

7.8.17

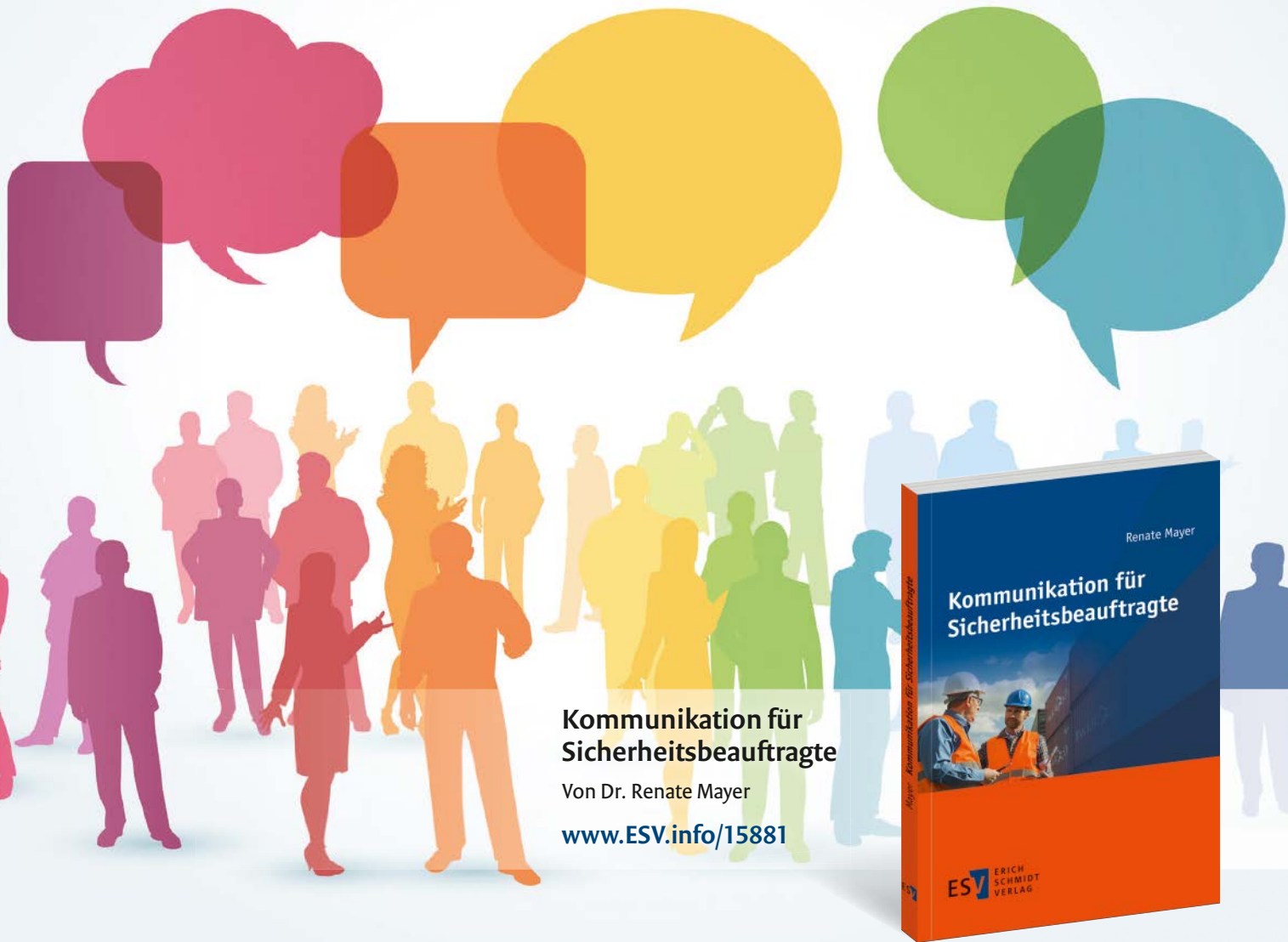
Lizenziert für Frau Dr. rer. nat Hannelore Neuschulz.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.
In Kooperation mit:



68. Jahrgang
Juli/August 2017
ISSN 2199-7330
1424

sicher ist sicher

www.SISdigital.de



Kommunikation für Sicherheitsbeauftragte

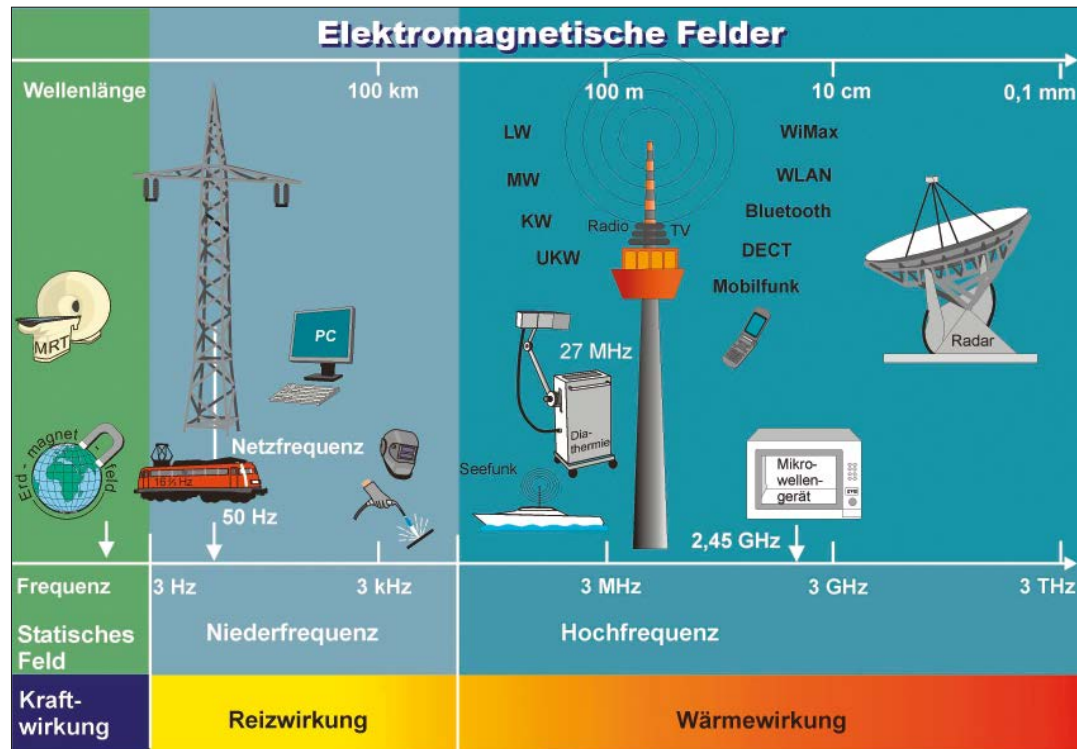
Von Dr. Renate Mayer

www.ESV.info/15881

Gesundheitsförderung und
Organisationsentwicklung **310**
Elektromagnetische Felder **330**

UV-Strahlung bei Tätigkeiten
im Freien **318**
Beurteilung der optischen
Strahlungsbelastung beim Schweißen **322**

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG



HANNELORE NEUSCHULZ · PETER JESCHKE · ERIK ROMANUS · GEORG HILPERT

Neue Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern – Teil 1: Anwendungsbereich, EMF-Wirkungen, Schutzkonzept

Im November 2016 trat die Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern – EMFV in Kraft. Damit werden in Deutschland Vorschriften zum Schutz der Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten für alle Tätigkeitsbereiche mit elektromagnetischen Feldern bis 300 GHz gesetzlich festgelegt. Teil 1 des Beitrags erläutert den Anwendungsbereich der EMFV, die biologischen Wirkungen elektromagnetischer Felder sowie die Grundlagen des Schutzkonzeptes der EMFV. Teil 2 in der Ausgabe 9/2017 der sis informiert über Expositionsgrenzwerte und Auslöseschwellen des Schutzkonzeptes der EMFV und deren Anwendung bei der Gefährdungsbeurteilung sowie über Maßnahmen, um Gefährdungen durch elektromagnetische Felder zu verhindern bzw. zu minimieren.

Aktuelle gesetzliche Regelungen zum Schutz vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Der Schutz von Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder ist in Deutsch-

land durch das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) [1] und die Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder (Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern – EMFV) [2] gesetzlich

geregelt. Die EMFV trat am 19. November 2016 in Kraft. Dadurch erfolgte die nationale Umsetzung der EU-Arbeitsschutz-Richtlinie 2013/35/EU vom 26. Juni 2013 über „Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder)“ [3] als 20. Einzelrichtlinie im Sinne des Art. 16 (1) der Arbeitsschutzrahmenrichtlinie 89/391/EWG und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/40/EG. Zur Erleichterung der Anwendung der EMF-Richtlinie stellte die Kommission einen dreibändigen unverbindlichen Leitfadens zur Richtlinie 2013/35/EU „Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz“ bereit [4, 5, 6].

Die EMFV wurde aufgrund der §§ 18 und 19 des ArbSchG erlassen und im Bundesgesetzblatt BGBl 2016 Teil I Nr. 54 vom 18.11.2016 veröffentlicht. Damit wurde die Umsetzung der vierten und letzten der europäischen Arbeitsschutz-Richtlinien zum Schutz der Beschäftigten vor physikalischen Einwirkungen abgeschlossen.

Um die Anwendung der EMFV in der betrieblichen Praxis zu erleichtern, wird die Verordnung durch praxisorientierte Technische Regeln – TREMF konkretisiert werden. Die Technischen Regeln werden durch den Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS) erarbeitet, der das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) auch zu Fragen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes hinsichtlich elektromagnetischer Felder an Arbeitsplätzen berät.

Anwendungsbereich der EMFV

Die Verantwortung für den Schutz der Beschäftigten liegt beim Arbeitgeber.

Die EMFV gilt für alle Tätigkeitsbereiche zum Schutz der Beschäftigten vor tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch Einwirkungen von elektromagnetischen Feldern (EMF) und umfasst nach § 1 alle Gefährdungen der Beschäftigten als Folge von direkten und indirekten Wirkungen elektromagnetischer Felder am Arbeitsplatz bis 300 GHz. Dabei werden Schülerinnen und Schüler, Studierende, Praktikanten etc., die bei ihren Tätigkeiten elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind, den Beschäftigten gleichgestellt.

Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder

EMF treten sowohl in der natürlichen Umgebung des Menschen (schwaches Erdmagnetfeld, Blitze bei hohen statischen Aufladungen bei Gewitter), als auch in ständig steigendem Maß in der beruflichen und häuslichen Umgebung auf, s. Titelbild. Das ist durch den Einsatz moderner technologischer Verfahren (wie z. B. Schweißen, Elektrolyseverfahren, induktive Erwärmung) bedingt.

Damit verbunden ist die vermehrte Anwendung von Gleichfeldern oder langsam bzw. schnell veränderlichen Wechselfeldern mit homogenen, inhomogenen kontinuierlichen oder gepulsten Feldern.

Elektromagnetische Felder im Spektralbereich 0 Hz bis 300 GHz, s. Tab. 1, besitzen keine ausreichende Energie, um Moleküle zu dissoziieren oder zu ionisieren und werden deshalb unter der Bezeichnung „nichtionisierende Strahlung“ zusammengefasst.

Elektromagnetische Felder bestehen aus einer magnetischen und einer elektrischen Komponente, die bei niederfrequenten Feldern schwach, bei hochfrequenten Feldern stark miteinander gekoppelt sind.

Zur Wahrnehmung von elektromagnetischen Feldern haben Menschen keine Sinnesorgane, lediglich die Auswirkungen wie Reiz- oder Wärmewirkungen werden physiologisch empfunden. Deshalb sind elektromagnetische Felder nur auf der Grundlage von Mess- und numerischen Simulationsverfahren zu beschreiben und zu beurteilen.

Beim Schutz vor direkten Wirkungen infolge EMF-Exposition wird zwischen sensorischen Wirkungen und gesundheitlichen Wirkungen unterschieden. Dabei sind die gesundheitlichen Wirkungen schwerwiegender.

Direkte Wirkungen

Gesundheitliche Wirkungen als nachgewiesene direkte Wirkungen elektromagnetischer Felder auf den Menschen, die bis zu gesundheitlichen Schädigungen führen können, sind folgende:

- ▶ **Kraftwirkungen** statischer magnetischer Felder (0 Hz)
- ▶ **Nichtthermische Wirkungen** statischer und niederfrequenter Felder (0 Hz bis 10 MHz) als Stimulationen bzw. Reizwirkungen auf Sinnesorgane und als Stimulation von peripheren Nerven und von Muskeln, Störung der autonomen Herzaktion (maximale Empfindlichkeit bei ca. 50 Hz)

Frequenzbereiche elektromagnetischer Felder und typische Eigenschaften		
Bezeichnung	Frequenzbereich	Typische Eigenschaften
statische Felder	0 Hz	zeitlich nicht veränderliche Felder
niederfrequente Felder	> 0 Hz bis 10 MHz	zeitlich veränderliche Felder, an eine Quelle gebunden, Felder nehmen mit zunehmender Entfernung exponentiell schnell ab
Übergangsbereich	100 kHz bis 10 MHz	typische Eigenschaften nieder- und hochfrequenter Felder überlagern sich
hochfrequente Felder	100 kHz bis 300 GHz	zeitlich veränderliche Felder, können sich von der Quelle lösen und im Raum ausbreiten

Tab. 1: Frequenzbereiche elektromagnetischer Felder und typische Eigenschaften.

DIE AUTOREN



Dr. rer. nat. Hannelore Neuschulz

Gruppe
„Physikalische Faktoren“
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1–25
44149 Dortmund
physical.agents@baua.bund.de



Peter Jeschke, Dipl.-Ing. (FH), M. Eng. (UNSW)

Gruppe
„Physikalische Faktoren“
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1–25
44149 Dortmund

- ▶ **Thermische Wirkungen** hochfrequenter Felder (100 kHz bis 300 GHz) durch Absorption der Strahlungsleistung im Körpergewebe als Erwärmung von Teilen des Körpers (z. B. Kopf) oder des gesamten Körpers, ab einigen GHz beschränken sich die Wirkungen überwiegend auf die Körperoberfläche (durch Dämpfung im Gewebeinneren hervorgerufener Skineffekt)
- ▶ **Wirkungen im Übergangsbereich** (100 kHz bis 10 MHz) zwischen Nieder- und Hochfrequenzbereich mit abnehmenden nichtthermischen Reizwirkungen und zunehmenden thermischen Wirkungen.

Sensorische Wirkungen als direkte nichtthermische Wirkungen in statischen Feldern (0 Hz), bei Bewegungen in statischen Feldern und in niederfrequenten Feldern

Darunter werden Wirkungen auf Nervenzellen und Sinneszellen in Ohr und Auge bei Frequenzen von 0 bis 2 Hz verstanden. Dazu zählen insbesondere:

- ▶ Metallischer Geschmack (maximale Empfindlichkeit bei Frequenzen $\ll 1$ Hz)
- ▶ Auftreten von Schwindel als Wirkung auf das Gleichgewichtsorgan im Ohr und/oder Übelkeit vor allem bei schnellen Bewegungen im statischen Feld (maximale Empfindlichkeit bei Frequenzen $< 0,1$ bis 2 Hz)
- ▶ Magnetophosphene als Wirkung auf die Netzhaut des Auges (maximale Empfindlichkeit bei Frequenzen von ca. 20 Hz)

Wirkungen auf das Sinnesorgan Ohr als thermoelastischer Effekt können als „Mikrowellenhören“ mit Geräuschen wie Summen oder Klicken wahrgenommen werden. Es handelt sich dabei um ein nur sehr selten unter bestimmten Bedingungen auftretendes Phänomen bei Pulsbreiten $< 30 \mu\text{s}$ (bei Frequenzen von 0,3 bis 6 GHz).

Sensorische Wirkungen durch EMF an Arbeitsplätzen treten als kurzzeitige Einzelereignisse auf und sind vorübergehend. Sie verschwinden nach Verlassen des verursachenden Feldes schnell.

Indirekte Wirkungen

Neben den direkten Wirkungen können indirekte Wirkungen durch Gegenstände im elektromagnetischen Feld hervorgerufen werden und zu Gefährdungen führen. Dazu gehören neben Körperströmen und Entladungen infolge Annäherung oder Berührung elektrisch leitfähiger Gegenstände auch Wirkungen auf aktive und passive Implantate wie Herzschrittmacher oder künstliche Gelenke. Zur weiteren Information über Sicherheit von Beschäftigten mit Implantaten, s. Forschungsbericht 451 des BMAS [7].

Das Titelbild zeigt den Frequenzbereich der elektromagnetischen Felder mit Beispielen der vielfältigen Nutzung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder und die unterschiedlichen Wirkungen auf den Menschen im Bereich statischer, niederfrequenter und hochfrequenter Felder.

Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder haben je nach Frequenz, Modulation und Stärke eine unterschiedliche Wirkung auf den menschlichen Körper.

In der unteren Zeile des Titelbildes ist die Abhängigkeit der Wirkungen von der Frequenz farblich dargestellt. Die Überlagerung der Farben im Übergang vom Nieder- zum Hochfrequenzbereich (von gelb zu rot) kennzeichnet die Überlagerung der beiden typischen Wirkungen: die nichtthermischen Wirkungen nehmen im Niederfrequenzbereich mit höheren Frequenzen ab, die thermischen Wirkungen nehmen zu und sind schließlich im Hochfrequenzbereich für die Wirkung entscheidend.

Nicht jede messbare Veränderung eines physikalischen Parameters hat auch eine relevante physiologische oder sogar gesundheitsschädliche Wirkung. Erst mit der Überschreitung von gut erforschten physiologischen Schwellenwerten, die bei der Festlegung von Grenzwerten zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz berücksichtigt werden, kommt es zu Wirkungen durch EMF im menschlichen Organismus. Aus experimentellen Untersuchungen an isolierten Nerven, an Tieren und an Probanden sowie durch theoretische Berechnungen und Überlegungen ergibt sich für die periphere Nervenstimulation ein Schwellenwert für die gewebeinterne elektrische Feldstärke von 6 bis 7 V/m, s. auch Forschungsbericht 400 des BMAS [8]. Für nichtthermische Wirkungen wie Stimulationen von Nerven und Muskeln (Kribbeln, Zucken) durch niederfrequente Felder (bis 100 kHz) ist die Überschreitung dieses **Schwellenwertes der gewebeinternen elektrischen Feldstärke** die entscheidende Voraussetzung. Zur Verhinderung von thermischen Wirkungen durch hochfrequente Felder ab 100 kHz bis 300 GHz) gilt ein **Schwellenwert** von 4 W/kg der **Spezifischen Absorptionsrate SAR** für den ganzen Körper. Mit dieser absorbierten Strahlungsleistung ist eine Temperaturerhöhung von 1 K verbunden, die von einem gesunden Menschen ohne Probleme toleriert wird. Zum Vergleich: Bei körperlich anstrengenden Tätigkeiten können Werte von 3 bis 5 W/kg, bei Arbeiten im Freien mit starker Sonnenstrahlung bis 10 W/kg erreicht werden.

Alle nachgewiesenen Wirkungen von EMF haben einen physiologisch begründeten Schwellenwert.

Unterhalb der Schwellenwerte bestehen keinerlei Gefährdungen für die Gesundheit und Sicherheit von Beschäftigten.

EMF-Wirkungen treten **nur während einer Exposition** im Feld auf und sind nicht kumulativ.

Schutzkonzept der Arbeitsschutzverordnung zu EMF: Grundlagen

Die Basis für Expositionsgrenzwertfestlegungen an Arbeitsplätzen mit EMF ist die Gesamtheit aller standardgerechten wissenschaftlichen Arbeiten hinsichtlich biologischer Wirkungen von elektromagnetischen Feldern, die von interdisziplinär besetzten nationalen und internationalen Expertengremien und Institutionen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes bzw. der wissenschaftlichen Community (Physiker, (Elektro-) Ingenieure, Mediziner, Biologen, Epidemiologen, Psychologen, Statistiker) diskutiert und geprüft werden. In Deutschland sind als staatliche Institutionen das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) und die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) sowie die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) als Spitzenverband der Berufsgenossenschaften (wie BG ETEM, BGHM) und deren Institut für Arbeitsschutz (IFA) mit der Thematik Schutz vor negativen Wirkungen und Risiken durch elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz befasst. Als internationale Gremien sind insbesondere die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Bioelectromagnetic Society (BEMS), die European BioElectromagnetics Association (EBEA) sowie die International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) zu nennen.

Die Empfehlungen der unabhängigen ICNIRP [9 bis 14] bilden in vielen Staaten – insbesondere in der Europäischen Union – die Grundlage für die Festlegung von gesetzlichen Regelungen und Grenzwerten. Die Mitglieder der ICNIRP analysieren und bewerten die aktuellen Forschungsergebnisse und Studien zu Wirkungen nichtionisierender Strahlung auf die menschliche Gesundheit.

Bei Einhaltung der auf diesen Empfehlungen beruhenden Grenzwerte für die Exposition gegenüber EMF sind Beschäftigte gegen die nachgewiesenen gesundheitsschädlichen Wirkungen von elektromagnetischen Feldern geschützt.

Die EMF-Verordnung basiert auf dem neues-

ten wissenschaftlichen Erkenntnisstand in Bezug auf die zu berücksichtigenden physikalischen und physiologischen Zusammenhänge. Mögliche Langzeitwirkungen von EMF, wie die Bildung von Karzinomen, sind nicht nachgewiesen. Dafür ist auch kein Wirkungsmechanismus bekannt. Deshalb sind Langzeitwirkungen nicht Gegenstand der EMFV (vgl. auch Artikel 1 der EMF-Richtlinie). ■

LITERATUR

- [1] „Arbeitsschutzgesetz“, ArbSchG, www.gesetze-im-internet.de/arbbschg/
- [2] „Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern“, EMFV, www.gesetze-im-internet.de/emfv/
- [3] „Richtlinie über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder)“, EMF-Richtlinie, www.eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32013L0035
- [4] Europäische Kommission, „Elektromagnetische Felder – Band 1: Praktischer Leitfaden“, www.ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=738&langId=de&pubId=7850
- [5] Europäische Kommission, „Elektromagnetische Felder – Band 2: Feldstudien“, www.ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=738&langId=de&pubId=7846
- [6] Europäische Kommission, „Elektromagnetische Felder – Band 3: Leitfaden für KMU“, www.ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=738&langId=de&pubId=7845
- [7] BMAS, „Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz: Sicherheit von Beschäftigten mit aktiven und passiven Körperhilfsmitteln bei Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern“ Forschungsbericht 451, www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/Forschungsberichte/forschungsbericht-fb451.html
- [8] BMAS, „Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz“, Forschungsbericht 400, www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/Forschungsberichte/fb400-elektromagnetische-felder.html
- [9] ICNIRP, „Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)“, veröffentlicht in: HEALTH PHYSICS 74 (4):494–522, 1998, <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPmvtgdl.pdf>
- [10] ICNIRP, „Guidance on determining compliance of exposure to pulsed fields and complex nonsinusoidal waveforms below 100 kHz with ICNIRP guidelines“, veröffentlicht in: HEALTH PHYSICS 84(3):383–387, 2003, www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPpulsed.pdf
- [11] ICNIRP, „Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields“, veröffentlicht in: HEALTH PHYSICS 96(4):504–514, 2009, www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPstatgdl.pdf
- [12] ICNIRP, „statement on the „Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)“, veröffentlicht in: HEALTH PHYSICS 97(3):257–258, 2009, www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPStatementEMF.pdf
- [13] ICNIRP, „Guidelines for limiting exposure to time varying and magnetic fields (1 Hz–100 kHz)“, veröffentlicht in: HEALTH PHYSICS 99(6):818–836, 2010, www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdl.pdf
- [14] ICNIRP, „Guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in an static magnetic field and by time-varying magnetic fields below 1 Hz“, veröffentlicht in: HEALTH PHYSICS 106(3):418–425, 2014, www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPmvtgdl_2014.pdf

DIE AUTOREN



Dr.-Ing. Erik Romanus

Gruppe

„Physikalische Faktoren“
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25
44149 Dortmund

Dr. rer. nat. Georg Hilpert

Referat IIIb4 „Arbeitsstätten, physikalische Einwirkungen, Koordinierung der Arbeitsschutzausschüsse“
Bundesministerium für Arbeit und Soziales
Rochusstraße 1
53123 Bonn