

Verschiedene Ansätze zur Beurteilung von EMF an Arbeitsplätzen

Inhalt

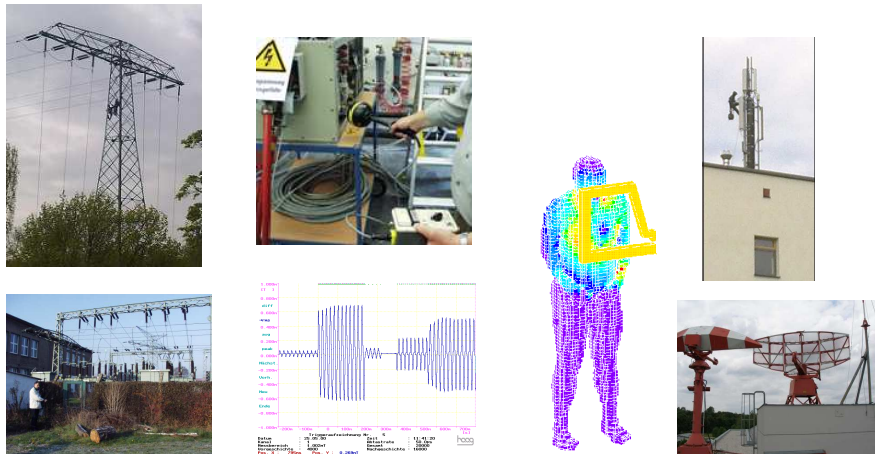
Was ist bei Ansätzen zur Beurteilung von EMF zu berücksichtigen?

Welche Bedeutung haben Schwellenwerte, Auslösewerte und Grenzwerte?

Schutzkonzept DGUV 15 und EMFV

Bewertung gepulster Felder

Aktueller Stand



Was ist bei Ansätzen zur Beurteilung von EMF zu berücksichtigen?

3

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Schwellenwerte

Bei der Festlegung von Auslöseschwellen und Grenzwerten werden Schwellenwerte berücksichtigt

Entscheidend: Unterhalb von Schwellenwert keinerlei gesundheitsschädliche Wirkung!

Wahrnehmungsschwellen sind individuell unterschiedlich und von vielen Faktoren abhängig wie Orientierung Körper zum Feld, Erdung, Feuchtigkeit von Haut/Kleidung, Wassergehalt Gewebe

Wichtige physiolog. Schwellenwerte lt. Untersuchungen

NF: Spitzenwert der el. Feldstärke im Gewebe 6 - 7 V/m
 ➔ keine periphere Nervenstimulation, wie Muskelzittern

HF: SAR 4 W/kg ➔ keine unzulässige Gewebeerwärmung

4

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Schutzkonzept DGUV 15 (2001) und EMF Richtlinie/EMFV

In Deutschland wegen UVV seit 2001 besondere Situation

Abgeleitete Werte (in DGUV 15 , bisher BGV B 11)



unterschiedliche Werte, analoger Ansatz

Auslöseschwellen (in EMF Richtlinie und EMFV)

aktuelle Werte entsprechend state of art

- Wurden u. a. mit Gewebe- und Nervenuntersuchungen und Körpermodellen aus den Basiswerten/Grenzwerten ermittelt.
- Sind direkt am Arbeitsplatz messbare Parameter, werden angegeben als **elektrische Feldstärke (E), magnetische Feldstärke (H), magnetische Flussdichte (B), Leistungsdichte (S).**

5

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Welche Bedeutung haben Grenzwerte, Auslöseschwellen (abgeleitete Werte)?

**Einhaltung Expositionsgrenzwerte:
Schutz der Beschäftigten gegen alle bekannten
gesundheitsschädlichen Auswirkungen infolge
Exposition gegenüber EMF**

Auslöseschwellen (abgeleitete Werte)
beinhalten zusätzliche Sicherheitsfaktoren
bezüglich Schwellenwerten. Deshalb treten bei
Erreichen der Auslöseschwellen keine
Gesundheitsschäden auf



6

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Abgeleitete Werte (DGUV 15) - Auslöseniveaus - Auslöseschwellen (EMF Richtlinie/EMFV)

Messwerte der Auslöseschwellen so festgelegt, dass selbst unter Zugrundelegung von ungünstigsten normalen Expositionsbedingungen die Expositionsgrenzwerte nicht überschritten werden

Was ist im Fall der Überschreitung der **Auslöseschwellen** zu tun?

Auslösung von Maßnahmen, um Überschreitung der Expositionsgrenzwerte zu verhindern bzw. Einhaltung der Expositionsgrenzwerte zu prüfen

7

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Auslöseschwellen (EMF Richtlinie/EMFV)

Neuer Ansatz:

Ansatz mit oberem/unterem Auslöseniveau



Erläuterung s. BMAS Bericht FB 400,
[www.bmas.de/DE/Service/Medien/.../fb400-
elektromagnetische -felder.html](http://www.bmas.de/DE/Service/Medien/.../fb400-elektromagnetische-felder.html)

hohe/niedrige Auslöseschwelle
(Bezeichnung EMF RL)

Bewertung einfacher und kostengünstiger

8

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Einhaltung der niedrigen Auslöseschwelle:

Keinerlei direkte und indirekte Wirkungen
- auch keine Phosphene, Schwindel, Übelkeit!

Niedrige Auslöseschwelle für etwa 95 % aller Arbeitsplätze mit EMF ohne zusätzliche Maßnahmen eingehalten!

Gesundheitsrisiken für besonders gefährdete Beschäftigte und Implantatträger jedoch immer berücksichtigen!



Einhaltung der hohen Auslöseschwelle:

Gesundheitsschädliche Effekte ausgeschlossen!
Schwache, reversible Effekte möglich –
wie Phosphene, Schwindel (z. B. bei Personal an MRT)
Effekte verschwinden bei Verlassen des EM-Feldes.

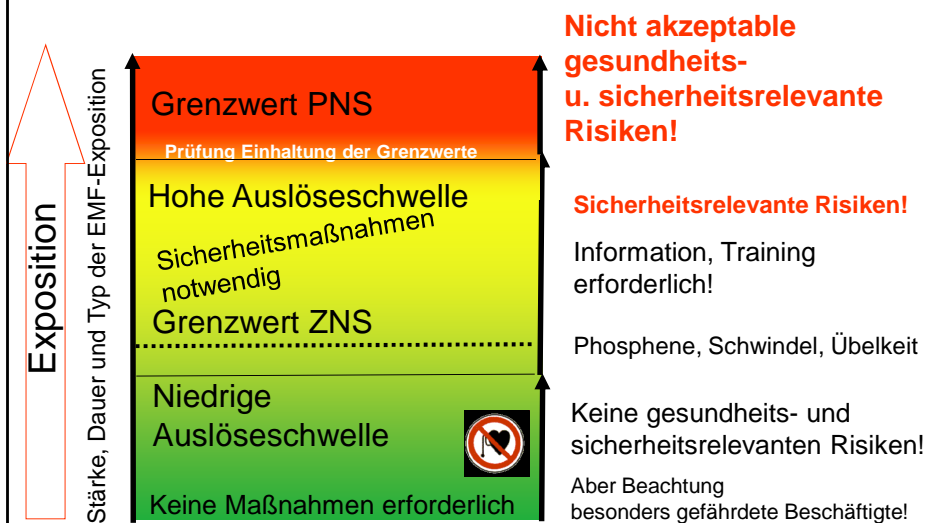
Gewährleistung der Sicherheit: Information und Training!

9

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Schema Schutzkonzept Richtlinie 2013/35/EU



10

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

EMF Richtlinie und EMFV

- **HF-Bereich:** bisherige Ansätze/Verfahren übernommen
- **NF-Bereich:** Bewertung sinusförmiger Felder eindeutig geregelt

EMF-Experten in Übereinstimmung

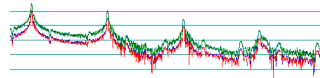
11

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baa:

Bewertung gepulster Felder

- **seit ca. 2000 Anstieg der Anwendungen mit gepulsten Feldern , inzwischen überwiegt Anteil**



Beispiel: Schweißen



- **Zur Bewertung nicht sinusförmiger Felder lt. EMF RL verschiedene Verfahren zulässig - zurzeit Diskussion in Deutschland**

12

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baa:

Richtlinie 2013/35/EU:

s. Fußnoten Tabellen in Anhängen

„Bei einem nicht sinusförmigen Feld basiert die gemäß Artikel 4 durchgeführte Expositionsberechnung auf der Methode gewichteter Spitzenwerte (Gewichtung im Zeitbereich), ...; es können aber auch andere wissenschaftlich nachgewiesene und validierte Verfahren herangezogen werden, vorausgesetzt sie führen zu annähernd gleichwertigen und vergleichbaren Ergebnissen.“



EMF Richtlinie empfiehlt die Methode der gewichteten Spitzenwerte (WPM), alternative Methoden können benutzt werden, wenn sie vergleichbare Ergebnisse liefern

13

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

EMF Richtlinie 2013/35/EU und Leitfaden (Bd. 1): Beurteilung nicht sinusförmiger NF-Felder

▪ Methode der gewichteten Spitzenwerte

(Weighted Peak Method WPM)

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung

ICNIRP Guidelines - Empfehlungen 1998, 2010

ICNIRP Statement 2003

In Deutschland

▪ Zeitbereichsbewertungsmethode ZBM

- an EMF Richtlinie angepasste Methode
der DGUV 15 (bisher BGV B11), 2001

14

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

**Methode der
gewichteten
Spitzenwerte**

WPM



**Zeitbereichs-
bewertungs-
methode**

ZBM



**Zwei verschiedene Ansätze zum Schutz vor unzulässiger
Exposition durch nicht-sinusförmige und gepulste Felder**

Wodurch unterscheiden sich die Herangehensweisen?

15

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

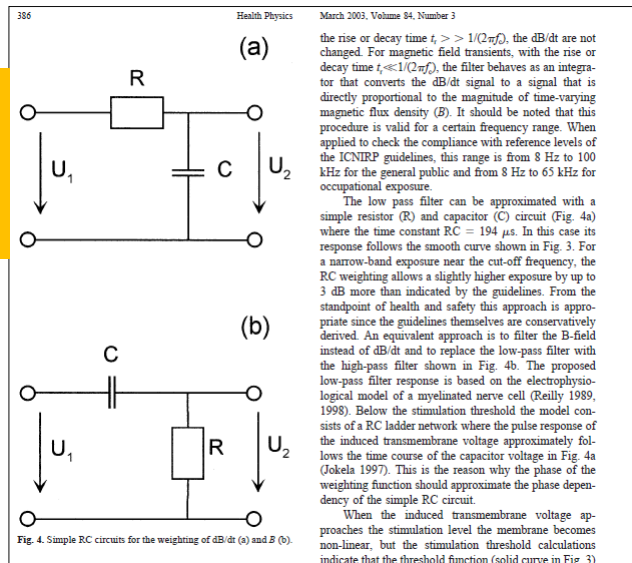
**Methode der gewichteten Spitzenwerte
(Weighted Peak Method WPM)**

16

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Methode der gewichteten Spitzenwerte (WPM)



Feldwirkungen auf Nervenzellen

Zellmembran mit Ionenkanal – Schema

Ka^+ , Na^+

Extrazellulärer Raum

Protein

Cytoplasma in Zelle

Proteine= EiweiÙe (Aminosäuren)

Nervenzelle:
Stark vereinfachtes Ersatzschaltbild

$I(t) \rightarrow$

Kondensator: Zellmembran
Widerstand: Ionenkanal

Änderung des Widerstandes
→ Öffnen/Schließen der Ionenkanäle

19

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Zellmembran mit Ionenkanal – Schema

Extrazellulärer Raum

Ka^+
 Na^+

Protein

Protein

Cytoplasma in Zelle

Potentialdifferenz

Innerhalb des Körpers bewegen sich freie Ionen infolge existierender Gradienten (elektrisch, chemisch)

- ➔ Diffusion durch offene Ionenkanäle
- ➔ auch Transport durch Ionenpumpen entgegen dem Gradienten

20

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Niederfrequente äußere Magnetfelder können im Gewebe zusätzliche elektrische Felder induzieren

**Feldstärke im Gewebe – Wirkung auf Membranspannung
- direkter Zusammenhang zu
Auslösung von Aktionspotentialen**



**Stimulation von Muskeln, Nervenzellen,
Sinneszellen (Phosphene)**

**Zur Vermeidung von Stimulationen ist Festlegung von
Expositionsgrenzwert notwendig:
Festlegung eines Spitzenwertes der Feldstärke im Gewebe**

21

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

ICNIRP: Ausgangspunkt Summenformel

$$\sum_i (WF)_i A_i \leq 1$$

Angabe einer Summenformel mit Bezug auf zulässigen Expositionswert für jede einzelne Frequenzkomponente

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

Berücksichtigung unterschiedlicher Phasenlagen

i Frequenzkomponente, Frequenz zwischen 1 Hz und 100 kHz

A_i Amplitude der i -ten Frequenzkomponente des Messsignals

φ_i Angabe bestimmter Bedingungen für Phasenwinkel
 i -te Frequenzkomponente Wichtungsfunktion u. Eckfrequenz f_c

θ_i Phasenwinkel i -te Frequenzkomponente Messsignal

22

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:



Wichtig ist es, zu bestimmen, ob sich bei gleichzeitiger Exposition durch Felder verschiedener Frequenzen eine additive Wirkung der Exposition ergibt.

ICNIRP GUIDELINES

FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING
ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (1 Hz – 100 kHz)

PUBLISHED IN: HEALTH PHYSICS 99(6):818-836; 2010

**Zeitbereichsbewertungsmethode ZBM
der DGUV 15 (BGV B11, 2001)**

B11
BGV B11

BG ETEM
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse

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.

Verfahren wurde an die Anforderungen der EMF-Richtlinie angepasst.

- Abschnitt in EMF-Leitfaden
- BMAS-Forschungsbericht 457 „EMF am Arbeitsplatz“

25
BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2 baua:

B11
BGV B11

BG ETEM
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse

Unfallverhütungsvorschriften
Elektromagnetische
Felder

Forschungsbericht "Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz"
Bewertung nicht-sinusförmiger und gepulster Felder Teil 1: Anpassung der Zeitbereichs-Bewertungsmethode (ZBM) für "Gepulste Felder" an die Rahmenbedingungen der Richtlinie 2013/35/EU

<http://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/Forschungsberichte/Forschungsberichte-Arbeitsschutz/fb-457-elektromagnetische-felder-am-arbeitsplatz.html>

26
BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2 baua:

Basis der Zeitbereichsbewertungsmethode (ZBM)

- **Physiologische Basis:**
Grundgesetz der Elektrostimulation -

Lapicque'sches Gesetz:

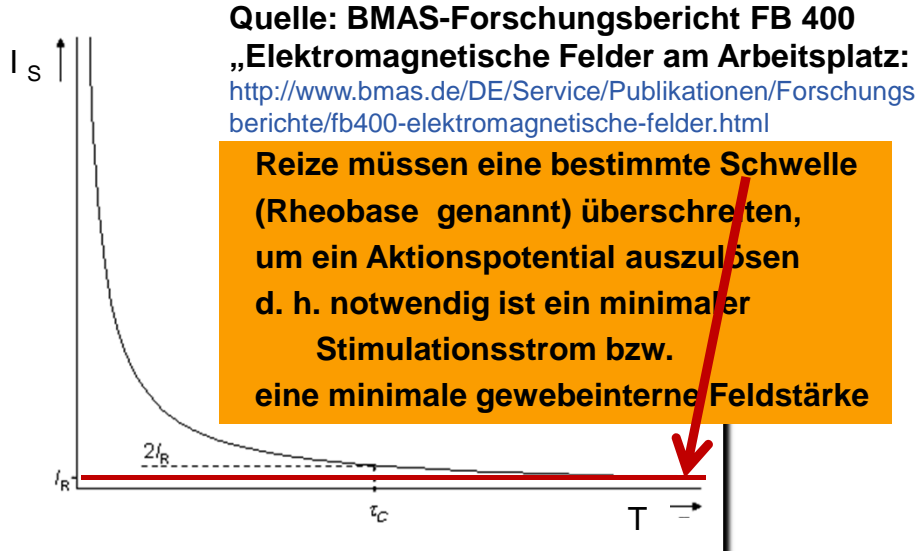
Beziehung zwischen der Stimulationsstärke und der Dauer des externen Reizes in Bezug auf physiologische Reize

27

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Grafik zum Lapicque'schem Gesetz

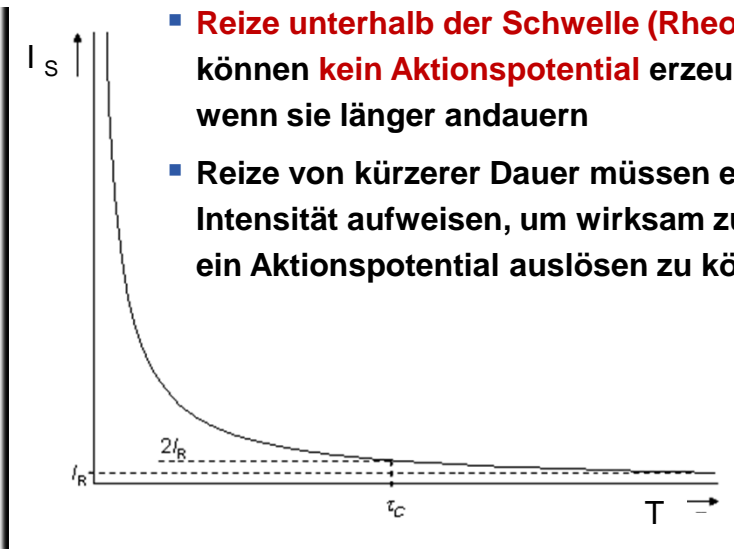


28

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Grafik zum Lapicque'schem Gesetz



- **Reize unterhalb der Schwelle (Rheobase) können kein Aktionspotential erzeugen, selbst wenn sie länger andauern**
- **Reize von kürzerer Dauer müssen eine höhere Intensität aufweisen, um wirksam zu sein, d.h. ein Aktionspotential auslösen zu können**

29

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Erläuterungen zur Bewertung von
EMF in der BG-Information DGUV
2013-038
„Beurteilung magnetischer Felder von
Widerstandsschweißeinrichtungen“
(2006)

(bisher BGI 5011)

30

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

BG-Information DGUV 2013-038

- **Detaillierte Hinweise zur Vorgehensweise bei Bewertung nach Zeitbereichsbewertungsmethode ZBM und Beispiele**

Hinweis in BGI: Abbildungen in DGUV 15 (BGV B11) nur zur Beschreibung der für die Bewertung notwendigen Parameter .

Abbildungen sind „Kein Katalog von Signalen, die ausschließlich bewertet werden können.“

**ZBM auf jede Exposition mit gepulsten Feldern anwendbar
Seit Jahren bei Anwendung in Praxis bewährt**

31

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Aktueller Stand

- **Gegenüberstellung WPM und ZBM**
- **Sind Randbedingungen/Voraussetzungen für die Anwendung der WPM festlegbar, um reproduzierbare Ergebnisse zu gewährleisten?**
- **Gibt es Expositionsbedingungen, die zur Unterbewertung durch WPM und damit zu Gefährdungen führen?**
- **Was können Implementierungen in Messgeräte leisten?
WPM lässt sich einfach in Messgeräte implementieren
(Angabe Prozentwert der messbaren Auslöseschwelle)**
- **Welcher Fehler ist bei Beurteilungsverfahren tolerierbar?**

32

BAuA-Informationsveranstaltung EMF, 8.11.2016 Hannelore Neuschulz, Gr. 2.2

baua:

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Dr. Hannelore Neuschulz

Gruppe 2.2, Physikalische Faktoren

b a u a : Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Nöldnerstr. 40-42, D-10317 Berlin

info.zentrum@buaa.bund.de

<http://www.buaa.de>