung

#### 3.13.1

<b>§ 15</b> <b>Instandhaltung, Erprobung</b>
<b>(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Instandhaltungsarbeiten nach den Festlegungen in der Betriebsanweisung durchgeführt werden.</b>

Instandhaltung umfasst Wartung, Inspektion und Instandsetzung; siehe auch DIN 31051 „Grundlagen der Instandhaltung“.

Die Forderung nach einer Betriebsanweisung (siehe Abschnitt 3.3) ist begründet, da Instandhaltungsarbeiten in der Regel unter nicht betriebsmäßigen Abläufen vorgenommen werden. Die Betriebsanweisung sollte auch die Forderung enthalten, dass die erforderlichen technischen Einrichtungen vorhanden sind, um Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten sicher durchführen zu können und die Versicherten speziell für diese Arbeiten unterwiesen sind.

#### 3.13.2

<b>(2) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Instandhaltungsarbeiten im Bereich erhöhter Exposition nur unter entsprechender Aufsicht eines Sachkundigen durchgeführt werden.</b>
---

Die Forderung nach einer entsprechenden Aufsicht ist in Anlehnung an die Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV A3) zu sehen. Eine entsprechende Aufsicht kann je nach Art, Umfang und Schwierigkeitsgrad der Arbeiten bedeuten, dass eine Beaufsichtigung oder Aufsichtsführung zu gewährleisten ist.

## BGR B11

Die Aufsicht durch einen Sachkundigen bedeutet, dass dieser mitarbeiten darf, dies jedoch nur in dem Maße, dass er in der Aufsichtführung nicht behindert wird.

3.13.3

**(3) Sind Instandhaltungsarbeiten im Gefahrenbereich unumgänglich, so hat der Unternehmer dafür zu sorgen, dass**

- die EM-Felder durch Maßnahmen an der Quelle reduziert werden oder, wenn dies aus technischen Gründen nicht möglich ist, persönliche Schutzausrüstungen benutzt werden und
- im Gefahrenbereich Versicherte vor Arbeitsbeginn eingewiesen und durch einen Aufsichtführenden beaufsichtigt werden.

Beaufsichtigung bedeutet, dass zwingend eine zweite Person anwesend ist, die nicht mitarbeitet, sondern nur die mit den Arbeiten beschäftigten Personen beaufsichtigt und darauf achtet, dass die Sicherheitsmaßnahmen eingehalten sind. Die mit der Beaufsichtigung beauftragte Person darf nur Tätigkeiten ausführen, die sie in ihrer Beaufsichtigung nicht beeinträchtigt.

Aufsichtführender ist, wer die Arbeiten zu überwachen und für ihre sichere Durchführung zu sorgen hat. Er muss hierfür ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen besitzen sowie weisungsbefugt sein.

3.13.4

**(4) Für Erprobungen sind die Absätze 1 bis 3 sinngemäß anzuwenden.**

4

### **Zeitpunkt der Anwendung**

Diese BG-Regel ist anzuwenden ab Oktober 2001, soweit nicht Inhalte dieser BG-Regel nach geltenden Rechtsnormen oder als allgemein anerkannte Regeln der Technik bereits zu beachten sind.

**Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift**

**Zulässige Werte für EM-Felder**

Als zulässige Werte werden Basis- und abgeleitete Werte für die verschiedenen Expositionsbereiche angegeben. Diese gelten für sinusförmige periodische Vorgänge einer Frequenz. Für gepulste EM-Felder und Anwendung der Basiswerte siehe Abschnitte 3 und 4.

Die zulässigen Werte für **Expositionsbereich 1** orientieren sich am Konzept der Vermeidung von Gefährdungen unter Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren. Es sind Effekte berücksichtigt, wie Reizung von Sinnesorganen, Nerven- und Muskelzellen, Beeinflussung der Herzaktion und Wärmeeffekte. Die Werte gelten längstens für eine Arbeitsschicht.

Für den **Expositionsbereich 2** gelten Werte, die auf Grund der allgemeinen Zugänglichkeit und zur Vermeidung möglicher Belästigungen zusätzliche Sicherheitsfaktoren berücksichtigen.

**1 Basiswerte für unmittelbare Wirkungen**

Als Basiswerte für unmittelbare Wirkungen sind die in Tabelle 1 angegebenen Grenzwerte festgelegt.

Frequenzbereich	Effektivwert der elektrischen Stromdichte $J$ in $A/m^2$ (1)	Spezifische Absorptionsrate SAR in $W/kg$ (4)			Spezifische Absorption für Impulsfelder SA in $J/kg$ (5), (6)	Leistungs-dichte $S$ in $W/m^2$ (7), (8)
		Ganzkörper-mittelwert	Lokale SAR (5)			
			Kopf und Rumpf	Glied-maßen		
> 0 – 1 Hz	0,040	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
1 – 4 Hz	$0,040 / f$ (2)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
4 – 1 000 Hz	0,010	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
1 – 100 kHz	$f / 100$ (3)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
0,1 – 10 MHz	$f / 100$ (3)	0,4	10	20	(-)	(-)
0,01 – 10 GHz	(-)	0,4	10	20	0,01	(-)
10 – 300 GHz	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	50

(1) Über jedes Flächenelement von  $1\text{ cm}^2$  senkrecht zur Stromrichtung sowie über jedes Zeitintervall von  $1\text{ s}$  zu mitteln; (2)  $f$  in Hz; (3)  $f$  in kHz; (4) Über jedes 6 Minuten-Intervall arithmetisch zu mitteln; (5) Mittelungsmasse  $10\text{ g}$ ; (6) Trägerfrequenz  $f > 300\text{ MHz}$  und Pulslänge  $T < 30\text{ }\mu\text{s}$ ; (7) Über jedes Flächenelement von  $20\text{ cm}^2$  und jedes Zeitintervall von jeweils  $68/f^{1,05}$ -Minuten ( $f$  in GHz) zu mitteln; (8) Die maximale örtliche Leistungsdichte gemittelt über jedes Flächenelement von  $1\text{ cm}^2$  darf  $1\text{ kW/m}^2$  nicht überschreiten; (-) bei diesen Frequenzen nicht relevant

**Tabelle 1:** Basiswerte für unmittelbare Wirkungen

# BGR B11

## 2 Abgeleitete Werte

Die abgeleiteten Werte sind so festgelegt, dass selbst unter Zugrundelegung der ungünstigsten Expositionsbedingungen der EM-Felder die Basiswerte nicht überschritten werden. Die abgeleiteten Werte für den Expositionsbereich 1 und Expositionsbereich 2 wurden dabei unter Berücksichtigung verschiedener Sicherheitsfaktoren aus den Basiswerten der Tabelle 1 berechnet.

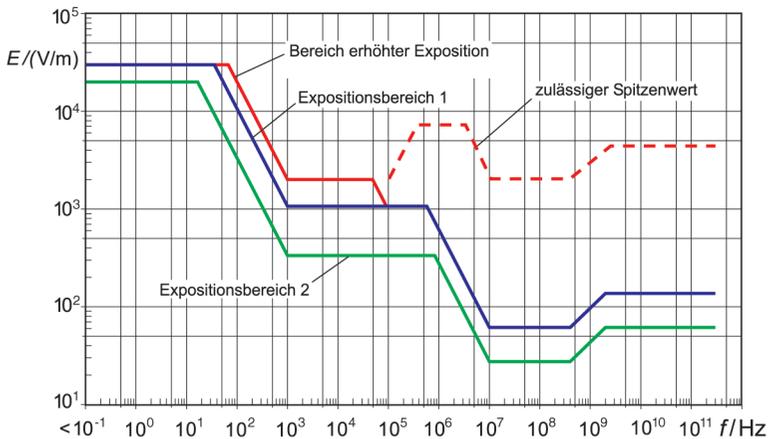
### **Erläuterung zu Abschnitt 2 der Anlage zur Unfallverhütungsvorschrift:**

*Die in den Tabellen angegebenen Werte gelten für Ganzkörperexposition.*

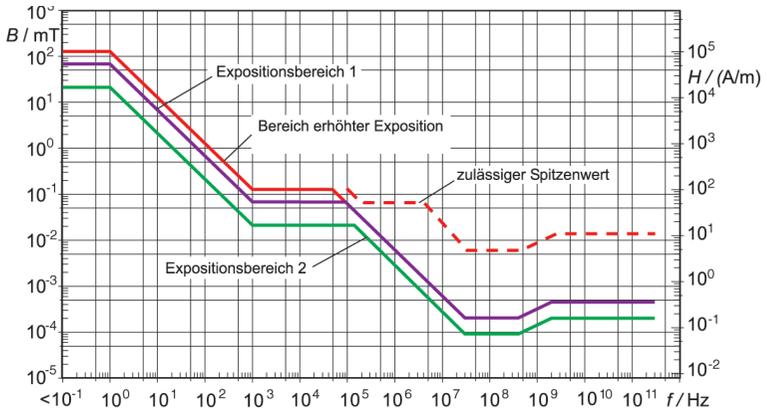
Die abgeleiteten Werte sind grundsätzlich einzuhalten. Sie dürfen überschritten werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Basiswerte nicht überschritten werden.

Die Einhaltung der abgeleiteten Werte gewährleistet nicht zwangsläufig die Sicherheit von Trägern aktiver elektronischer Körperhilfsmittel.

Die Bilder 1 und 2 enthalten die graphische Darstellung der abgeleiteten Werte.



**Bild 1:** Zulässige Werte der elektrischen Feldstärke in den Expositionsbereichen 1 und 2 sowie im Bereich erhöhter Exposition



**Bild 2:** Zulässige Werte der magnetischen Flussdichte in den Expositionsbereichen 1 und 2 sowie im Bereich erhöhter Exposition

2.1 **Abgeleitete Werte im Frequenzbereich 0 Hz bis 29 kHz**

2.1.1 **Zulässige Werte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition**

Bei der Festlegung der Werte für kurze Expositionszeiten werden die Sicherheitsfaktoren der abgeleiteten Werte für Expositionsbereich 1 verringert. Dies ist auf Grund der Größe der Sicherheitsfaktoren und der kontrollierten Expositionsbedingungen zulässig. Zur Begrenzung von Sekundäreffekten darf beim elektrischen Feld ein Wert von 30 kV/m nicht überschritten werden.

Frequenzbereich $f/\text{Hz}$	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in kV/m	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
0 – 35,53	30	30
35,53 – 66,67	$1\,066 / f$	30
66,67 – 1 000	$1\,066 / f$	$2\,000 / f$
1 000 – 29 000	1,066	2

**Tabelle 2:** Effektivwerte der elektrischen Feldstärke im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

## BGR B11

Der zulässige Wert der magnetischen Flussdichte im Frequenzbereich 0 Hz bis 1 Hz des Expositionsbereiches 1 ist auf Grund von Induktionswirkungen auf bewegte leitfähige Körper im Magnetfeld festgelegt worden. Zusätzlich ist in diesem Frequenzbereich die Kraftwirkung auf ferromagnetische Teile zu berücksichtigen.

Frequenzbereich $f/\text{Hz}$	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in mT <sup>(1)</sup>	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition
<b>0</b> – <b>1</b> 1 – 1 000 1 000 – 29 000	<b>67,9</b> <sup>(2)</sup> $67,9 / f$ $67,9 \cdot 10^{-3}$	<b>127,3</b> <sup>(2)</sup>  $127,3 / f$ $127,3 \cdot 10^{-3}$
<sup>(1)</sup> Über Flächenelemente von 100 cm <sup>2</sup> zu mitteln <sup>(2)</sup> Werte oberhalb von 67,9 mT dürfen nur unter Beachtung von § 14 angewendet werden.		

**Tabelle 3:** Effektivwerte der magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Für Extremitäten dürfen die in Tabelle 3 angegebenen Werte für Magnetfelder um den Faktor 2,5 überschritten werden.

### 2.1.2 Zulässige Werte im Expositionsbereich 2

Frequenzbereich $f/\text{Hz}$	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in kV/m	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in mT <sup>(1)</sup>
<b>0</b> – <b>1</b> 1 – 16,67 16,67 – 1 000 1 000 – 29 000	20 20 $333,3 / f$ $333,3 \cdot 10^{-3}$	<b>21,22</b> $21,22 / f$ $21,22 / f$ $21,22 \cdot 10^{-3}$
<sup>1)</sup> Über Flächenelemente von 100 cm <sup>2</sup> zu mitteln		

**Tabelle 4:** Effektivwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 2

**2.2 Übergangsbereich 29 kHz bis 91 kHz**

Die Festlegungen für diesen Frequenzbereich berücksichtigen den Übergang von niederfrequenten Reizwirkungen zu hochfrequenten Wärmewirkungen.

**2.2.1 Zulässige Werte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition**

Frequenzbereich <i>f</i> / kHz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in kV/m	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition
29 – 48,5	1,066	2
48,5 – 91	1,066	97 / <i>f</i>

**Tabelle 5:** Effektivwerte der elektrischen Feldstärke im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Frequenzbereich <i>f</i> / kHz	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in $\mu\text{T}$ <sup>(1)</sup>	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition
29 – 48,5	67,9	127,3
48,5 – 91	67,9	6 176 / <i>f</i>
<sup>(1)</sup> Über Flächenelemente von 100 cm <sup>2</sup> zu mitteln		

**Tabelle 6:** Effektivwerte der magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

# BGR B11

## 2.2.2 Zulässige Werte im Expositionsbereich 2

Frequenzbereich $f$ / kHz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in V/m	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in $\mu\text{T}$ <sup>(1)</sup>
29 – 91	333,3	21,22
<sup>(1)</sup> Über Flächenelemente von 100 cm <sup>2</sup> zu mitteln		

**Tabelle 7:** Effektivwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 2

## 2.3 Abgeleitete Werte im Frequenzbereich 91 kHz bis 300 GHz

Für Expositionszeiten  $t \geq 6$  Minuten (Dauerexposition) gelten die Werte nach Tabelle 8 bzw. 11. Dabei ist über jedes 6-Minuten-Intervall zu mitteln.

Neben der Angabe von zulässigen Werten für Dauerexposition sind für Expositionszeiten  $t < 6$  Minuten wegen der Thermoregulation des Körpers höhere Werte zulässig. Diese sind für jeden Einzelfall mit den in der Tabelle 9 enthaltenen Formeln zu bestimmen. Bei Anwendung der Werte der Tabelle 9 ist zusätzlich sicherzustellen, dass die Spitzenwerte nach Tabelle 10 nicht überschritten werden.

2.3.1 **Zulässige Werte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition**

Frequenzbereich <i>f</i> / MHz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in V/m	Effektivwert der magnetischen Feldstärke in A/m	Mittelwert der Leistungsdichte in W/m <sup>2</sup>
0,091 – 0,576	1 066	4,9 / <i>f</i>	(-)
0,576 – 10	614 / <i>f</i>	4,9 / <i>f</i>	(-)
10 – 30	61,4	4,9 / <i>f</i>	(-)
30 – 400	61,4	0,163	10
400 – 2 000	3,07 · √ <i>f</i>	8,14 · √ <i>f</i> · 10 <sup>-3</sup>	<i>f</i> / 40
2 000 – 300 000	137,3	0,364	50

**Tabelle 8:** Werte im Expositionsbereich 1 bei Expositionszeiten ≥ 6 Minuten

Frequenzbereich <i>f</i> / MHz	Höchstwert von $\sum E_i^2 \cdot t_i$ in (V/m) <sup>2</sup> · min	Höchstwert von $\sum H_i^2 \cdot t_i$ in (A/m) <sup>2</sup> · min	Höchstwert von $\sum S_i \cdot t_i$ in (W/m <sup>2</sup> ) · min
1 – 10	2,26 · 10 <sup>6</sup> / <i>f</i> <sup>2</sup>	143 / <i>f</i> <sup>2</sup>	(-)
10 – 30	22,6 · 10 <sup>3</sup>	143 / <i>f</i> <sup>2</sup>	(-)
30 – 400	22,6 · 10 <sup>3</sup>	0,16	60
400 – 2 000	56,5 · <i>f</i>	0,4 · 10 <sup>-3</sup> · <i>f</i>	0,15 · <i>f</i>
2 000 – 300 000	113 · 10 <sup>3</sup>	0,8	300

*E<sub>i</sub>, H<sub>i</sub>* gemessener oder berechneter Effektivwert der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärke während des *i*-ten Intervalls  
*S<sub>i</sub>* gemessener oder berechneter Mittelwert der Leistungsdichte während des *i*-ten Intervalls  
*t<sub>i</sub>* Dauer des *i*-ten Intervalls

**Tabelle 9:** Werte im Bereich erhöhter Exposition (Expositionszeiten < 6 Minuten)

## BGR B11

Frequenzbereich $f$ / MHz	Spitzenwert der elektrischen Feld- stärke in V/m	Spitzenwert der magnetischen Feld- stärke in A/m	Spitzenwert der Leistungsdichte in $W/m^2$
0,091 – 0,1	2 222	$10 / f$	(-)
0,1 – 0,2	$22\ 222 \cdot f$	$10 / f$	(-)
0,2 – 0,3	$22\ 222 \cdot f$	50	(-)
0,3 – 3	6 667	50	(-)
3 – 10	$20\ 000 / f$	$150 / f$	(-)
10 – 30	2 000	$150 / f$	(-)
30 – 400	2 000	5	10 000
400 – 2 000	$100 \cdot \sqrt{f}$	$0,25 \cdot \sqrt{f}$	$25 \cdot f$
2 000 – 300 000	4 472	11,2	50 000

**Tabelle 10:** Spitzenwerte im Bereich erhöhter Exposition  
(Expositionszeiten < 6 Minuten)

### 2.3.2 Zulässige Werte im Expositionsbereich 2

Frequenzbereich $f$ / MHz	Effektivwert der elektrischen Feld- stärke in V/m	Effektivwert der magnetischen Feldstärke in A/m	Mittelwert der Leistungs- dichte in $W/m^2$
0,091 – 0,14	333,3	16,8	(-)
0,14 – 0,826	333,3	$2,35 / f$	(-)
0,826 – 10	$275 / f$	$2,35 / f$	(-)
10 – 30	27,5	$2,35 / f$	(-)
30 – 400	27,5	0,073	2
400 – 2 000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$3,64 \cdot \sqrt{f} \cdot 10^{-3}$	$f / 200$
2 000 – 300 000	61,5	0,163	10

**Tabelle 11:** Werte im Expositionsbereich 2 bei Expositionszeiten  
 $\geq 6$  Minuten

**2.3.3 Zulässige Werte für hochfrequente Ströme im Frequenzbereich 10 MHz bis 110 MHz**

Im Frequenzbereich von 10 MHz bis 110 MHz können im menschlichen Körper hochfrequente Ströme eingekoppelt werden, durch die die SAR-Werte in den Extremitäten überschritten werden können. Aus diesem Grund werden zusätzlich zu den Feldstärken die Ströme durch die Extremitäten begrenzt.

Expositionsbereich	Zulässiger Strom in mA
Expositionsbereich 1	100
Expositionsbereich 2	45

**Tabelle 12:** Zulässige Werte für eingekoppelte hochfrequente Ströme

**2.3.4 Bewertung der Exposition bei elektromagnetischen Feldern mit mehreren Frequenzen**

In elektromagnetischen Feldern unterschiedlicher Frequenzen werden unzulässige Expositionen im Frequenzbereich von 91 kHz bis 300 GHz vermieden, wenn die nachfolgenden Bedingungen eingehalten sind.

$$\sum_K \left( \frac{E_k}{E_{\alpha,k}} \right)^2 \leq 1; \sum_K \left( \frac{H_k}{H_{\alpha,k}} \right)^2 \leq 1; \sum_K \frac{S_k}{S_{\alpha,k}} \leq 1$$

Darin bedeuten:

$E_k, H_k$  gemessene oder berechnete spektrale Effektivwerte der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärken gemittelt über jedes 6-Minuten-Intervall

$S_k$  Mittelwert der Leistungsdichte gemittelt über jedes 6-Minuten-Intervall

$E_{\alpha,k}, H_{\alpha,k}, S_{\alpha,k}$  zulässige Werte der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärken und der Leistungsdichte nach Tabelle 8 und 11.

# BGR B11

## 2.4 Zulässige Werte für mittelbare Wirkungen

Die zulässigen Werte für Körperströme und Berührungsspannungen sind in Tabelle 13 angegeben.

Frequenz $f$	Zulässiger Körperstrom in mA	Zulässige Berührungsspannung in V
0 Hz	10	60
$1 \text{ Hz} \leq f < 100 \text{ Hz}$	3,5	25
$100 \text{ Hz} \leq f < 2 \text{ kHz}$	$1,75 \cdot (f / \text{kHz}) + 3,3$	25
$2 \text{ kHz} \leq f < 3,8 \text{ kHz}$	$1,4 \cdot (f / \text{kHz}) + 4,2$	25
$3,8 \text{ kHz} \leq f < 12 \text{ kHz}$	$1,4 \cdot (f / \text{kHz}) + 4,2$	$1,05 \cdot (f / \text{kHz}) + 20,5$
$12 \text{ kHz} \leq f < 28 \text{ kHz}$	$1,75 \cdot (f / \text{kHz})$	$1,05 \cdot (f / \text{kHz}) + 20,5$
$28 \text{ kHz} \leq f < 100 \text{ kHz}$	50	$1,05 \cdot (f / \text{kHz}) + 20,5$
$100 \text{ kHz} \leq f < 1 \text{ MHz}$	50	125

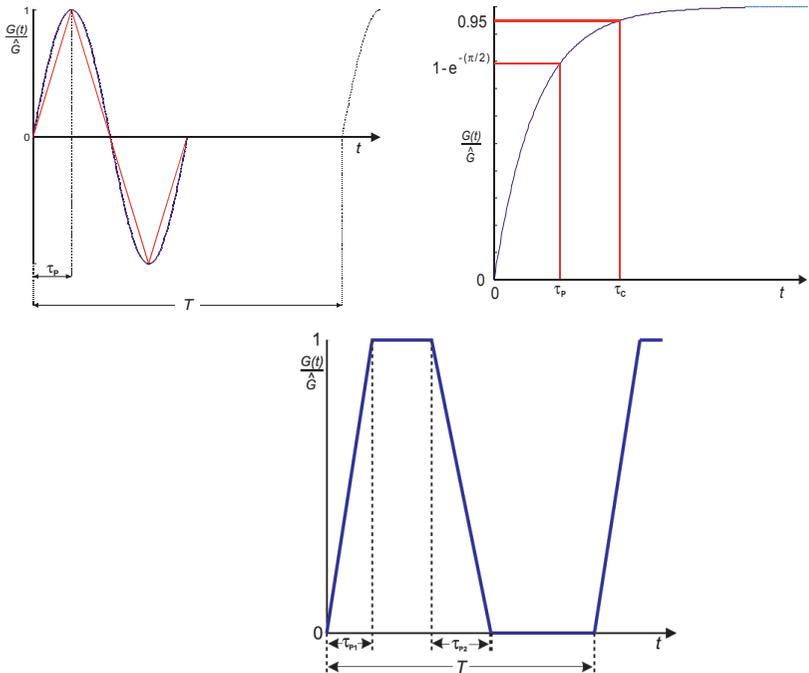
**Tabelle 13:** Zulässige Körperströme und Berührungsspannungen

Die in Tabelle 13 enthaltenen Werte für zulässige Körperströme und für zulässige Berührungsspannungen gelten nicht für die Beeinflussung von Rohrleitungsnetzen und Netzen der Telekommunikation bzw. der Signaltechnik, in die durch parallel verlaufende Starkstromanlagen der Bahn und der elektrischen Energieversorgung Spannungen eingekoppelt werden.

## 3 Gepulste Felder

Für gepulste Felder, die aus einer zeitlichen Abfolge von sinus-, trapez-, dreieckförmigen oder exponentiellen Einzel- oder Mehrfachpulsen und Pausen oder Gleichfeldanteilen bestehen, kann eine vereinfachte Bewertung mit den Festlegungen der nachfolgenden Abschnitte vorgenommen werden.

3.1 Frequenzbereich 0 Hz bis 91 kHz



$G$	Anstelle der Größe $G$ sind die elektrische Feldstärke $E$ , die magnetische Feldstärke $H$ oder die magnetische Flussdichte $B$ einzusetzen. $G(t)$ bezeichnet die Zeitfunktion, $\hat{G}$ den Spitzenwert.
$T$	Zeitliche Dauer eines Impulses bzw. Impulszuges mit anschließender Pause.
$T_i$	Integrationszeit, wobei gilt: $T_i = \begin{cases} T & \text{für } T \leq 1\text{ s} \\ 1\text{ s} & \text{sonst} \end{cases}$
$\tau_p$	Zeitdauer einer Feldänderung bei sinus-, dreieck- oder trapezförmigen Signalverläufen von Null auf den positiven oder negativen Spitzenwert bzw. vom positiven oder negativen Spitzenwert auf Null. Die Ermittlung von $\tau_p$ bei exponentiellen Signalverläufen ist gemäß obiger Abbildung vorzunehmen. Sind die einzelnen Zeitdauern $\tau_{pi}$ unterschiedlich, so sind alle diese Werte $\tau_{pi}$ für die weiteren Berechnungen heranzuziehen.

## BGR B11

$\tau_{pmin}$	Kleinster Wert aller Zeitdauern $\tau_{pi}$ : $\tau_{pmin} = \min(\tau_{pi})$
$\tau_C$	Hilfsgröße zur Beschreibung exponentieller Signalverläufe. Sind die einzelnen Zeitdauern $\tau_{Ci}$ unterschiedlich, so sind alle diese Werte $\tau_{Ci}$ für die weiteren Berechnungen heranzuziehen.
$\tau_D$	Zeitliche Summe aller Feldänderungen $i$ im Zeitintervall $T_i$ . Es gilt für: – sinus-, dreieck- und trapezförmige Signalverläufe: $\tau_D = \sum_i \tau_{pi}$ – exponentielle Signalverläufe: $\tau_D = \sum_i \tau_{Ci}$
$f_p$	Frequenz der Feldänderung, wobei gilt: $f_p = \frac{1}{4 \cdot \tau_{pmin}}$
$V$	Gewichtungsfaktor, wobei gilt: $\begin{cases} \sqrt{T_i / \tau_D} & \text{für } \sqrt{T_i / \tau_D} \leq V_{max} \\ V_{max} & \text{sonst} \end{cases}$
$V_{max}$	maximaler Gewichtungsfaktor. Grundsätzlich gilt: $V_{max} = 8$ .

Unter folgenden Voraussetzungen kann beim Betrieb von Magnetresonanz-Anlagen in Wissenschaft und Forschung und bei medizinischen Anwendungen der maximale Gewichtungsfaktor vergrößert werden, wenn

- die verbindlichen Beschaffenheitsanforderungen nationaler Rechtsvorschriften, die einschlägige Gemeinschaftsvorschriften umsetzen, von der Anlage erfüllt werden,
- für die Arbeitsplätze Gefährdungsanalysen nach dem Arbeitsschutzgesetz unter besonderer Beachtung der Gefahren durch EM-Felder durchgeführt und dokumentiert werden,
- die notwendigen Schutzmaßnahmen getroffen sind,
- sie unter fachkundiger ärztlicher Aufsicht oder in Anwesenheit eines Sachkundigen durchgeführt werden.

Die Werte für die zulässigen zeitlichen Änderungen der magnetischen Flussdichte für gepulste Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 91 kHz sind in der Tabelle 14 angegeben. Gleichzeitig dürfen die in Tabelle 15 angegebenen, jeweils über die Zeitdauer  $t_{pmin}$  gemittelten Werte der zeitlichen Änderungen der magnetischen Flussdichte nicht überschritten werden.

Frequenzbereich $f_p$ / Hz	Maximal zulässige zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte in T/s	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
0 – 1	$0,6 \cdot f_p \cdot V$	$1,1 \cdot f_p \cdot V$
1 – 1 000	$0,6 \cdot V$	$1,1 \cdot V$
1 000 – 48 500	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$
48 500 – 91 000	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$55 \cdot V$

**Tabelle 14:** Maximal zulässige zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Frequenzbereich $f_p$ / Hz	Mittlere zulässige zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte in T/s	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
0 – 1	$0,38 \cdot f_p \cdot V$	$0,72 \cdot f_p \cdot V$
1 – 1 000	$0,38 \cdot V$	$0,72 \cdot V$
1 000 – 48 500	$3,8 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$0,72 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$
48 500 – 91 000	$3,8 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$35 \cdot V$

**Tabelle 15:** Mittlere zulässige zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition, gemittelt über die Zeitdauer  $t_{pmin}$

## BGR B11

Für Extremitäten dürfen die in Tabelle 14 und 15 angegebenen Werte um den Faktor 2,5 überschritten werden.

Die maximal zulässigen Spitzenwerte der magnetischen Flussdichte bei gepulsten Magnetfeldern ergeben sich aus den Werten der Tabelle 15 durch Multiplikation mit dem Faktor  $\varphi_{\text{min}}$  bzw. aus den Werten der Tabellen 3 und 6 durch Multiplikation mit dem Ausdruck  $\sqrt{2} \cdot V$ .

### 3.2 Frequenzbereich 91 kHz bis 300 MHz

Bei gepulsten Hochfrequenz-Feldern sind bei Anwendung der Tabelle 9 für Effektivwerte und Tabelle 10 für Spitzenwerte die Basiswerte der Tabelle 1 eingehalten.

## 4 Anwendung der Basiswerte

Bei Verzicht der Anwendung der abgeleiteten Werte ist für Ganzkörperexposition sicherzustellen, dass unter allen auftretenden Bedingungen die Basiswerte eingehalten sind. Dabei werden die Werte der Tabelle 1 als zusätzliche Sicherheit mit den Faktoren der nachfolgenden Tabelle 16 multipliziert.

Frequenz	Expositionsbereich 1	Expositionsbereich 2
0 Hz – 91 kHz	0,6	0,2
91 kHz – 300 GHz	1,0	0,2

**Tabelle 16:** Reduktionsfaktoren zur Bewertung mit Basiswerten

Im Bereich erhöhter Exposition sowie für Teilkörperexposition sind die Basiswerte nach Tabelle 1 sicher einzuhalten.

Anlage 2

Zulässige Werte für Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern

Exposition	Magnetische Flussdichte
Mittelwert für 8h (gemittelt über den ganzen Körper)	212 mT
Spitzenwert für Kopf und Rumpf	2 T
Spitzenwert für Extremitäten	5 T

**Tabelle 1:** Zulässige Werte für die statische magnetische Flussdichte

Im Bereich von Wissenschaft, Forschung und im Einzelfall bei medizinischer Anwendung dürfen die Werte in Tabelle 2 angewendet werden, wenn der Betreiber der Anlage sicherstellt, dass

- die verbindlichen Beschaffenheitsanforderungen nationaler Rechtsvorschriften, die einschlägige Gemeinschaftsvorschriften umsetzen, von der Anlage erfüllt werden,
- für die Arbeitsplätze Gefährdungsanalysen nach dem Arbeitsschutzgesetz unter besonderer Beachtung der Gefahren durch EM-Felder durchgeführt und dokumentiert werden,
- die notwendigen Schutzmaßnahmen getroffen sind,
- Tätigkeiten unter fachkundiger ärztlicher Aufsicht oder in Anwesenheit eines Sachkundigen durchgeführt werden.

Exposition	Magnetische Flussdichte
Spitzenwert für Kopf und Rumpf (maximal 2 h/d)	4 T
Bei Expositionen größer 2 h/d gilt Tabelle 1	
Spitzenwert für Extremitäten	10 T

**Tabelle 2:** Zulässige Werte für die statische magnetische Flussdichte unter Berücksichtigung besonderer Voraussetzungen

# BGR B11

## Anhang 1

### Messverfahren

#### 1 Messverfahren

Für Mess- und Berechnungsverfahren siehe z.B. DIN VDE 0848-1, „Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Teil 1: Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren“.

Weitere Normen hierzu sind in Vorbereitung.

#### 1.1 Messgeräte

Messgeräte zur Beurteilung von elektromagnetischen Feldern müssen je nach Frequenzbereich so eingerichtet sein, dass sie die elektrische Feldstärke  $E$ , die magnetische Feldstärke  $H$ , die magnetische Flussdichte  $B$  oder die Leistungsdichte  $S$  messen. Die gesamte Messunsicherheit sollte  $\pm 20\%$  nicht überschreiten.

Messunsicherheiten können z.B. entstehen durch:

- Umwelteinflüsse, z.B. Temperaturschwankungen,
- den Messaufbau,
- Störung des Feldes, z.B. durch die Messperson während der Ablesung des Messergebnisses,
- ungenügende Einstrahlfestigkeit des Gerätes,
- Antennenwirkung von Anschlussleitungen.

#### 1.2 Hinweise zur Vorbereitung und Durchführung von Messungen

Zur Messvorbereitung empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

- Einholen von technischen Angaben über die Feldquellen (Frequenzen, Generatorleistung, Strahlungseigenschaften, gegebenenfalls Modulation, Leiterströme und -spannungen) beim Betreiber,
- Ermittlung von Expositionsbedingungen und Angaben zu den Exponierten (Aufenthaltsorte und -zeiten, Schichtbetrieb, Personengruppen),

- Festlegung eines bewertbaren Betriebszustandes bei Anlagen mit wechselnden Betriebsparametern,
- Auswahl von Messverfahren und -geräten entsprechend den technischen Bedingungen,
- Abschätzung der zu erwartenden maximalen Feldstärke oder Leistungsflussdichte vor Beginn der Messungen bzw. vor Inbetriebnahme einer Anlage; erreicht der Schätzwert die in den Tabellen genannten zulässigen Werte, sind für das Messpersonal Schutzmaßnahmen (z.B. Leistungsabsenkung, zeitliche Aufenthaltsbeschränkung, persönliche Schutzausrüstungen, wie Schutzkleidung, Schutzbrille) vorzusehen,
- Gleichzeitige Berücksichtigung des Messgeräteschutzes, da Überschreitungen des maximalen Messbereichs häufig zur Zerstörung des Feldsensors führen,
- Messung, Protokollierung und Auswertung.

Die Messungen sind bei der betrieblich maximal auftretenden Leistung durchzuführen. Ist dies nicht möglich, sind die Werte entsprechend hochzurechnen.

Gemessen wird grundsätzlich am unbesetzten Arbeitsplatz. Die Beurteilung der Messergebnisse erfolgt auf der Basis der maximalen, in der gedachten Körperachse des Versicherten gemessenen Werte der Feldstärke oder Leistungsflussdichte am Messort. Die das Messgerät bedienende Person hat darauf zu achten, dass sie sich während der Messung nicht zwischen Feldquelle und Feldsonde bzw. Messantenne befindet und sich alle nicht mit der Messung beauftragten Personen aus dem Bereich des Messortes entfernen.

Feldsonden mit isotroper Empfangscharakteristik, die durch eine orthogonale Anordnung von drei Messwertaufnehmern im Sondenkopf erzielt wird, liefern einen von Einfallsrichtung und Polarisation des zu messenden Feldes weitgehend unabhängigen Messwert.

Feldsonden mit nur einem Messwertaufnehmer oder Messantennen weisen eine Richtcharakteristik auf und erfordern eine Orientierung der Sonde bzw. Antenne im Feld auf Maximumanzeige am Messgerät. Dieser Maximalwert entspricht in vielen Fällen dem Spitzenwert der Feldstärke. Zur Bestimmung des Effektivwertes der Feldstärke ist die Sonde nacheinander in x-, y- und z-Richtung

## BGR B11

auszurichten und aus den Einzelmesswerten die Feldstärke zu berechnen.

Treten am Arbeitsplatz gleichzeitig Felder von mehr als einer Feldquelle auf, ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Sind die zulässigen Werte im zu untersuchenden Frequenzbereich gleich, so können die resultierenden Feldstärken mit breitbandigen Messeinrichtungen direkt gemessen werden,
- arbeiten die Feldquellen in Frequenzbereichen mit unterschiedlichen zulässigen Werten, so sind frequenzselektive oder frequenzgangbewertende Messsysteme einzusetzen. Breitbandige Geräte ohne Frequenzbewertung dürfen nur verwendet werden, wenn Einzelbetrieb der Feldquellen möglich ist (sequentielle Messung). Andernfalls ist der niedrigste zulässige Wert im betrachteten Frequenzspektrum zu Grunde zu legen,
- bei Verwendung von Feldsonden oder Messantennen mit Richtcharakteristik zur Effektivwertmessung ist nur die Messung in drei orthogonalen Achsen mit nachfolgender Berechnung der Feldstärke zulässig.

### 1.3 Besonderheiten in den einzelnen Frequenzbereichen

#### 1.3.1 Frequenzbereich bis 100 kHz

Bei zeitabhängiger Richtung der Feldvektoren, z.B. Drehfelder von dreiphasigen Leiteranordnungen, ist die mit eindimensionalen Messwertaufnehmern (Feldsonden mit Richtcharakteristik) gemessene maximale Feldstärke immer kleiner als der Feldstärkewert, der aus Messungen in drei orthogonalen Achsen berechnet werden kann. In diesem Fall muss in drei orthogonalen Achsen gemessen und aus den Einzelmesswerten die Feldstärke berechnet werden.

Es ist bei der Messung der elektrischen Feldstärke besonders darauf zu achten, dass die Messergebnisse nicht durch die feldverzernde Wirkung von Personen oder Gegenständen, z.B. Messleitungen, unzulässig beeinflusst werden. Deshalb werden die Geräte zur Messung der elektrischen Feldstärke entweder an einer Isolierstange ins Feld gehalten oder das Messgerät befindet sich auf einem Stativ, und die Messwertübertragung erfolgt über einen Lichtwellenleiter zu einem abgesetzten Anzeigeteil (potentialfreie

Messung). Auf diesbezügliche Angaben des Geräteherstellers ist zu achten.

Bei inhomogenen elektrischen Feldern sind Messverfahren, die den Gesamtkörperableitstrom erfassen, zulässig.

Siehe auch Abschnitt 1.7 „Bewertungsverfahren“ dieser BG-Regel.

Bei inhomogenen magnetischen Feldern dürfen die maximalen Feldstärken, gemittelt über eine kreisförmige Fläche von  $100 \text{ cm}^2$ , den abgeleiteten Wert nicht überschreiten. Verzerrungen des magnetischen Feldes sind nur durch Gegenstände aus Metall (Stahlträger, Armierungen, Blechtüren und -bedachungen, Fahrzeuge) zu erwarten. Personen beeinflussen das magnetische Feld nicht, so dass die Messgeräte vom Messenden direkt ins Feld gebracht werden dürfen.

### 1.3.2 **Frequenzbereich ab 100 kHz**

Für die Beurteilung der Exposition ist zu unterscheiden, ob Nah- oder Fernfeldbedingungen vorliegen.

Das Fernfeld einer Strahlungsquelle ist dadurch gekennzeichnet, dass dort die Vektoren der elektrischen und magnetischen Feldstärke senkrecht aufeinander und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung stehen und keine gegenseitigen Phasendifferenzen vorliegen. Die elektrische und die magnetische Feldstärke sind direkt über den Feldwellenwiderstand  $Z_0 = 377 \text{ Ohm}$  verknüpft. Unter Fernfeldbedingungen genügt die Messung einer Größe (elektrische oder magnetische Feldstärke). Die andere Größe kann für Vergleichszwecke berechnet werden.

Im Nahfeld gelten diese Bedingungen nicht mehr. Die elektrischen und magnetischen Feldstärken haben im Allgemeinen verschiedene gegenseitige Phasendifferenzen. Eine einfache Umrechnung zwischen den Feldgrößen ist nicht möglich. Im Nahfeld müssen daher die elektrische und magnetische Feldstärke bzw. die magnetische Flussdichte einzeln ermittelt und bewertet werden.

In der Praxis kann auf Grund der teilweise komplexen Struktur der Strahlungsquellen und durch Umgebungseinflüsse häufig keine zuverlässige Entscheidung getroffen werden, ob am Messort Nah- oder Fernfeldbedingungen vorliegen. Deshalb sollten in diesen Fäl-

## BGR B11

len im Frequenzbereich bis 1 GHz die elektrische und die magnetische Feldstärkekomponente getrennt mit einem dafür geeigneten Messwertaufnehmer ermittelt werden. Im Frequenzbereich von 30 MHz bis etwa 1 GHz ist es auch möglich, aus der Messung des Maximums der elektrischen Feldstärke, das durch Reflexionen entstehen kann, die maximale magnetische Feldstärke über den Feldwellenwiderstand zu berechnen:

$$H_{\max} = E_{\max} / Z_0$$

Oberhalb von 1 GHz ist es ausreichend, die elektrische Feldstärke bzw. die Leistungsdichte zu betrachten.

Dem Einfluss auf die Anzeige des Messgerätes durch Sendertyp (Modulationsart) und Vorhandensein mehrerer Frequenzen muss Rechnung getragen werden.

*Siehe DIN VDE 0848-1 „Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Teil 1: Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren“.*

Der Spitzenwert nach Tabelle 10 der Unfallverhütungsvorschrift „Elektromagnetische Felder“ (BGV B11) stellt den Effektivwert dar, der während der höchsten Spitze der Modulationshüllkurve über eine HF-Periode ermittelt wird.

Spitzenwerte können oberhalb von 2 GHz mit breitbandigen Spitzenwertmessgeräten direkt ermittelt werden, auch wenn mehrere unterschiedlich modulierte Frequenzen vorhanden sind.

Effektivwerte können von breitbandigen Messgeräten mit echter Effektivwertanzeige auch bei Vorhandensein mehrerer unterschiedlicher Frequenzen direkt gemessen werden. Bei selektiven Messungen müssen die Einzeleffektivwerte für die jeweiligen Frequenzen zur Ermittlung des Gesamteffektivwertes quadratisch addiert werden.

Die elektrische Feldstärke in einer Raumrichtung kann mit einem Monopol oder Dipol gemessen werden, der kurz gegen die Wellenlänge sein sollte. Die Fußpunktspannung solcher Messantennen ist ein Maß für die elektrische Feldstärke.

Die magnetische Feldstärke in einer Raumrichtung kann mit einer Rahmenantenne gemessen werden, deren Abmessungen ebenfalls

klein gegen die Wellenlänge sein sollten. Die Klemmenspannung der Rahmenantenne ist ein Maß für die magnetische Feldstärke senkrecht zur Rahmenfläche.

Mit Geräten, die zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke im Fernfeld einen Dipol benutzen und deren Anzeige in Einheiten der elektrischen Feldstärke erfolgt, kann durch Umrechnung die magnetische Feldstärke im Fernfeld ermittelt werden.

Aus den Feldstärkekomponenten der drei zueinander senkrechten Raumrichtungen ergibt sich für jede Frequenz der Betrag der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärke durch geometrische Addition.

Eine direkte Messung ist möglich, indem die Fußpunktspannungen von drei senkrecht zueinander angeordneten Messantennen zusammengefasst und angezeigt werden.

Für Teilkörperexposition im Nahfeld, z.B. bei Mobiltelefonen, Handsprechfunkgeräten, ist sinnvollerweise ein Vergleich mit den Basiswerten der Tabelle 1 der Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift vorzunehmen. Die Festlegungen der Unfallverhütungsvorschrift sind beim Betrieb solcher Geräte erfüllt, bei denen der Hersteller bzw. Händler den Nachweis erbracht hat, dass die zulässigen Werte der Tabelle 1 der Anlage 1 zur Unfallverhütungsvorschrift eingehalten sind. Die europäischen Normen DIN EN 50360 und 50361 sowie die deutsche Norm DIN VDE 0848 Teil 1 beschreiben Mess- und Berechnungsverfahren für Telekommunikationsgeräte, mit denen die erforderliche Beurteilung vorgenommen werden kann.

Bei der Messung pulsmodulierter Felder mit Frequenzen größer 300 MHz mit Thermokoppler-Feldsonden, insbesondere an Radaranlagen, sollte 1/10 des maximalen Messbereichs nicht überschritten werden, da die Impuls-Spitzenleistung den Detektor zerstören kann (Warnhinweis des Herstellers beachten!). Das gilt auch für Messungen mit Kombinationen aus Höchsthfrequenz-Leistungsmessern und angepassten Antennen, sofern nicht zum Schutz des Leistungsmesskopfes und zur Messbereichserweiterung zwischen Antenne und Leistungsmesskopf Dämpfungsglieder geschaltet wurden.

## BGR B11

Die Messung der Exposition im Strahlungsbereich einer Radaranlage ist wie folgt vorzunehmen:

- Die Rotations- oder Schwenkautomatik der Radarantenne wird außer Betrieb gesetzt und die Antenne nacheinander so auf jeden der zu untersuchenden Messorte gerichtet, dass sich dieser im Strahlungsmaximum befindet,
- bei umschaltbarer Antennen- und Modulationscharakteristik ist diejenige mit der höchsten Leistungsdichte am jeweiligen Messort zu wählen,
- zur Kontrolle der Einhaltung der Spitzenwerte können diese aus den Messwerten der mittleren Leistungsdichte und den Parametern Impulsbreite und Pulsfolgefrequenz errechnet werden, wenn keine dafür geeigneten Messgeräte zur Verfügung stehen.

### 1.4 Messorte und Messpunkte

Messorte und Messpunkte werden nach Erfordernis am Arbeitsplatz und im Aufenthaltsbereich von Versicherten festgelegt.

Die Lage des Messortes sollte durch Entfernungsangaben zu mindestens zwei Bezugspunkten und/oder Bezugslinien in horizontaler Ebene angegeben werden.

Um die Vergleichbarkeit der Messergebnisse für identische Anlagen zu gewährleisten, sollten einheitliche Messpunkthöhen über der Standfläche entsprechend den ergonomischen Maßen für Sitz- und Steharbeitsplätze (jeweils Kopf-, Brust- und Beckenhöhe) verwendet werden. Bei Steharbeitsplätzen wird empfohlen, in Höhen von ca. 1,90 m, 1,55 m, 1,20 m und 0,90 m und bei Sitzarbeitsplätzen von 1,20 m, 0,90 m und 0,45 m über Standfläche zu messen.

Im Bereich bis 100 kHz ist ein Mindestabstand von 20 cm zwischen dem Mittelpunkt des Messwertaufnehmers und berührbaren und zugänglichen Oberflächen einzuhalten.

Bei Messungen niederfrequenter Felder im Freien, insbesondere unter Hochspannungsleitungen, genügt im Allgemeinen an einem Messort ein Messpunkt in einer Höhe von 1 m bis 1,5 m über der Standfläche.

### 1.5 **Messprotokoll**

Das Messprotokoll enthält, soweit zutreffend, folgende Angaben:

- Standort/Betreiber,
- Ort und Zeit der Messung,
- klimatische Bedingungen,
- Anlagen- oder Generatorbezeichnung,
- Typ, Fabriknummer,
- Hersteller,
- Baujahr,
- Feldquelle,
- Verwendungszweck,
- Betriebsart,
- Arbeitsfrequenz,
- Ausgangsleistung,
- Betriebsspannung und -strom, Mastbild und Bodenabstand der Leiterseile (Energieversorgungs- und Bahnstromanlagen),
- effektive Expositionszeit pro Tag, Taktzeiten,
- verwendete Messgeräte,
- Lage der Messorte und Messpunkte,
- Lageplan oder -skizze,
- Messwerte,
- Messunsicherheit,
- Name des Messenden.

### 1.6 **Kontrollmessungen und Nachkalibrierungen**

Nach technischen und organisatorischen Veränderungen an den Anlagen, die einen Einfluss auf die Absolutwerte von Feldstärke bzw. Leistungsflussdichte und/oder deren räumliche Verteilung haben können, ist die Einhaltung der zulässigen Grenzwerte durch Kontrollmessungen nachzuweisen.

Zur Sicherung korrekter Feldstärke- bzw. Leistungsflussdichte-Messergebnisse sind in regelmäßigen Abständen Nachkalibrierungen der Messgeräte durch ein anerkanntes Kalibrierlabor zu veranlassen.

# BGR B11

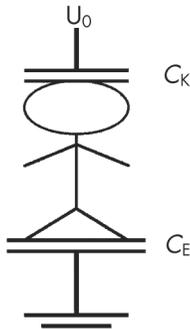
## 1.7 Bewertungsverfahren

Die Einhaltung eines zulässigen Wertes gilt als nachgewiesen, wenn das Messergebnis mindestens um die Kalibrierunsicherheit unter dem zulässigen Wert liegt.

Aus dem Unterschied zwischen der Kalibriersituation und der konkreten Messsituation kann sich ergeben, dass vom Messenden weitere Messunsicherheiten abzuschätzen und zu berücksichtigen sind.

Bei Expositionen durch EM-Felder mit mehreren Frequenzen im Frequenzbereich bis 91 kHz werden die Spektralanteile einzeln und unabhängig von einander nach Anlage 1 bewertet.

### 1.7.1 Bestimmung der Exposition in inhomogenen elektrischen Feldern durch Messung des Gesamtkörperableitstromes

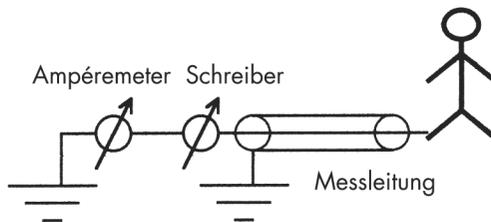


**Abbildung 1:** Ersatzschaltbild kapazitive Kopplung

Für inhomogene Felder ist ein Verfahren zulässig, das durch Vergleich des Gesamtkörperableitstroms in einem homogenen elektrischen Feld eine Beurteilung der Exposition in stark inhomogenen Feldern zulässt. Der Gesamtkörperableitstrom ist der Körperstrom, der durch Influenzwirkung auf eine im elektrischen Wechselfeld befindliche Person zwischen deren Füßen und der Bodenfläche auftritt. Die Kapazität  $C_E$  (siehe Abbildung 1) wird über ein Strommessgerät praktisch kurzgeschlossen, so dass der influenzierte Strom durch den Messpfad fließt (siehe Abbildung 2). Die Person muss hierzu gut isoliert vom Erdboden stehen, damit der Strompfad

über die Füße vernachlässigt werden kann. Der Gesamtkörperableitstrom ist ein Maß für die mittlere Feldstärke, in der sich eine Person aufhält. Aus ihm kann die Ersatzfeldstärke des äquivalenten homogenen Feldes berechnet werden.

Da der Ableitstrom hauptsächlich durch die Koppelkapazität  $C_K$  zwischen Leiter und Person bestimmt wird, ist der Proportionalitätsfaktor von der Körpergeometrie abhängig. Eine genaue Berechnung kann durch die Bestimmung eines personenbezogenen Faktors erreicht werden.



**Abbildung 2:** Messung des Gesamtkörperableitstromes

Um die Ableitströme in eine äquivalente homogene Feldstärke umrechnen zu können, muss der Gesamtkörperableitstrom  $I$  von den Personen, mit denen die Messungen vorgenommen werden, in einem bekannten bzw. vermessenen homogenen Feld  $E$ , z.B. dem unter der Sammelschiene einer Umspannanlage oder eines Prüffeldes, ermittelt werden. Aus der Messung wird dann für jede Person der jeweilige körperbezogene Faktor  $k=E/I$  bestimmt. An den entsprechenden Arbeitsstellen mit inhomogenem elektrischen Feld wird dann aus diesem körperbezogenen Faktor  $k$  und dem gemessenen Gesamtkörperableitstrom  $I$  die Ersatzfeldstärke des äquivalenten homogenen Feldes  $E_e$  bestimmt:

$$E_e = k \cdot I \quad (1)$$

Folgende Punkte sollten bei Messungen berücksichtigt werden:

- Um die Ergebnisse nicht durch Kriech- und Leckströme zu verfälschen, sollten die Messungen nur bei trockenem Wetter und mit trockenem Gerät vorgenommen werden. Werden leitfähige Gegenstände mit den Händen berührt, sollten Isolierhandschuhe verwendet werden.

## BGR B11

- Der gesamte Körper sollte bei Kalibrierung und Messung dem Feld ausgesetzt sein, da sonst nur ein Teil des Feldes Ströme bewirkt, was zu einer Unterbewertung des Feldes führen kann.
- Zur Ermittlung der äquivalenten homogenen Feldstärke müssen die körperbezogenen Faktoren der einzelnen Personen in einem bekannten homogenen Feld bestimmt werden, da der Quotient Strom durch Feld stark von der Geometrie der Person abhängt. Berechnungen haben gezeigt, dass das Feld unter einer Sammelschiene einer Umspannanlage hierfür ausreichend homogen ist.

Falls eine Ermittlung des körperbezogenen Faktors  $k$  nicht möglich ist, kann hilfsweise auch folgende Näherungsformel benutzt werden:

$$\frac{E}{\text{kV/m}} \approx 5,6 \cdot \frac{I}{\text{A}} \cdot \frac{\text{Hz}}{f} \cdot \frac{\text{m}}{h} \quad (2)$$

Gleichung (2) wurde abgeleitet aus den körperbezogenen Faktoren für eine aufrecht stehende Person einer Größe  $h$  von 1,65 m. Da nicht allein die Körpergröße  $h$  den körperbezogenen Faktor bestimmt, kann die Anwendung dieser Näherung in speziellen Fällen zu größeren Abweichungen führen. [1]

[1] Dörnemann, C.; Gehlen, C.; Steimel, A.: „Untersuchung der elektrischen Feldexposition von Personen in Anlagen der Energieversorgung“, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 98 (1999), Heft 9, S. 45–49

## Anhang 2

### Begriffsbestimmungen

In den in der BG-Regel enthaltenen Begründungen und Erläuterungen werden neben den Begriffsbestimmungen des § 2 der Unfallverhütungsvorschrift folgende Begriffe verwendet:

*Siehe auch DIN VDE 0848-1 „Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Teil 1: Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren“.*

1 **EM-Felder** sind elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder, die durch ihre Feldstärke und Phasenbeziehung beschrieben werden und von Quellen (z.B. Antenne, Elektrodenanordnung, Leiter, Spule) verursacht werden. Sie sind Funktionen des Raumes und können statisch oder zeitlich veränderlich sein.

## 2 Elektrische Feldstärke

### 2.1 Spitzenwert der elektrischen Feldstärke

Der Spitzenwert der elektrischen Feldstärke stellt den tatsächlich auftretenden maximalen Betrag des elektrischen Feldstärkevektors dar. Er wird aus den Komponenten  $E_x(\vec{r}, t)$ ,  $E_y(\vec{r}, t)$  und  $E_z(\vec{r}, t)$  der elektrischen Feldstärke gebildet. Die Komponenten sind dabei bezüglich dreier orthogonaler Einheitsvektoren zu ermitteln. Aus den drei Feldstärkekomponenten in zueinander senkrechten Raumrichtungen  $x$ ,  $y$  und  $z$  ergibt sich der Spitzenwert der elektrischen Feldstärke an einem Ort  $\vec{r}$  zu:

$$\hat{E} = \max \left\{ \sqrt{E_x^2(t) + E_y^2(t) + E_z^2(t)} \right\} \quad (1)$$

## BGR B11

Sind statt der Augenblickswerte nur die Spitzenwerte der einzelnen Komponenten der elektrischen Feldstärke bekannt, so lässt sich der Spitzenwert der elektrischen Feldstärke wie folgt abschätzen:

$$\hat{E} = \sqrt{\hat{E}_x^2 + \hat{E}_y^2 + \hat{E}_z^2} \quad (2)$$

Im Gegensatz zu Gleichung (1) bleiben hier die Phasenbeziehungen der Komponenten der elektrischen Feldstärke unberücksichtigt. Aus diesem Grund stellt der nach Gleichung (2) berechnete maximal mögliche Spitzenwert der elektrischen Feldstärke eine obere Abschätzung für den im konkreten Fall auftretenden Spitzenwert der elektrischen Feldstärke dar.

### 2.2 Effektivwert der elektrischen Feldstärke

Der Effektivwert der elektrischen Feldstärke ergibt sich aus den Effektivwerten der einzelnen Komponenten der elektrischen Feldstärke zu:

$$E_{\text{eff}} = \sqrt{E_{x,\text{eff}}^2 + E_{y,\text{eff}}^2 + E_{z,\text{eff}}^2} \quad (3)$$

Gleichung (3) gilt unabhängig von den Phasenbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten der elektrischen Feldstärke.

## 3 Magnetische Feldstärke

### 3.1 Spitzenwerte der magnetischen Feldstärke

Der Spitzenwert der magnetischen Feldstärke stellt den tatsächlich auftretenden maximalen Betrag des magnetischen Feldstärkevektors dar. Er wird aus den Komponenten  $H_x(\vec{r}, t)$ ,  $H_y(\vec{r}, t)$  und  $H_z(\vec{r}, t)$  der magnetischen Feldstärke gebildet. Die Komponenten sind dabei bezüglich dreier orthogonaler Einheitsvektoren zu ermitteln. Aus den drei Feldstärkenkomponenten in zueinander senkrechten

Raumrichtungen  $x$ ,  $y$  und  $z$  ergibt sich der Spitzenwert der magnetischen Feldstärke an einem Ort  $\vec{r}$  zu:

$$\hat{H} = \max \left\{ \sqrt{H_x^2(t) + H_y^2(t) + H_z^2(t)} \right\} \quad (4)$$

Sind statt der Augenblickswerte nur die Spitzenwerte der einzelnen Komponenten der magnetischen Feldstärke bekannt, so lässt sich der Spitzenwert der magnetischen Feldstärke wie folgt abschätzen:

$$\hat{H} = \sqrt{\hat{H}_x^2 + \hat{H}_y^2 + \hat{H}_z^2} \quad (5)$$

Im Gegensatz zu Gleichung (4) bleiben hier die Phasenbeziehungen der Komponenten der magnetischen Feldstärke unberücksichtigt. Aus diesem Grund stellt der nach Gleichung (5) berechnete maximal mögliche Spitzenwert der magnetischen Feldstärke eine obere Abschätzung für den im konkreten Fall auftretenden Spitzenwert der magnetischen Feldstärke dar.

### 3.2 Effektivwert der magnetischen Feldstärke

Der Effektivwert der magnetischen Feldstärke ergibt sich aus den Effektivwerten der einzelnen Komponenten der magnetischen Feldstärke zu:

$$H_{\text{eff}} = \sqrt{H_{x,\text{eff}}^2 + H_{y,\text{eff}}^2 + H_{z,\text{eff}}^2} \quad (6)$$

Gleichung (6) gilt unabhängig von den Phasenbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten der magnetischen Feldstärke.

## BGR B11

### 4 Magnetische Flussdichte

Die magnetische Flussdichte  $B$  in T kann über die Formel

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H \quad (7)$$

mit

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$  magnetische Feldkonstante

und

$\mu_r$  Permeabilitätszahl (für Luft:  $\mu_r = 1$ )

berechnet werden.

### 5 Leistungsdichte

Die Leistungsdichte  $S$  in  $\text{W/m}^2$  ist der Quotient aus elektromagnetischer Leistung und einer Fläche senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, durch die diese Leistung hindurchtritt, bzw. das Produkt aus den zur Ausbreitungsrichtung transversalen Feldkomponenten des elektromagnetischen Feldes.

**Anhang 3**

**Zulässige Werte für Personen mit Körperhilfen**

**1 Zulässige Werte für Personen mit Herzschrittmacher**

**1.1 Allgemeines**

Für Personen mit Herzschrittmachern gelten die Festlegungen der Norm E DIN VDE 0848-3-1 „Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Teil 3-1: Schutz von Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln im Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz“.

**2 Zulässige Werte für Personen mit anderen Körperhilfen**

In Vorbereitung

# BGR B11

## Anhang 4

### Beispiele für Kennzeichnungen

#### Warnzeichen:

	Warnung vor elektromagnetischem Feld
	Warnung vor magnetischem Feld
 	Warnung vor elektrischem Feld

**Verbotszeichen:**

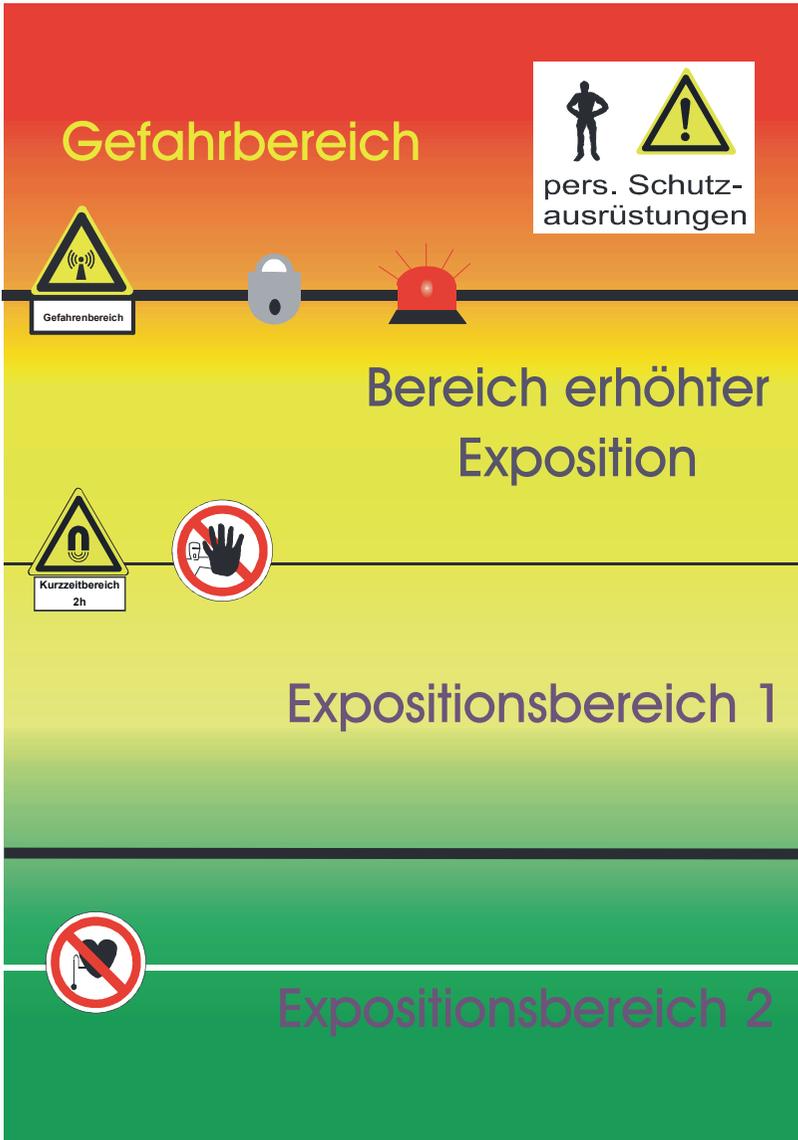
	Verbot für Personen mit Herzschrittmacher
	Zutritt für Unbefugte verboten

**Hinweiszeichen:**

<b>Kurzzeitbereich 2 h</b>	Bereich erhöhter Exposition mit Aufenthaltsbeschränkung von 2 Stunden pro Arbeitsschicht
<b>Gefahrbereich</b>	Gefahrbereich
<b>Sicherheitsabstand ..cm</b>	Hinweiszeichen mit Angabe des erforderlichen Sicherheitsabstandes

# BGR B11

Zonenkonzept: Beispiel für Kennzeichnung und Sicherung



**Anhang 5****Betriebsanweisungen**

Eine Betriebsanweisung nach der Unfallverhütungsvorschrift „Elektromagnetische Felder“ (BGR B 11) sollte z.B. folgende Punkte berücksichtigen:

- Anwendungsbereich
  - Standort
  - Angabe der Anlagen, Maschinen, Geräte
  - Angabe der Arbeitsbereiche, -plätze
- Expositionssituation
  - Angabe und Beschreibung der Expositionsbereiche, erforderlichenfalls mit Skizze
  - Angaben zur Exposition
- Mögliche Gefährdungen
  - Kraftwirkungen
  - Reizwirkung (Niederfrequenz)
  - Wärmewirkung (Hochfrequenz)
  - Berührungsspannungen und Körperströme
  - Beeinflussungen von Körperhilfsmitteln
- Schutzmaßnahmen
  - Zugangsregelungen
  - Abschirmung
  - Abstand
  - Reduzierung der Leistung, Abschaltung
  - Begrenzung der Aufenthaltsdauer
  - Weitere organisatorische Maßnahmen, z.B. Beaufsichtigung, Aufsichtsführung
  - Persönliche Schutzausrüstungen
  - Unterweisung
- Verhalten am Arbeitsplatz
  - bei bestimmungsgemäßigem Betrieb
  - im Fehlerfall
  - bei Instandhaltung

## **BGR B11**

- Verhalten bei Unfällen, Erste Hilfe
  - Meldung (Notrufnummer, Verantwortlicher)
  - Vorhandene EM-Felder beachten
- Folgen bei Nichtbeachtung der Betriebsanweisung
  - Gesundheitliche Schäden
  - Arbeitsrechtliche Konsequenzen
- Weitere Unterlagen/Vorschriften
  - Betriebsanleitungen (Hersteller)
  - Betriebliche Regelungen für Fremdfirmen
  - Lagepläne
- Weitere Angaben
  - Inkraftsetzung

## **Anhang 6**

### **Vorschriften und Regeln**

Nachstehend sind die in dieser BG-Regel aufgeführten Vorschriften und Regeln zusammengestellt:

#### **1. Gesetze, Verordnungen**

Bezugsquelle: Buchhandel  
oder  
Carl Heymanns Verlag KG,  
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln.

Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG),  
Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSGV),  
Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV),  
Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV).

#### **2. Berufsgenossenschaftliche Vorschriften für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit**

Bezugsquelle: zuständige Berufsgenossenschaft  
oder  
Carl Heymanns Verlag KG,  
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln.

Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1),  
Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV A3),  
Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ (BGV A8).

#### **3. Normen**

Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH,  
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

DIN EN 294	Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen,
DIN EN 954-1	Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen; Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze,
DIN 31051	Grundlagen der Instandhaltung,
DIN 32780-100	Schutzkleidung; Teil 100: Schutz gegen hochfrequente elektromagnetische Felder im Frequenzbereich 80 MHz bis 1 GHz; Anforderung und Prüfung,
DIN VDE 0228	Maßnahmen bei Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch Starkstromanlagen,

## **BGR B11**

- DIN VDE 0848-1 Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Teil 1: Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren,
- E DIN VDE 0848-3-1 Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Teil 3-1; Schutz von Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln im Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz.

In dieser Nachdruckfassung wurden die in dieser BG-Regel in Bezug genommenen Arbeitsschutzvorschriften an den derzeitigen Stand der Sicherheitstechnik angepasst.

### **Hinweis:**

Seit April 1999 sind alle Neuveröffentlichungen des berufsgenossenschaftlichen Vorschriften- und Regelwerkes unter einer neuen Bezeichnung und Bestell-Nummer erhältlich.

Die neuen Bestellnummern können einer sogenannten Transferliste des HVBG entnommen werden; siehe

<http://www.hvbg.de/d/pages/praev/vorschr/>

Hinsichtlich älterer, bislang unter VBG-Nummer geführter Unfallverhütungsvorschriften des sogenannten Maschinenaltbestandes bzw. bislang unter ZH 1-Nummern geführter Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter, die bis zu ihrer Überarbeitung noch weiter gültig sind, siehe Internetfassungen des HVBG

„<http://www.hvbg.de/bgvr>“.

Herausgeber: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik,  
Gustav-Heinemann-Ufer 130,  
D-50968 Köln,  
E-Mail: [info@bgfe.de](mailto:info@bgfe.de),  
Internet: <http://www.bgfe.de>.

Bestellungen: Telefon: 02 21 / 37 78 - 10 20  
Telefax: 02 21 / 37 78 - 10 21  
E-Mail: [versand@bgfe.de](mailto:versand@bgfe.de)

Bei Rückfragen: Präventionszentren

Köln	Telefon: 02 21 / 37 78 - 1610
	Telefax: 02 21 / 37 78 - 1611
Braunschweig	Telefon: 02 21 / 37 78 - 1620
	Telefax: 02 21 / 37 78 - 1621
Berlin	Telefon: 02 21 / 37 78 - 1630
	Telefax: 02 21 / 37 78 - 1631
Dresden	Telefon: 02 21 / 37 78 - 1640
	Telefax: 02 21 / 37 78 - 1641
Nürnberg	Telefon: 02 21 / 37 78 - 1650
	Telefax: 02 21 / 37 78 - 1651
Stuttgart	Telefon: 02 21 / 37 78 - 1670
	Telefax: 02 21 / 37 78 - 1671
Bad Münstereifel	Telefon: 02 21 / 37 78 - 1680
	Telefax: 02 21 / 37 78 - 1681