Indirekte Wirkungen elektromagnetischer Felde

Im Frequenzbereich von ungefähr 100 kHz-110 MHz können entweder durch Berühren eines ungeerdeten metallischen Objekts, das seine Ladung aus einem Feld bezogen hat oder durch Kontakt zwischen einer geladenen Person und einem geerdeten metallischen Objekt Schocks und Verbrennungen auftreten. Es sollte bemerkt werden, daß die obere Grenzfre- quenz für den Kontaktstrom (110 MHz) eher durch fehlende Daten über höhere Frequenzen als durch das Ausbleiben von Wirkungen belegt ist. 110 MHz stellt jedoch die obere Frequenzgrenze für den FM-Sendebereich. Die Schwellenströme, die zu biologischen Wirkungen führen, die der Stärke nach von der Wahrnehmung bis hin zum Schmerz reichen, wurde in kontrollierten Versuchen mit Freiwilligen gemessen (Chatterjee et al. 1986; Tenforde und Kaune 1987; Bernhardt 1988); sie sind in Tabelle 3 zusammengefaßt. Generell ergab sich, daß die Schwellenströme, die Wahrnehmung und Schmerz verursachen, über den Frequenzbereich von 100 kHz-1 MHz kaum und im Frequenzbereich bis etwa 110 MHz wahrscheinlich nicht wesentlich variieren. Wie bereits für niedrige Frequenzen erwähnt, gibt es auch bei Feldern höherer Frequenz deutliche Unterschiede in den Empfindlichkeiten von Männern, Frauen und Kindern. Die in Tabelle 3 aufgeführten Daten stellen den Bereich der 50-Prozentwerte für Menschen unterschiedlicher Größe und Empfindlichkeitsstufen gegenüber Kontaktströmen dar.

View attachment 5584

http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlger.pdf
{J4Link:JUC006800740074007000 3A002F002F007700770077002E00690063006E00690072007 0002E006F00720067002F0063006D0073002F00750070006C006F00610064002F007000750062 006C006900630061007400690 06F006E0073002F00490043004E004900520050006500 6D006600670064006C006700650072002E007000640066}

View attachment 5585

Anmerkungen:
1. ƒ ist die Frequenz in Hertz. 2. Aufgrund der elektrischen Inhomogenität des menschlichen Körpers sollten die Stromdichten über einen Querschnitt von 1 cm 2 senkrecht zur Stromrichtung gemittelt werden. 3. Für Frequenzen bis 100 kHz können die Spitzenwerte für die Stromdichten erhalten werden, indem der Effektivwert mit √2 (~1,414) multipliziert wird. Für Pulse der Dauer tp sollte die auf die Basisgrenzwerte anzuwendende Frequenz über ƒ = 1/(2 tp) ermittelt werden. 4. Für Frequenzen bis 100 kHz und für gepulste Magnetfelder können die mit den Pulsen verbundenen maxi-malen Stromdichten aus den Anstiegs- und Abfallzeiten sowie der maximalen Änderungsrate der magneti-schen Flußdichte berechnet werden. Die induzierte Stromdichte läßt sich dann mit den entsprechenden Basisgrenzwerten vergleichen. 5. Sämtliche SAR-Werte sind über beliebige 6-

Minuten-Zeitintervalle zu mitteln. 6. Die zu mittelnde Gewebemasse für lokale SAR-Werte beträgt 10 g eines beliebigen zusammenhängenden Körpergewebes; die so ermittelten SAR-Maximalwerte sollten für die Expositionsermittlung verwendet werden. 7. Für Pulse der Dauer tp sollte die auf die Basisgrenzwerte anzuwendende Frequenz über ƒ = 1/(2 tp) ermittelt werden. Darüber hinaus wird für den Frequenzbereich von 3 bis 10 GHz und für die lokale Exposition des Kopfes ein zusätzlicher Basisgrenzwert empfohlen, um durch thermoelastische Expansion bedingte Hör- effekte einzuschränken oder zu vermeiden. Danach sollte die SA bei gepulsten Expositionen 10 mJ kg-1 bei Beschäftigten und 2 mJ kg -1 für die
Normalbevölkerung nicht überschreiten, gemittelt über je 10 g Gewebe.

http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlger.pdf

View attachment 5586

Anmerkungen:
1. ƒ wie in der Frequenzbereichs-Spalte wiedergegeben. 2. Vorausgesetzt, daß die Basisgrenzwerte nicht überschritten werden und schädliche indirekte Wirkungen aus-geschlossen werden können, dürfen die Werte für die Feldstärke überschritten werden. 3. Für Frequenzen zwischen 100 kHz und 10 GHz sind Seq , E 2, H 2 und B 2 über einen beliebigen 6-Minuten-Zeitraum zu mitteln. 4. Für Spitzenwerte bei Frequenzen bis 100 kHz siehe Tabelle 4, Anmerkung 3. 5. Für Spitzenwerte bei Frequenzen über 100 kHz siehe die Abbildung 1 und 2. Zwischen 100 kHz und 10 MHz werden die Spitzenwerte der Feldstärken durch Interpolation zwischen dem 1,5-fachen Spitzenwert bei 100 kHz und dem 32-fachen Spitzenwert bei 10 MHz erhalten. Für Frequenzen über 10 MHz wird vorgeschlagen, daß der Spitzenwert der äquivalenten Leistungsdichte ebener Wellen, gemittelt über die Puls-dauer, das 1000-fache der Seq -Grenzwerte nicht überschreitet, bzw. daß die Feldstärke das 32-fache der in der Tabelle angegebenen Feldstärken-Expositionswerte nicht überschreitet. 6. Für Frequenzen über 10 GHz sind Seq , E 2 , H 2 und B 2 über einen beliebigen 68/ƒ 1,05 -Minuten-Zeitraum zu mitteln (ƒ in GHz). 7. Für Frequenzen < 1 Hz sind keine E-Feld-Werte angegeben, da es sich effektiv um statische elektrische Felder handelt. Elektroschocks durch niederohmige Quellen werden durch anerkannte Sicherheits maß-nahmen für derartige Anlagen verhindert.

http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlger.pdf

View attachment 5587

Anmerkungen:
1. ƒ wie in der Frequenzbereichs-Spalte wiedergegeben. 2. Vorausgesetzt, daß die Basisgrenzwerte nicht überschritten werden und schädliche indirekte Wirkungen ausgeschlossen werden können, dürfen die Werte für die Feldstärke überschritten werden. 3. Für Frequenzen zwischen 100 kHz und 10 GHz sind Seq , E 2, H 2 und B 2 über einen beliebigen 6-Minuten-Zeitraum zu mitteln. 4. Für Spitzenwerte bei Frequenzen bis 100 kHz siehe Tabelle 4, Anmerkung 3. 5. Für Spitzenwerte bei Frequenzen über 100 kHz siehe Abbildung 1 und 2. Zwischen 100 kHz und 10 MHz werden die

Spitzenwerte der Feldstärken durch Interpolation zwischen dem 1,5-fachen Spitzenwert bei 100 kHz und dem 32-fachen Spitzenwert bei 10 MHz erhalten. Für Frequenzen über 10 MHz wird vorgeschlagen, daß der Spitzenwert der äquivalenten Leistungsdichte ebener Wellen, gemittelt über die Pulsdauer, das 1000-fache der Seq -Grenzwerte nicht überschreitet, bzw. daß die Feldstärke das 32-fache der in der Tabelle angegebenen Feldstärken-Expositionswerte nicht überschreitet. 6. Für Frequenzen über 10 GHz sind Seq , E 2 , H 2 und B 2 über einen beliebigen 68/ƒ1,05 -Minuten-Zeitraum zu mitteln (ƒ in GHz). 7. Für Frequenzen < 1 Hz sind keine E-Feld-Werte angegeben, da es sich effektiv um statische elektrische Fel- der handelt. Bei den meisten Menschen wird die störende Wahrnehmung elektrischer Oberflächenladungen bei Feldstärken unter 25 kV m-1 nicht auftreten. Funkenentladungen, die Streß oder Belästigungen ver- ursachen, sollten vermieden werden.

http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlger.pdf

ANHANG Glossar

Absorption: Bei der Ausbreitung von Radiowellen die Schwächung der Radiowellen durch Dissipation ihrer Energie, d. h. die Umwandlung ihrer Energie in eine andere Form wie z. B. Wärme.

Berufliche Exposition: Jede Exposition durch EMF, die Personen während der Ausübung ihrer Arbeit erfahren.

Blut-Hirn-Schranke: Funktionelles Konzept, das entwickelt wurde, um zu erklären, warum viele vom Blut transportierte Stoffe zwar leicht in andere Gewebe, nicht jedoch in das Gehirn gelangen; diese Barriere funktioniert wie eine permanente Membran, die das Gefäß-system des Gehirns auskleidet. Die Endothelzellen der Hirnkapillare bilden die nahezu dauer-hafte Schranke, die verhindert, daß Substanzen vom Blut in das Gehirn gelangen.

CW (continuous wave): Kontinuierliche Welle mit konstanter Amplitude. Im Gegensatz zu pulsförmigen Wellenpaketen oder amplitudenmodulierten Wellen.

Dielektrizitätskonstante: Siehe Permittivität.

Dosimetrie: Messung oder Berechnung der internen elektrischen Feldstärke oder der induzierten Stromdichte, der spezifischen Energieabsorption oder der Verteilung der spezi- fischen Energieabsorptionsrate bei Menschen oder Tieren, die elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind.

Ebene Welle: Elektromagnetische Welle, bei der die elektrischen und magnetischen Feld-vektoren in einer zur Wellenausbreitungsrichtung senkrecht stehenden Ebene liegen und deren magnetische Feldstärke (multipliziert mit der Impedanz der Umgebung) gleich der elektrischen Feldstärke ist.

Eindringtiefe: Bei ebenen Wellen eines elektromagnetischen Feldes (EMF), die auf die Grenzfläche eines guten Leiters auftreffen, ist die Eindringtiefe dieser Welle jene Tiefe, bei der die Feldstärke der Welle auf 1/e oder rund 37 % des ursprünglichen Wertes abgesunken ist.

Elektrische Feldstärke: Die Kraft (E) auf eine ruhende positive Einheitsladung an einem bestimmten Ort in einem elektrischen Feld; gemessen in Volt pro Meter (V m -1).

Elektromagnetische Energie: Die in einem elektromagnetischen Feld gespeicherte Energie; ausgedrückt in Joule (J).

ELF: Extrem niedrige Frequenz; Frequenzen unter 300 Hz.

EMF: Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder.

Feldwellenwiderstand: Das Verhältnis der komplexen Zahl (Vektor), die das transversale elektrische Feld an einem bestimmten Ort repräsentiert, zu der, die das transversale Magnetfeld an diesem Ort repräsentiert; ausgedrückt in Ohm (Ω).

Fernfeld: Der Bereich, in dem der Abstand von einer abstrahlenden Antenne größer ist als die Wellenlänge der abgestrahlten EMF; im Fernfeld stehen sowohl die Feldkomponenten (E und H) als auch die Ausbreitungsrichtung senkrecht aufeinander, und die Form des Feldes ist unabhängig vom Abstand von der Quelle.
Frequenz: Anzahl der vollen sinusförmigen Schwingungen elektromagnetischer Wellen pro Sekunde; gewöhnlich in Hertz (Hz) ausgedrückt.
Leistungsdichte: Die Leistung, die bei der Ausbreitung von Radiowellen durch eine Ein-heitsfläche senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Wellen geht; ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter (W m -2).
Leitfähigkeit, elektrische: Der Skalar oder Vektorbetrag, der, multipliziert mit der elek- trischen Feldstärke die Leitungsstromdichte ergibt; sie ist der Kehrwert des Leitungs- widerstands. Ausgedrückt in Siemens pro Meter (S m -1).
Leitwert: Kehrwert des Widerstands. Ausgedrückt in Siemens (S).
Magnetische Feldstärke: Eine axiale Vektorgröße (H), die neben der magnetischen Fluß- dichte ein Magnetfeld irgendwo im Raum spezifiziert und in Ampere pro Meter (A m -1) aus- gedrückt wird.
Magnetische Flußdichte: Eine Vektorgröße (B), die aus der Kraft resultiert, die auf eine bewegte Ladung oder bewegte Ladungen wirkt und in Tesla (T) ausgedrückt wird.
Magnetische Permeabilität: Der Skalar oder Vektorbetrag, der, multipliziert mit der magnetischen Feldstärke, die magnetische Flußdichte ergibt; ausgedrückt in Henry pro Meter (H m -1). Anmerkung: Bei isotropen Medien ist die magnetische Permeabilität ein Skalar, bei anisotropen Medien eine Tensorgröße.
Mikrowellen: Elektromagnetische Strahlung genügend kurzer Wellenlänge, zu deren praktischen Gebrauch Wellenleiter und verwandte Hohlraumtechniken für Übertragung und Empfang genutzt werden können. Anmerkung: Der Terminus dient zur Bezeichnung von Strahlungen oder Feldern im Frequenzbereich von 300 MHz-300 GHz.
Nahfeld: Der Bereich, in dem der Abstand von der abstrahlenden Antenne kleiner ist als die Wellenlänge der abgestrahlten EMF. Anmerkung: Die Magnetfeldstärke (multipliziert mit der Impedanz der Umgebung) und die elektrische Feldstärke sind verschieden und variieren bei Abständen von weniger als einem Zehntel der Wellenlänge von einer Antenne umgekehrt mit dem Quadrat oder der dritten Potenz des Abstands, wenn die Antenne im Vergleich zu diesem Abstand kurz ist.
Nichtionisierende Strahlung (NIR): Umfaßt alle Strahlungen und Felder des elektro- magnetischen Spektrums, die normalerweise nicht genügend Energie besitzen, um in Stoffen eine Ionisierung zu bewirken; charakterisiert durch eine Energie pro Photon von unter rund 12 eV, Wellenlängen von über 100 nm und Frequenzen von unter 3 x 10 15 Hz.
Nichtthermischer Effekt: Die Wirkung elektromagnetischer Energie auf einen Körper, die nicht mit Wärme verbunden ist.
Öffentliche Exposition: Jegliche Exposition durch EMF, die Mitglieder der Normal- bevölkerung erfahren, ausgenommen der beruflichen Exposition sowie der Exposition während medizinischer Untersuchungen.
Permittivität: Eine Konstante, die den Einfluß eines isotropen Mediums auf die Anziehungs- und Abstoßungskräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern definiert und in Farad pro Meter (F m -1) ausgedrückt wird; die relative Permittivität ist die Permittivität eines Stoffes oder Mediums dividiert durch die Permittivität des Vakuums.
Quadratisches Mittel: Bestimmte elektrische Effekte sind proportional zur Quadratwurzel des Durchschnitts des Quadrats einer periodischen Funktion (über eine Periode). Das quadratische

Mittel, auch Effektivwert genannt, wird gebildet, indem die Funktion zunächst quadriert, sodann der Durchschnitt der erhaltenen Quadrate und schließlich die Quadratwurzel dieses Durchschnitts gebildet wird.
Radiofrequenz (RF): Alle Frequenzen, bei denen elektromagnetische Strahlung für die Telekommunikation nützlich ist. Anmerkung: In dieser Publikation bezieht sich der Begriff Radiofrequenz auf den Frequenzbereich von 300 Hz-300 GHz.
Resonanz: Die Änderung der Amplitude, die eintritt, wenn sich die Frequenz der Welle der Eigenfrequenz des Mediums annähert oder mit ihr identisch ist; die Ganzkörper- Absorption elektromagnetischer Wellen bildet ihren Höchstwert, d. h. die Resonanz bei Frequenzen (in MHz) von ungefähr 114/L, wobei L die Größe der betreffenden Person in Meter ist.
Spezifische Energieabsorption: Die pro Masseneinheit eines biologischen Gewebes absorbierte Energie (SA), ausgedrückt in Joule pro Kilogramm (J kg -1); die spezifische Energieabsorption ist das Zeitintegral der spezifischen Energieabsorptionsrate.
Spezifische Energieabsorptionsrate (SAR): Die Rate, mit der Energie vom Körper- gewebe absorbiert wird, ausgedrückt in Watt pro Kilogramm (W kg -1); die SAR ist das dosi- metrische Maß, das bei Frequenzen von über rund 100 kHz weitgehend anerkannt ist.
Stromdichte: Ein Vektor, dessen Integral über eine gegebene Fläche gleich dem elektrischen Strom ist, der durch diese Fläche tritt; die mittlere Dichte in einem linearen Leiter ist gleich dem Strom dividiert durch die Fläche des Leiterquerschnitts. Ausgedrückt in Ampere pro Quadratmeter (A m-2).
Wellenlänge: Der Abstand zwischen zwei in Ausbreitungsrichtung einer periodischen Welle aufeinanderfolgenden Punkten, an denen die Schwingung die gleiche Phase besitzt.

http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlger.pdf

---

Revision #1
Created 20 October 2025 03:06:33 by investigatione
Updated 20 October 2025 03:06:53 by investigatione