



Basiswissen

Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern



■ Grundlagen

■ Biologische
Effekte

■ Gesetze
und Normen

■ Schutz



Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder entstehen überall, wo Spannung vorhanden ist und Strom fließt. Sendeanlagen, zum Beispiel für die Telekommunikation, TV und Rundfunk, strahlen elektromagnetische Felder genauso ab wie Industrieanlagen oder medizinische Geräte. Die Abstrahlung ist einerseits eine ungewollte Begleiterscheinung, zum Beispiel bei Hochspannungsleitungen, andererseits wird sie zur Informationsübermittlung genutzt wie in der Telekommunikation.

Der Fachbegriff für Felder, die die Umwelt und insbesondere den Menschen beeinflussen, ist EMVU (elektromagnetische Verträglichkeit der Umwelt) oder EMF (elektromagnetisches Feld).

EMF bzw. EMVU ist nicht zu verwechseln mit EMV, der elektromagnetischen Verträglichkeit von Geräten. Welche Störstrahlung ein Gerät abgeben darf und gegen welche elektromagnetische Strahlung es geschützt werden muss, regeln die EMV-Richtlinien. Das CE-Zeichen garantiert deren Einhaltung.

Für die Einwirkung von elektromagnetischen Feldern auf den Menschen gelten andere Werte als in der EMV. Die Grenzwerte für Menschen sind in den EMF-Empfehlungen bzw. in Normen und Gesetzen festgelegt. Sie dienen dem Arbeitsschutz und dem Schutz der Öffentlichkeit.

Diese Broschüre vermittelt Grundkenntnisse über EMF, gibt einen Überblick über die biologischen Effekte beim Menschen und stellt Maßnahmen zum Schutz vor, deren Grundlage das Messen der Felder darstellt. Die nachfolgenden Ausführungen sollen einen Einblick in das Thema EMF geben, sind aber kein Ersatz für ein umfassendes EMF-Sicherheitstraining.

EMVU:
*elektromagnetische
Verträglichkeit
der Umwelt*

EMV:
*elektromagnetische
Verträglichkeit
der Geräte*

EMF:
*elektromagnetisches
Feld, in Englisch:
electromagnetic field,
EMF entspricht
EMVU*

EMI:
*electromagnetic
interference*

EMC:
*electromagnetic
compatibility,
entspricht EMV*

Vorwort	Seite	2
---------	-------	---

GRUNDLAGEN

Wie ein elektrisches Feld entsteht	Seite	4
Wie ein magnetisches Feld entsteht	Seite	4
Spannung mal Stromstärke gleich Leistung	Seite	5
Von statischen Feldern und Wechselfeldern	Seite	6
Von Niederfrequenz und Hochfrequenz	Seite	7
Typische Anwendungsgebiete elektromagnetischer Felder	Seite	8
Wie weit wirken Felder?	Seite	9
Die Wellenlänge	Seite	10
Die Eigenschaften von Nah- und Fernfeld	Seite	12

BIOLOGISCHE EFFEKTE

Auswirkungen hochfrequenter Felder	Seite	13
Auswirkungen niederfrequenter Felder	Seite	15

GESETZE UND NORMEN

Grenzwerte und Regelungen zum Schutz der Menschen	Seite	17
---------------------------------------------------	-------	----

SCHUTZ

Messen – der erste Schritt für wirksamen Schutz	Seite	19
Die wichtigsten Schutzmaßnahmen bei Grenzwertüberschreitungen	Seite	20
Die Anforderungen an EMF-Messgeräte	Seite	22
Die Vorbereitung der Messung	Seite	22
Die Durchführung der Messung	Seite	23
Besonderheiten von HF-Feldern	Seite	24
Besonderheiten von NF-Feldern	Seite	29

LITERATURHINWEISE

Seite	33
-------	----

INTERNETADRESSEN

Seite	35
-------	----

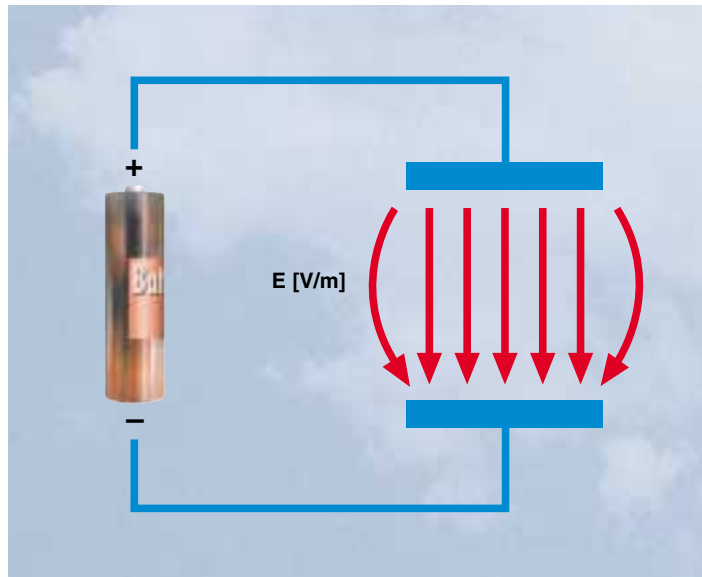
STICHWORTVERZEICHNIS

Seite	36
-------	----

Wie ein elektrisches Feld entsteht

Werden zwei Metallplatten an eine Batterie angeschlossen, bildet sich zwischen den Platten ein elektrisches Feld aufgrund der elektrischen Spannung. Die Elektrische Spannung wird in der Maßeinheit Volt [V] angegeben.

Erzeugt beispielsweise eine Batterie 1,5 Volt, beträgt auch die Spannung zwischen den Platten 1,5 Volt. Wären die Platten einen Meter voneinander entfernt, betrüge die elektrische Feldstärke E 1,5 Volt pro Meter [V/m] zwischen den Platten.



Elektrische Felder entstehen z.B. an allen Zuführungskabeln, auch wenn das Gerät nicht betrieben wird.

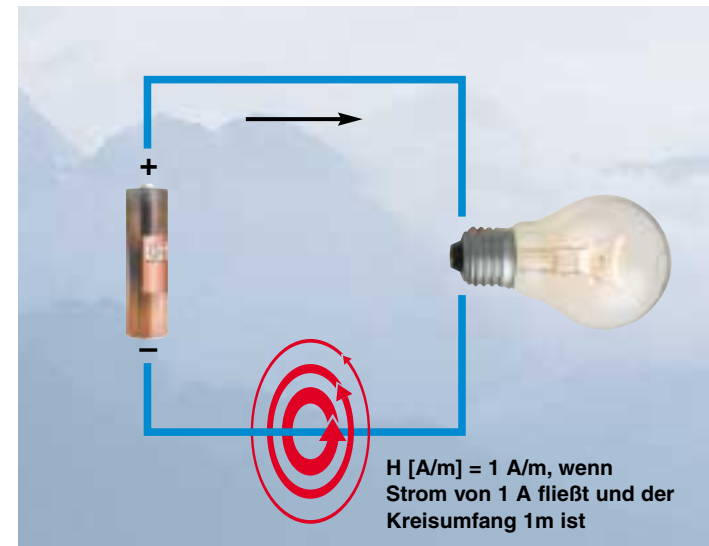
Magnetische Felder entstehen, wenn Strom fließt, also ein Gerät betrieben wird.

Wie ein magnetisches Feld entsteht

Eine Glühlampe ist an eine Batterie angeschlossen und leuchtet. Es fließt Strom, der in Ampere [A] angegeben

wird. Sobald Strom fließt, entsteht ein magnetisches Feld. Die magnetische Feldstärke H wird in der Maßeinheit Ampere pro Meter [A/m] angegeben.

Die magnetischen Feldlinien sind kreisförmig um den durchflossenen Leiter angeordnet.



Spannung mal Stromstärke gleich Leistung

Die elektrische Spannung beim Glühlampenbeispiel beträgt 1,5 Volt, der Strom fließt mit 1 Ampere. Das ergibt eine Leistung, die in Watt [W] gemessen wird, errechnet aus $1,5 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 1,5 \text{ W}$.

V:
Volt, Maßeinheit für elektrische Spannung

kV:
1 Kilovolt = 1000 Volt

E:
elektrisches Feld

V/m:
Volt pro Meter, Maßeinheit für elektrische Feldstärke

A:
Ampere, Maßeinheit für elektrischen Strom

H:
magnetisches Feld

A/m:
Ampere pro Meter, Maßeinheit für magnetische Feldstärke

W:
Watt, Maßeinheit für Leistung

kW:
1 Kilowatt = 1000 Watt

B:
magnetische Induktion oder Flussdichte, üblicherweise Bezeichnung des magnetischen Feldes in der Niederfrequenz

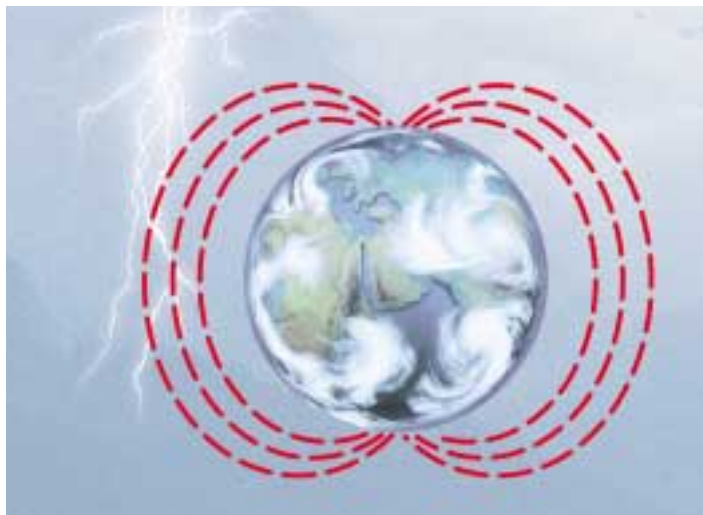
T:
Tesla, Maßeinheit für B

G:
Gauss, alternative Maßeinheit für B

Von statischen Feldern und Wechselfeldern

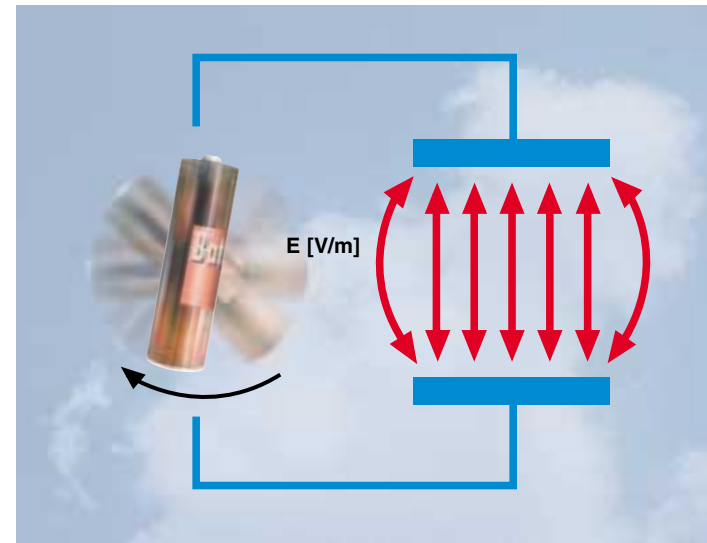
Elektrische Felder richten sich vom Plus- zum Minuspol aus. Bei statischen Feldern oder sogenannten Gleichfeldern ist die Polarität über die Zeit konstant. Das natürliche elektrische Gleichfeld um die Erde beträgt bei Schönwetter 0,1 bis 0,5 kV/m. Dieses kann bei Gewitter bis zu 20 kV/m ansteigen. Künstlich erzeugte elektrische Gleichfelder werden zum Beispiel bei Pulverbeschichtungsmaschinen eingesetzt.

Das Magnetfeld der Erde ist ebenfalls ein Gleichfeld mit einer Stärke von ca. 40 μT (Mikrotesla) in Mitteleuropa. Magnetische Gleichfelder entstehen bzw. werden eingesetzt bei U- und S-Bahnen und in der Kernspintomographie.



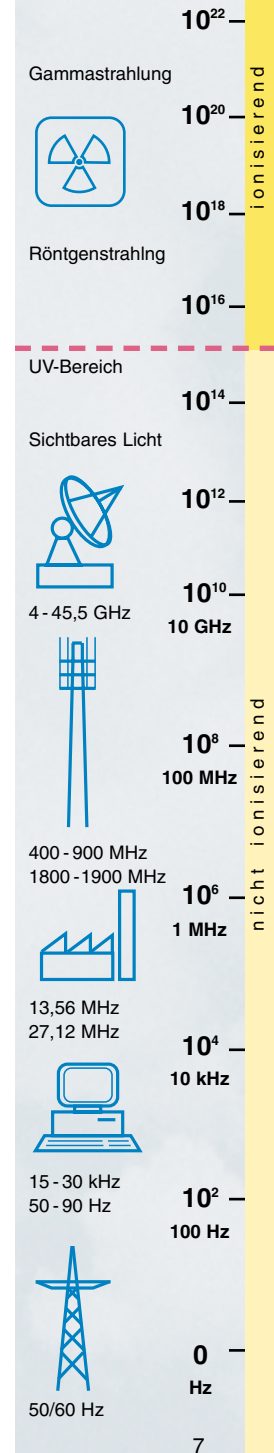
Ein statisches Feld erzeugt auch die Batterie aus unserem Beispiel. Würde die Batterie dauernd umgedreht, also umgepol, würde ein elektrisches Feld entstehen, das ständig seine Richtung wechselt, ein sogenanntes Wechselfeld. Zwei Richtungswechsel ergeben eine Schwingung. Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde bezeichnet man als Frequenz. Die Maßeinheit für die Frequenz des Wechselfeldes ist Hertz [Hz]. Wechselt das Feld also

100 mal in der Sekunde die Richtung, ergeben sich 50 Schwingungen und damit 50 Hertz, die übliche Frequenz der Wechselspannung im öffentlichen Stromnetz (bzw. 60 Hertz, z.B. in den USA).



Von Niederfrequenz (NF) und Hochfrequenz (HF)

Wechselfelder werden in niederfrequente Felder (meist bis 100 kHz) und in hochfrequente Felder (meist 100 kHz bis 300 GHz) eingeteilt (insgesamt gibt es 11 Feinabstufungen). Darüber liegen der Infrarotbereich, sichtbares Licht sowie die ultraviolette Strahlung, Röntgen- und Gammastrahlung. Im Bereich der ultravioletten Strahlung liegt die Grenze zwischen ionisierender und nichtionisierender Strahlung. In der Niederfrequenz wird traditionell statt der magnetischen Feldstärke die magnetische Flussdichte B in Tesla [T] oder in Gauss [G] angegeben. In der Hochfrequenz wird dagegen die magnetische Feldstärke immer in Ampere pro Meter [A/m] gemessen.





Typische Anwendungsgebiete elektromagnetischer Felder

Statische elektrische Felder werden zum Beispiel genutzt für: Galvanisierung, Pulverbeschichtung, Metallurgie und Metallveredelung.

Statische magnetische Felder werden eingesetzt bzw. entstehen bei: Kernspintomographie, Beschleunigung von Elementarteilchen, U- und S-Bahnen, Kernfusion, Magnetschwebebahn (Trage- und Führungsmagnete).

Niederfrequente Felder treten typischerweise in der Stromversorgung, bei industriellen Bearbeitungsvorgängen wie Schmelzen und Schweißen sowie bei elektrisch betriebenen Eisenbahnen auf.

Hochfrequente elektromagnetische Felder kommen z.B. in den Bereichen Mobilfunk, Rundfunk, TV-Sendeanlagen, Satellitenkommunikation, Radaranlagen, Industrieanlagen zum Schmelzen, Erwärmen, Härten und Kunststoffschweißen, in der Halbleiterproduktion und bei Mikrowelleneinrichtungen vor.

Bei allen vorgenannten Anwendungsgebieten treten Strahlenbelastungen auf, bei denen gültige Grenzwerte eingehalten werden müssen. Aus Arbeits- und Umweltschutzgründen müssen diese Anwendungen messtechnisch erfasst und gegebenenfalls regelmäßig überwacht werden. Bei Grenzwertüberschreitungen sind gemäß den nationalen Vorschriften bzw. Unternehmensrichtlinien Schutzmaßnahmen einzuleiten.

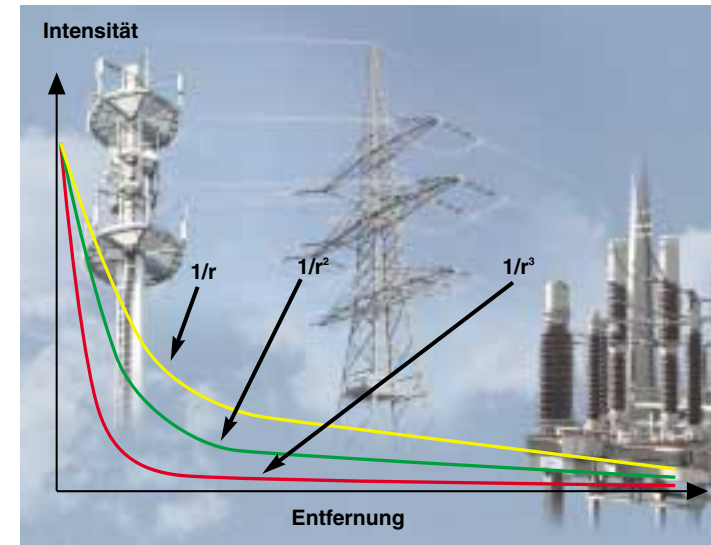


Wie weit wirken Felder?

Die Feldstärke nimmt rapide mit zunehmender Entfernung zur Strahlenquelle ab; Abstand zu halten gehört daher zu den einfachsten Schutz- und Vorsorgemaßnahmen.

ABSTAND VON ANTENNE*	FELDSTÄRKE
1 m	100 V/m <small>Achtung: Grenzwertüberschreitung nach ICNIRP Occup.</small>
2 m	50 V/m
3 m	33,3 V/m
10 m	10 V/m

*z.B. Dipolantenne, 900 MHz



Das elektrische Feld lässt sich gut abschirmen, zum Beispiel mit einer dünnen geerdeten Metallfolie oder mit Schutzanzügen, wenn in starken hochfrequenten Feldern gearbeitet werden muss.

Insbesondere das niederfrequente magnetische Feld durchdringt nahezu unbeeinflusst die meisten Materialien. Eine großräumige Abschirmung ist technisch nur mit hohem Aufwand realisierbar.

Abklingverhalten von Feldern

(r = Abstand zur Feldquelle)

1/r:

Einleitersysteme, E und H im Fernfeld (typischerweise sämtliche kabellose Kommunikationseinrichtungen, z.B. GSM, Pagerdienste, Rundfunk, TV)

1/r²:

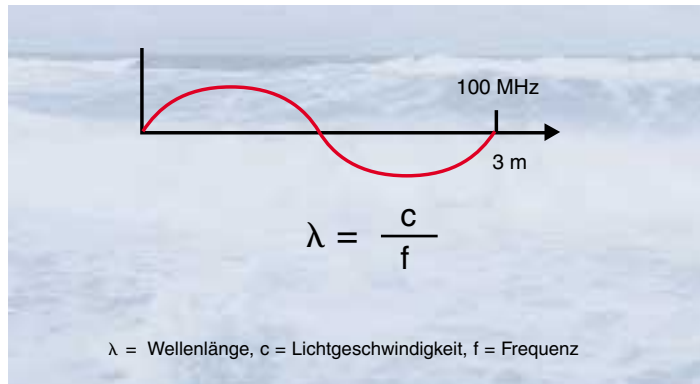
Zwei- und Mehrleitersysteme, B im Nahfeld (typischerweise Stromleitungen in Gebäuden und Überlandleitungen)

1/r³:

Spulen, B im Nahfeld (typischerweise Transformatoren der Stromversorgung, Elektromotoren, Generatoren)

Die Wellenlänge – wichtig für die Definition von Nah- und Fernfeld

Elektromagnetische Strahlung breitet sich wellenförmig mit Lichtgeschwindigkeit (300.000 km/s) aus. Je höher die Frequenz, desto kürzer die Wellenlänge λ . 50 Hz hat eine Wellenlänge von 6.000 km, 900 MHz (Mobilfunkantennen) von 33 cm und 20 GHz (Satellitenkommunikation) von 1,5 cm.



Signale können besonders gut von Vorrichtungen empfangen werden, deren Abmessungen der Wellenlänge der Sendefrequenz entsprechen. Dazu betrachten wir der Einfachheit halber Wasserwellen. Ein langer Stock wird von kleinen Wellen nicht erfasst, er schwimmt obenauf. Erst bei Wellen, die mindestens halb so lang wie der Stock sind, wird er die Bewegungsenergie aufnehmen und die Wellenbewegung vollständig mitmachen. Man spricht hier vom Resonanzeffekt.

Ähnlich verhält es sich mit Antennen. Hausantennen sind z.B. für unterschiedliche Frequenzen ausgelegt, erkennbar an den Abständen und an der Länge der Querstreben. Diese Abstände und Längen sind auf die Wellenbereiche abgestimmt, die empfangen werden sollen.

Ist der Abstand von der Strahlenquelle kleiner als drei Wellenlängen, befindet man sich im sogenannten Nahfeld (Faustformel). Im niederfrequenten Bereich ist das aufgrund der extrem langen Wellen (6000 km bei 50 Hz) fast immer der Fall.

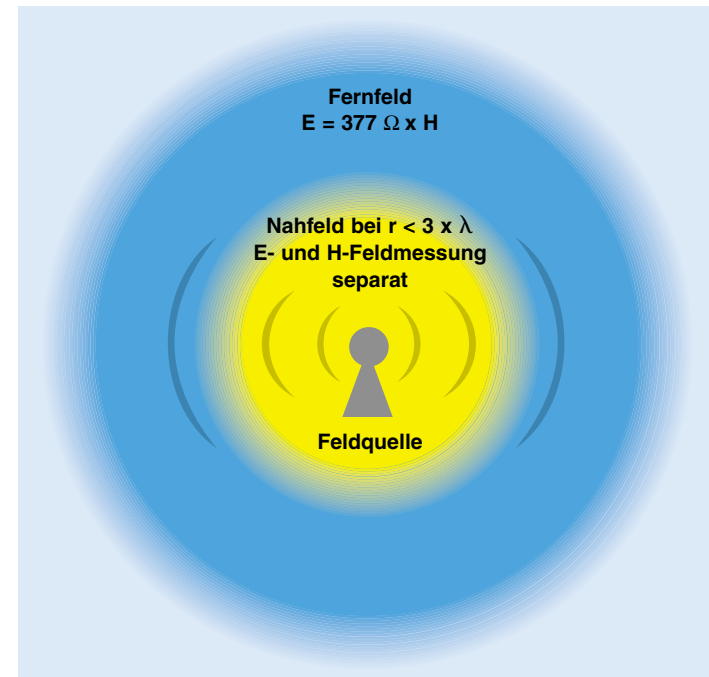
Beträgt der Abstand mehr als drei Wellenlängen, spricht man vom Fernfeld. Die Unterscheidung in Nah- und Fernfeld ist für Messungen im Hochfrequenzbereich wichtig.

Eine Besonderheit gibt es bei Radarantennen aufgrund des großen Durchmessers D : Hier liegt die Nah- bzw. Fernfeldgrenze bei

$$R > \frac{2 D^2}{\lambda}$$

Eine Beispielrechnung für $f = 1,7 \text{ GHz}$, $\lambda = 17,7 \text{ cm}$, $D = 10 \text{ m}$:

$$R_{\text{Grenze}} = \frac{2 \times 10^2 \text{ m}^2}{0,177 \text{ m}} = 1130 \text{ m}$$



f:
Frequenz

λ :
Wellenlänge

D:
Durchmesser

R:
Abstand zur
Sendeantenne

Im Fernfeld kann bei gemessenem E-Feld das H-Feld mit folgender Formel berechnet werden:

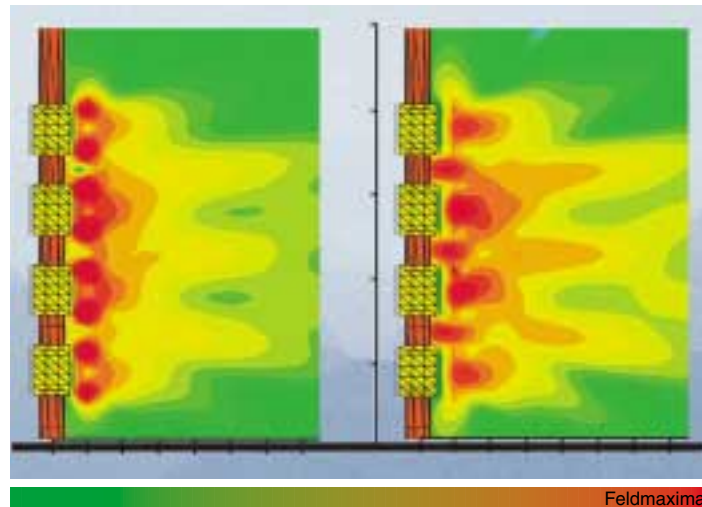
$$H = \frac{E}{Z_0}$$

Z_0 ist der Feldwiderstand des freien Raumes und beträgt 377Ω (Ohm)

Die Eigenschaften von Nah- und Fernfeld

Im Nahfeld ist das Verhältnis von elektrischer und magnetischer Feldstärke nicht konstant, wie an untenstehender Grafik gut ersichtlich ist. Unmittelbar an der Antenne kann es Bereiche geben, in denen fast ausschließlich ein elektrisches oder magnetisches Feld vorherrscht. Deshalb müssen hier beide Komponenten E und H getrennt gemessen werden.

Intensitätsverteilung im Nahfeld einer UKW-Sendeanlage (100 MHz)



Unterschiedliche Feldverteilung der lokalen Maxima im H-Feld

Unterschiedliche Feldverteilung der lokalen Maxima im E-Feld

Mit zunehmendem Abstand ist das Verhältnis von elektrischer und magnetischer Strahlung mehr und mehr eine konstante Größe.

Daher kann im Fernfeld die separate Messung von E- und H-Feld bei elektromagnetischer Strahlung entfallen; die Messung einer Komponente reicht, da die anderen errechnet werden können. Neben E- und H-Feldstärken kann unter Fernfeldbedingungen auch die Leistungsdichte S in Watt pro Quadratmeter $[W/m^2]$ bzw. $[mW/cm^2]$ berechnet werden. Sie erhält man durch Multiplikation von elektrischer und magnetischer Feldstärke, zum Beispiel: $S = 50 \text{ V/m} \times 0,13 \text{ A/m} = 6,63 \text{ W/m}^2$.

Elektromagnetische Felder können biologische Wirkungen verursachen, die nachteilige Folgen für die Gesundheit des Menschen haben können.

Eine biologische Wirkung beim Menschen tritt auf, wenn es durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung zu merk- baren oder erkennbaren physiologischen Veränderungen im biologischen System kommt.

Zu gesundheitlichen Schäden kommt es, wenn die Wirkung über das hinausgeht, was vom Körper im Normalfall ausgeglichen werden kann.

Die Wirkung elektromagnetischer Felder hängt ab von

- der Frequenz,
- der Feldstärke,
- dem Feldtyp (E- oder H-Feld),
- der Expositionszeit,
- dem Expositionsumfang (Körperteil oder Gesamtkörper) und
- den Signalformen.

Auswirkungen hochfrequenter Felder

HF-Felder zwischen 1 MHz und 10 GHz dringen in das Körpergewebe ein und erwärmen dieses durch Energieab- sorption. Die Eindringtiefe sinkt mit steigender Frequenz. Da die Erwärmung von innen heraus erfolgt, wird sie nicht oder zu spät wahrgenommen, denn Wärme wird vor allem von unseren Rezeptoren nahe der Haut registriert. Eine Erwärmung durch nur geringe Mengen von HF-Energie kann der Körper durch die normale Thermoregulierung abführen.

HF-Felder über 10 GHz werden an der Hautoberfläche absorbiert. Nur ein sehr geringer Teil der Energie dringt in das darunter liegende Gewebe ein. Zu gesundheitlichen Schäden wie grauem Star oder Hautverbrennungen kann

Umrechnungsbeispiele Hochfrequenz (unter Fernfeldbedingungen)

E [V/m]	H [A/m]	S [W/m ²]
5	0,01	0,07
10	0,03	0,27
50	0,13	6,63
100	0,27	26,53

es erst bei sehr hohen Feldstärken kommen. Sie treten im normalen Alltagsleben nicht auf, aber beispielsweise in unmittelbarer Nähe von leistungsstarken Radaranlagen. Diese Bereiche sind üblicherweise weiträumig abgesperrt.



bis 30 MHz:	große Eindringtiefe in menschlichen Körper; inhomogene Verteilung der absorbierten Leistung
30 - 300 MHz:	sogenannter „Resonanzbereich“; Größe des Menschen oder einzelner Körperteile sind der Wellenlänge der Senderfrequenz ähnlich. Die Energie der Felder wird daher am effektivsten absorbiert. Daher bestehen in diesem Frequenzbereich die niedrigsten Grenzwerte
300 MHz - 10 GHz:	Eindringtiefe von EMF in menschlichen Körper wird immer geringer
ab 10 GHz:	Temperaturerhöhung auf der Oberfläche des Körpers (kann zu Hautverbrennungen führen)

SAR:
Spezifische
Absorptionsrate
gemessen
in W/kg

Die Energieabsorption durch HF-Felder im Gewebe wird als spezifische Absorptionsrate (SAR) innerhalb einer bestimmten Gewebsmasse bestimmt; die Einheit dafür ist Watt pro Kilogramm [W/kg]. Die Grenzwerte für HF-Felder basieren auf SAR.

Wirkungen von HF-Feldern mit niedriger Intensität und deren Langzeiteffekte werden zum Beispiel im Rahmen des Internationalen EMF-Projekts der WHO überprüft und bewertet.

Nach bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen ist umstritten, dass Belastungen durch HF-Felder Krebserkrankungen auslösen oder begünstigen. Andere Auswirkungen auf Zellen, Enzymaktivität und Gene werden unter bestimmten Bedingungen (Frequenz, Signalform, Intensität) festgestellt. Doch ist derzeit noch unklar,

ob und welche dieser gefundenen Effekte für die Gesundheit des Menschen eine Bedeutung haben können. Dies zu untersuchen ist Thema der Forschung.

Wie stark ein Körperteil Wärme durch hochfrequente Felder aufnimmt, d.h. absorbiert, hängt von der Durchblutung und der Wärmeleitfähigkeit ab. Beispielsweise sind die Linsen der Augen und die Kniescheibe besonders gefährdet, da diese Körperteile nicht oder kaum durchblutet sind. Herz, Lunge und Haut hingegen sind durch ihre starke Durchblutung weniger empfindlich.

Aber auch sekundäre Effekte von Feldern können indirekt die Gesundheit beeinflussen. Zum Beispiel können Mobiltelefone und deren gesendete Signale Auswirkungen auf Navigationseinrichtungen von Flugzeugen haben. Zudem können elektronische Implantate wie Herzschrittmacher von abstrahlenden HF-Geräten und Sendeantennen beeinträchtigt werden.

Auswirkungen niederfrequenter Felder

Durch niederfrequente magnetische Felder werden Körperströme induziert, bei niederfrequenten elektrischen Feldern spricht man von influenzierten Körperströmen. Die dominierende Wirkung ist die Reizung von Nerven- und Muskelzellen.

Die Grenzwerte in der Niederfrequenz basieren auf dem Stromdichtemodell, das die prinzipielle Abhängigkeit der reizwirksamen Stromdichte von der Frequenz erklärt.

Bei niederfrequenten Feldern werden frequenzabhängig vor allem Reizwirkungen auf Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen beobachtet. Je höher die Feldstärke, desto stärker sind die Auswirkungen. Während der menschliche Organismus schwache Wechselwirkungen oft ausgleicht, kann es bei stärkerer Intensität zu Belastungen kommen, die unter Umständen zu irreversiblen Gesundheitsschäden führen. Ob schwach niederfrequente Felder zur Erhöhung der Krebsrate führen, ist nicht eindeutig geklärt. Weltweit laufen wissenschaftliche Untersuchungen über die Auswirkungen niederfrequenter Felder.

Gehirn ++
Linse +++

Lunge +
Herz +

Haut +

Innere
Organe +

Knie-
scheibe +++

Metallische
Implantate +++

schwache Absorption +
mittlere Absorption ++
starke Absorption +++

Exposition im
homogenen Feld,
unmoduliertes Signal



Niederfrequente Felder können auch auf Herzschrittmacher und andere elektronische Implantate einwirken. Auch für diese sekundären Effekte gibt es entsprechende Grenzwerte, die nicht überschritten werden dürfen.

Statische Felder können Elektrisierungen, z.B. das harmlose Aufstellen von Haaren und elektrostatische Entladungen hervorrufen. Bei hohen statischen E-Feldern ist die Möglichkeit von Spannungsüberschlägen zu beachten.

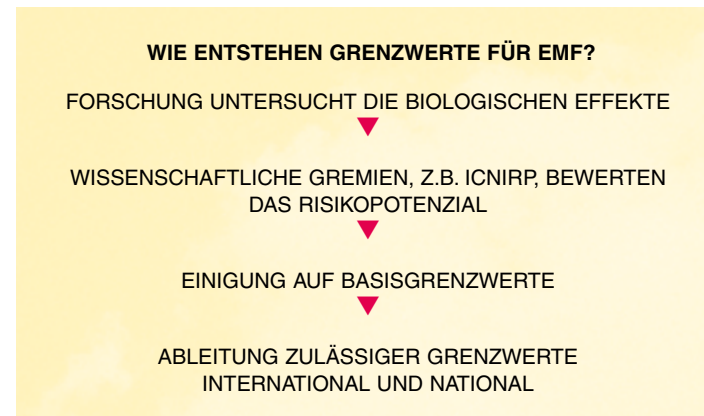
Erst bei sehr hohen magnetischen Feldern (> 4T) treten Auswirkungen auf die Gesundheit auf. Für die Grenzwerte sind daher die Kraftwirkungen auf metallische Objekte ausschlaggebend.



Stromdichte (mA/m ²)	Wirkungen
unter 1	Keine gesicherten Effekte; Bereich der natürlichen Hintergrundstromdichten in den meisten Körperorganen
1 bis 10	Subtile biologische Wirkungen wie veränderte Kalziumflüsse oder die Hemmung der Melatoninproduktion (regelt u. a. den Tag-Nacht-Rhythmus). Die Hintergrundstromdichte von Herz und Gehirn liegt in diesem Bereich
10 bis 100	Gut bestätigte Effekte, z.B. Änderung der Protein- und DNS-Synthese, Änderung u.a. der Enzymaktivitäten, deutlich visuelle (Magnetophosphene) und mögliche nervöse Effekte; Heilungsprozesse bei Knochenbruch können beschleunigt wie auch zum Erliegen gebracht werden
100 bis 1000	Erregbarkeit des zentralen Nervensystems verändert sich; Bereich, in dem Reizwirkungen im erregbaren Gewebe beobachtet werden
Über 1000	Leichte bis schwerere Herzfunktionsstörungen, akute Gesundheitsschäden

Grenzwerte und Regelungen zum Schutz der Menschen

Um zu gewährleisten, dass eine Belastung des Menschen durch elektromagnetische Felder nicht zu einem gesundheitlichen Schaden führt, wurden verschiedene internationale Richtlinien und Normen zum Beispiel von der ICNIRP verfasst. ICNIRP ist die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung. Die nicht-staatliche Organisation besteht aus unabhängigen Wissenschaftlern aus der ganzen Welt und arbeitet eng mit der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zusammen.



Für die derzeitigen Basisgrenzwerte sind die Kurzeit-effekte ausschlaggebend. Bei Langzeiteffekten laufen viele Untersuchungen, deren Ergebnisse jedoch noch nicht gesichert sind. Daher können keine Empfehlungen abgeleitet werden.

Da die Basisgrenzwerte nur mittels aufwändiger Labor-experimente messbar sind, werden anhand von Körper-modellen und Simulationen Referenz-Grenzwerte abgeleitet, die messtechnisch einfach zu erfassen sind.

MASSEINHEITEN FÜR BASISGRENZWERTE

IN DER HOCHFREQUENZ:
SPEZIFISCHE ABSORPTIONSRATE SAR IN W/KG

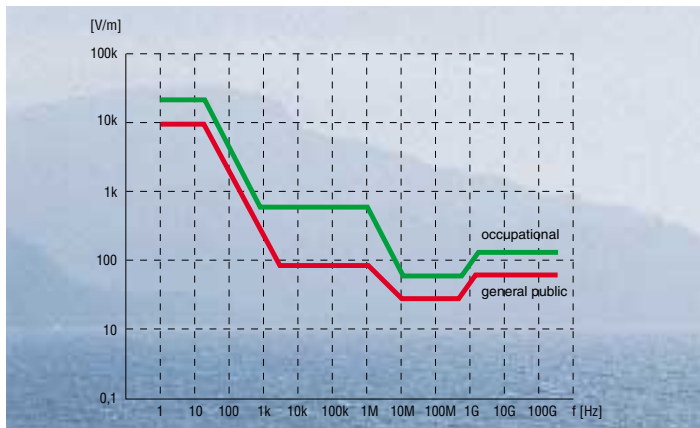
IN DER NIEDERFREQUENZ:
STROMDICHTE J IN mA/m²

DARAUS ABGELEITETE GRENZWERTE

E-FELD IN V/M

H-FELD IN A/M BZW. B-FELD IN T ODER G
LEISTUNGSFLUSSDICHTE S IN mW/cm²

Die Grenzwerte, in Gesetzen, Standards, Normen und Empfehlungen geregelt, sind in den einzelnen Ländern unterschiedlich festgelegt. In der Regel fallen die Grenzwerte für die allgemeine Bevölkerung strenger aus als für Feldeinwirkungen am Arbeitsplatz, da man hier von erfahrenem Personal ausgeht, das regelmäßig informiert wird. Dieses kennt die potenziellen Strahlenquellen, weiss über die Schutzmaßnahmen Bescheid und verfügt über die entsprechende Messtechnik. Es sollte ein EMF-Sicherheitskonzept vorhanden sein mit Vermittlung von EMF Grundlagen und Schutzvorkehrungen. Davon kann man bei der Allgemeinbevölkerung nicht ausgehen. Daher sind aus Vorsorge für die Bevölkerung die Grenzwerte niedriger.



EMF-Grenzwertkurven ICNIRP 1988

EMF-Grenzwerte von internationalen Organisationen:

ICNIRP
(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

IEEE
(Institute of Electrical & Electronics Engineers)

CENELEC
(European Committee for Electrotechnical Standardization)

Abgrenzung zu Produktstandards

Neben den Umweltnormen bestehen Gerätenormen für die maximale Strahlung, die ein Monitor abgeben darf, z.B. TCO.

Das CE-Zeichen bestätigt die Störschrafffestigkeit eines Gerätes, damit ein störungsfreies Funktionieren verschiedener Geräte untereinander sichergestellt ist. Es handelt sich also um ein Gütesiegel für das Produkt, nicht um Gesundheits- und Arbeitsplatzschutz.

Messen – der erste Schritt für wirksamen Schutz

Im beruflichen Umfeld kommt eine Vielzahl von verschiedenen nieder- wie hochfrequenten Strahlenkombinationen zustande. Die genaue Belastung durch EMF lässt sich nur mit geeigneten Messgeräten feststellen. Felder können nur eingeschränkt simuliert oder errechnet werden, da sie z.B. durch schwer berechenbare Reflektionen verstärkt werden. Leckstellen in Antennenzuleitungen können nur durch Messungen erfasst werden.

Eine wichtige vorbeugende Schutzmaßnahme besteht in der Standortwahl von Produktionsanlagen und Einrichtungen, die elektromagnetische Felder erzeugen. Arbeitsplätze, an denen es zu Grenzwertüberschreitungen kommen kann, müssen mit den notwendigen Sicherheitseinrichtungen versehen werden. Personal, das mit der Bedienung, Verwaltung und Kontrolle von Anlagen mit elektromagnetischer Strahlung beschäftigt ist, muss in Schutzmaßnahmen geschult werden. Diese Schulung sollte umfassen:



- Die Vermittlung von Grundlagenwissen über elektromagnetische Strahlung,
- Messverfahren, Messmittel und Fehlervermeidung bei der Messung,
- Durchführung einer Messung und Protokollierung,
- individuelle Schutzmaßnahmen sowie
- Verhalten bei Grenzwertüberschreitungen.

Die wichtigsten Schutzmaßnahmen bei Grenzwertüberschreitungen

Der Gefahrenbereich ist mit entsprechenden organisatorischen Maßnahmen zu sichern, gegebenenfalls auch mit fest installierten Messsystemen. Das kann je nach Gefahrenpotenzial Abriegeln, Abschirmen oder Eingrenzen sein, damit Abstand gewahrt wird. Ein Warnschild ist obligatorisch.

Muss der Gefahrenbereich betreten werden, z.B. bei Wartungsarbeiten, sind je nach Standard bzw. Betriebsanweisung unterschiedliche Regeln zu beachten, beispielsweise

- die Berücksichtigung von Zeitfenstern mit geringerer Kapazitätsauslastung und somit geringerer Emission von EMF,
- die Vorschriften für die Annäherung an die Feldquelle,
- eventuell die Reduzierung der Leistung oder
- das Abschalten der Anlage.



Personen, die Gefahrenbereiche betreten, sollten neben der eigentlichen Schutzausrüstung Messgeräte bzw. einen Personal Monitor und Zugangspläne bei sich haben. Bei Arbeiten an Rundfunksendern sind Schutzanzüge in vielen Betreiberfirmen obligatorisch. Des Weiteren sind die unterschiedlichen Durchführungsbestimmungen des entsprechenden Landes bzw. des Betriebes zu beachten. In Sendeanlagen sollte der Überwachungsmonitor genauso selbstverständlich sein wie der Gasdetektor im Untertagebau.

Wann braucht man welche Messtechnik?

Personenschutz:
Überwachungsmonitor;
praktisch und handlich,
frequenzgang-
bewertend, bei Arbei-
ten in HF-Umgebung
obligatorisch; einfachst
zu bedienen (ein-
schalten und
überwachen)

**Für allgemeine
Messungen gemäß
EMF-Standards:**
breitbandige EMF-
Messtechnik mit
wechselbaren E- und
H-Feldsonden für
Messungen des
gesamten vorherr-
schenden Spektrums
(dem auch der
Körper ausgesetzt ist)

**Identifizierung
und Zuordnung von
Frequenz zu
Feldstärke:**
selektive EMF-
Messtechnik, die das
gesamte Spektrum
nach vorhandenen
Frequenzen und
deren Feldstärken
differenziert anzeigt

Die Anforderungen an EMF-Messgeräte

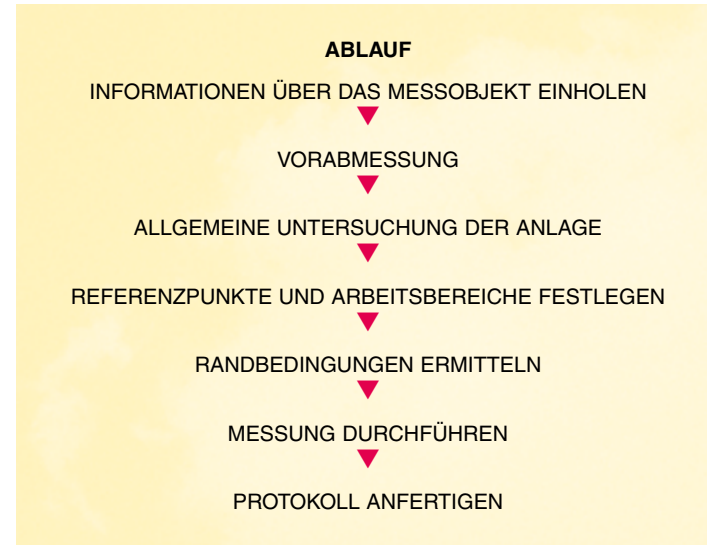
EMF-Messgeräte müssen je nach Frequenzbereich die elektrische Feldstärke E , die magnetische Feldstärke H und die magnetische Flussdichte B messen sowie die Leistungsdichte S bestimmen können. Zudem sollten sie normenkonforme Anforderungen erfüllen wie Mittelwertbildung, Effektiv- und Spitzenwertbildung und mit isotropen (richtungsunabhängig messenden) Sonden ausgestattet sein. Von Vorteil sind praktische und arbeitstechnische Funktionen wie Datenspeicher, Alarmfunktion, automatischer Nullabgleich und die einfache Bedienung.



Die Vorbereitung der Messung

- Es sind beim Betreiber technische Angaben über die Feldquellen einzuholen (Frequenzen, Generatorleistung, Strahlungseigenschaften, Modulation, Leiterströme und -spannungen).
- Die Expositionsbedingungen und Angaben zu den exponierten Personen (Aufenthaltsorte und -zeiten, Schichtbetrieb, Personengruppen) sind zu ermitteln.
- Der bewertbare Betriebszustand bei Anlagen mit wechselnden Betriebsparametern ist festzulegen.
- Messverfahren und Messgeräte sind entsprechend den technischen Bedingungen und den gültigen Länderbestimmungen auszuwählen.

- Bei den Messgeräten muss eine Funktionskontrolle und ein Nullabgleich durchgeführt werden. Auch ist zu prüfen, ob die vom Hersteller empfohlenen Kalibrierungsfristen noch nicht abgelaufen sind.
- Es sollte eine Abschätzung der zu erwartenden Feldstärke bzw. Leistungsflussdichte stattfinden, um evtl. persönliche Schutzmaßnahmen vorzusehen und die richtigen Messgeräte bzw. Sonden auszusuchen.



Die Durchführung der Messung

Die Messungen sind bei der im Betrieb maximal auftretenden Leistung durchzuführen. Ist dies nicht möglich, sind die Werte entsprechend hochzurechnen. Wird an Arbeitsplätzen gemessen, müssen diese unbesetzt sein, da der menschliche Körper Felder beeinflussen kann; dies kann zu Messabweichungen führen. Die messende Person hat darauf zu achten, dass sie sich während der Messung nicht zwischen Feldquelle und Feldsonde bzw. Messantenne aufhält. Hilfreich sind Messgeräte, die auch per Fernsteuerung bedient werden können.

Mit einer breitbandigen Messung werden alle Signale innerhalb eines Frequenzbereichs erfasst. Damit ist die Gesamtbelastung, die auf den Körper einwirkt, erkennbar.

Mit speziellen Sonden, sogenannten „shaped probes“, wird die Gesamtbelastung in Prozent vom Grenzwert angezeigt. Umständliche Vergleiche mit Grenzwert-Tabellen und Berechnungen entfallen damit.

Mit der selektiven Messung lässt sich der Anteil der einzelnen Frequenzen an der Gesamtbelastung feststellen. Durch Übersichtsmessungen können Frequenzen vorherrschender Signale ermittelt werden. Die Messung ist dann pro Frequenz durchzuführen. Für solche Messungen empfiehlt sich ein frequenzselektives System. Messwerte werden direkt in Feldstärke entsprechend der Sendefrequenz angezeigt.

Nach der Messung ist ein Messprotokoll anzufertigen und mit allen Angaben gemäß den gültigen Länderbestimmungen zu versehen.

Besonderheiten von HF-Feldern

Da die Ausbreitungsrichtung der Wellen im freien Feld nicht exakt bestimmt werden kann, sollte mit isotropen Sonden gemessen werden. Dies ist umso wichtiger bei Messungen in Umgebungen von mehreren Feldquellen.

Um kurzzeitige, irrelevante Grenzwertüberschreitungen zu unterdrücken, ist – wie in vielen Standards gefordert – eine normengerechte Mittelung über 6 Minuten durchzuführen, z.B. mit der Averaging-Funktion von Messgeräten.

Hot Spots, z.B. unter Antennen, und Auslöschungen durch stehende Wellen sowie Reflexionen führen zu lokalen Feldmaxima oder -minima. Diesem Problem begegnet man mit einer höheren Dichte von Messpunkten und mit Messungen in der Nähe von reflektierenden Gegenständen.

Die Feldverteilung ist selten homogen. Ursachen können zum Beispiel Reflexionen durch benachbarte Antennen, Gebäude mit Metallverkleidung, Gitter, Zäune oder Kräne sein. Um eine Ganzkörperexposition nachzuvollziehen, sollte an mehreren Punkten gemessen werden. Von diesem Messwert ist der quadratische Mittelwert (räumliche Mittelung, spatial averaging) zu bilden. Bei komfortabler Messtechnik erhält man diesen auf Knopfdruck.

Der menschliche Körper reagiert aufgrund seiner Größe unterschiedlich auf EMF, abhängig von der Frequenz der Feldquelle. Daher sind Personenschutzgrenzwerte je Frequenz unterschiedlich. Nach dem Messen müssen die Feldstärken der einzelnen Frequenzen bewertet werden. Moderne Messgeräte mit sogenannten „shaped probes“ nehmen diese Frequenzgangbewertung automatisch vor. Das Gerät zeigt die Belastung in Prozent vom Grenzwert an. Kenntnisse von Feldstärkegrenzwerten und Frequenzen sind bei „shaped probes“ nicht mehr notwendig. Diese Technik ist vor allem bei einer Mehrfrequenzumgebung vorteilhaft.

Die üblichen Modulationsarten wie Amplitudenmodulation (AM, niedriger Modulationsgrad), Frequenzmodulation (FM) und digitale Modulation (GSM, UMTS) haben nur geringen Einfluss auf das Messergebnis. Anders bei gepulsten Signalen von Radaranlagen: Um die EMF-Strahlung bei den extremen Puls-Pausen-Verhältnissen messtechnisch exakt zu erfassen, sind Thermoelement-Sonden von Vorteil. Diese gewährleisten eine bessere Effektivwertbildung als z.B. Diodensonden.

Müssen Messungen bei hohen Feldstärken bzw. Langzeitmessungen durchgeführt werden, sollte das Messgerät über einen Datenspeicher und/oder über eine optische Schnittstelle für die Fernbedienung und Datenauslesung verfügen.

In HF-Feldern hat der menschliche Körper ebenfalls Einfluss auf das Messergebnis. Es kann zu Resonanzüberhöhung und Auslöschung bei E- und H-Feld kommen, abhängig von Frequenz, Körpergröße und dem Abstand zum Messgerät. Durch getrennte Messungen von E- und H-Feld lassen sich starke Unterbewertungen vermeiden. Überbewertungen von Feldstärken sind bei bestimmten Frequenzen unvermeidbar, werden aber im Sinne von „safety first“ hingenommen. Auch ist möglichst körperfern zu messen, z.B. mit ausgestrecktem Arm oder unter Einsatz von Stativen und Fernbedienung.

Beispiele für hochfrequente Feldquellen

Funk, Rundfunk

Im Nahfeld von Antennen müssen E- und H-Feld getrennt erfasst werden. Oft sind mehrere Antennen für unterschiedliche Dienste (z. B. auf einem Fernsehturm) in räumlicher Nähe angebracht, die zudem verschiedene Frequenzen abstrahlen. Eine frequenzbewertende Sonde (Shaped Probe) erleichtert die Messung erheblich.



Radar

Um die extrem hohen Pulsleistungen optimal zu erfassen, ist eine Messtechnik mit hoher Aussteuerbarkeit erforderlich. Echte Effektivwertbildung (z.B. mit Thermosensoren) wird häufig bevorzugt.



Leckstellensuche

Hohlleiter und rotierende Kupplungen von Antennenzuleitungen unterliegen dem Verschleiß und der Alterung und sollten regelmäßig überprüft werden. Bei Defekt können besonders hohe Feldstärken auftreten, die nur von weitgehend zerstörungsfestem Sensoren gemessen werden können.



Satelliten-Kommunikation

Im Bereich von terrestrischen Stationen sind in der Regel sehr geringe Feldstärken zu erwarten. Die Messtechnik bzw. die dazugehörige Sonde sollte sich durch besondere Messempfindlichkeit auszeichnen.

Mobilfunk

Wegen der Fülle von Stationen sowie der Modulation der Signale unterliegen Mobilfunkanlagen besonderer Betrachtung durch wissenschaftliche Gremien und Regulierungsbehörden. Spezielle Messungen zur Prophylaxe gestatten die Hochrechnung auf die maximal mögliche Feldstärke bei Vollausslastung der Station.



Schmelzen

Bei Schmelzprozessen können hohe magnetische Feldstärken auftreten, die mit zunehmender Nähe zur Feldquelle extrem ansteigen. Zum Schutz von Person und Messgerät ist auf eine langsame Annäherung an den Schmelzofen zu achten.

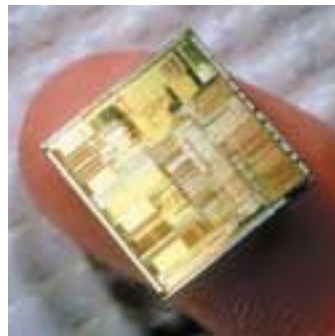
Erwärmen & Härten

Anlagen zum Erwärmen von Metallen arbeiten in unterschiedlichen Frequenzbereichen. Die Frequenzen können sich produktionsbedingt verändern. Es kann zu hohen magnetischen Feldstärken kommen. Daher sollte das Messgerät einen weiten Mess- und Frequenzbereich aufweisen.



Kunststoffschweißen

Im Bereich der Schweißelektroden treten lokal sehr hohe Feldstärken auf. Es ist unbedingt das E- und das H-Feld separat zu überprüfen.



Halbleiterproduktion

Anlagen zur Halbleiterherstellung operieren auf bestimmten ISM-Frequenzen, z.B. 13,56 MHz, 27,12 MHz, 2,45 GHz. (ISM steht für Industry, Science und Medicine). Für den Nachweis der Grenzwert-Einhaltung ist das E- und H-Feld separat zu messen.



Mikrowelle

Im Bereich von Türdichtungen, Zuleitungen und den HF-Quellen können durch Verschleiß Undichtigkeiten auftreten. Eine regelmäßige Überprüfung ist daher unbedingt erforderlich.

Besonderheiten von NF-Feldern

Grundsätzlich ist in niederfrequenten Feldern das elektrische und magnetische Feld getrennt zu messen, da beide Komponenten unabhängig voneinander bestehen. Man befindet sich fast ausschließlich im Nahfeld.

In industrieller Umgebung hat man es meist mit mehreren Feldquellen niederfrequenter Strahlung zu tun. Um die Strahlenbelastung richtig zu erfassen, sollte richtungsunabhängig, d. h. isotrop gemessen werden. Dazu hält man das Messgerät in drei unterschiedliche Richtungen und errechnet den quadratischen Mittelwert der Messung. Dieser Messaufwand entfällt bei Messgeräten, die über isotrope Sonden verfügen, deren Sensoren so angeordnet sind, dass alle drei Raumrichtungen gleichzeitig erfasst werden können.

Mit breitbandigen Messgeräten erhält man die Gesamtbelastung aller Feldstärken innerhalb eines spezifizierten Frequenzbereiches. Mittels Filter oder Berechnungen können einzelne Signale selektiv erfasst werden oder durch Berechnungen (z.B. Fast Fourier Transformation) das Signal in seinen Frequenzkomponenten analysiert werden. Komfortable Messtechnik hat dafür Bandpass- und Bandsperrefilter und bietet entsprechende Messmethoden zur Spektrumanalyse an.

Multifrequente Signale im NF-Bereich können mittels einer Spektrumanalyse schnell beurteilt werden. Der über die Sonde aufgenommene zeitliche Verlauf des Signals wird z.B. durch die Fast Fourier Transformation automatisch umgerechnet. Die Spektralkomponenten werden dabei zeitgleich analysiert. Mit Anzeige des Spektrums ist auf einen Blick erkennbar, wie sich Feldstärken bzw. Grundfrequenz und Harmonische verteilen.

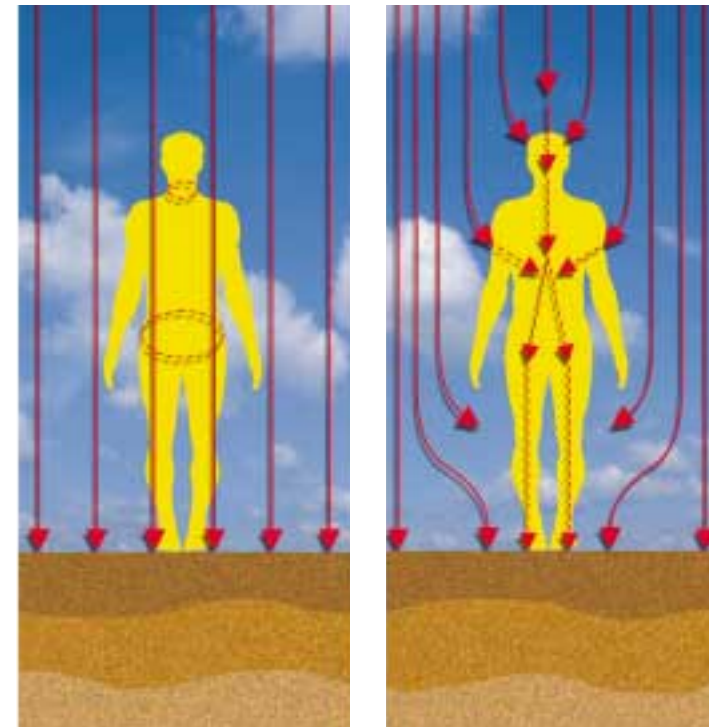
Durch die Harmonischen-Analyse kann das gesamte Oberwellen-Spektrum erfasst werden. Diese Funktion ist mit entsprechender Messtechnik abrufbar. Die Geräteanzeige gibt dann Auskunft über die Grundfrequenz und ihrer Harmonischen (die Vielfachen der Grundfrequenz) und verschafft auch einen schnellen Überblick über den „Quality of Service“ in der Stromversorgung. Über diese Funktion lässt sich der prozentuale Anteil der Nicht-harmonischen feststellen.

Um die Belastung durch niederfrequente Felder richtig bewerten zu können, sind in vielen Situationen genaue Kenntnisse des Feldes und der Messgeräte notwendig. Hier erleichtern frequenzgangbewertende Messmethoden (Shaped Time Domain = STD) den Messalltag enorm. Die Frequenzabhängigkeit der Grenzwerte wird automatisch berücksichtigt. Für die Messung des Effektiv- und des Spitzenwertes sind geeignete Detektoren vorhanden. Bei isotroper Messung wird die Phasenlage der Einzelkomponenten beachtet. In Echtzeit wird über den gesamten Frequenzbereich das B- bzw. E-Feld in Prozent des Grenzwertes gemessen und angezeigt. Signale einer oder mehrerer Frequenzen werden ebenso richtig bewertet wie gepulste Signale.

Während sich Umweltbedingungen kaum auf das magnetische Feld auswirken, beeinflussen die Nähe des Menschen, Btauung, Feuchtigkeit und Nebel das elektrische Feld. Um den Körpereinfluss (insbesondere vom Messpersonal ausgehend) auszuschalten, ist mit entsprechendem Abstand zu messen und abgesetzte E-Feld-Messgeräte bzw. -Sonden mit Stativ zu verwenden.

Sind Feldstärke-Überwachungen sowie Langzeitmessungen durchzuführen, sind Datenspeicher im Messgerät von Vorteil. Die Messwerte können über die optischen Schnittstellen der Geräte an einen PC ausgelesen werden. Über diese Schnittstellen ist auch die Fernsteuerung möglich.

Wechselwirkung von Körper und Feldlinien



Magnetisches Feld

Elektrisches Feld



Stromversorgung

Bei Transformatoren ist das magnetische Feld dominant, bei Überlandleitungen das E-Feld. Da mehr und mehr Sendeanlagen auf Hochspannungsmasten installiert werden, wird zusätzlich der Personenschutz vor hochfrequenten Feldern, z.B. durch das Tragen von kleinen Überwachungsmonitoren, notwendig.



Eisenbahn / Transport

Magnetische Felder können sicherheitstechnische oder EDV-Anlagen stören. Bahneigene Kommunikationsanlagen müssen mit entsprechender HF-Messtechnik qualifiziert und regelmäßig überprüft werden.



Industrielle Anwendungen

Produktionsanlagen zum Erwärmen, Schmelzen und Schweißen sollten vor allem zur Kontrolle der Arbeitsschutzbestimmungen durch Magnetfeldmessungen in unmittelbarer Umgebung überprüft werden.

• **Guidance on Determining Compliance of Exposure to Pulsed Fields and Complex Non-Sinusoidal Waveforms below 100 kHz with ICNIRP Guidelines**, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 2003. Download von www.icnirp.de

• **Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)**, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), published in: Health Physics, Vol. 74, No.4, pp. 436-522, April 1998

• **Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation**, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) and World Health Organization (WHO), Juli, 1999; ISBN 3-9804789-6-3

• **RF Radiation Handbook** (2nd Edition), October 2001, by Ron Kitchen. Published by Butterworth-Heinemann, ISBN # 0750643552

• **AIHA (American Industrial Hygiene Association) Non-ionizing Radiation Guide Series**, Third Edition. Published by AIHA Publications, Fairfax, Virginia, USA, number 187-EA-94

• **IEEE C95.1-1999**, Published by Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, www.ieee.org

• **BGV B11 – Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit. BG-Vorschrift Elektromagnetische Felder**, Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE), Juni 2002

• **Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit BGR B11**, Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE) Hrsg.: BGFE, Köln, 2001

• **DIN und VDE: DIN-VDE 0848 Teil 1 - Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern**, Deutsches Institut für Normung e.V. und Verband Deutscher Elektrotechniker e.V., Berlin, Mai 2002

• **Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes** (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996 Teil I Nr. 66, Bonn, Dezember 1996

• **Nichtionisierende Strahlung – mit ihr leben in Arbeit und Umwelt**, 31. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz 27.09.1999 – 01.10.1999: NIR 99, Band 1 und 2; ISBN 3-8249-0559-0

Narda Safety Test Solutions:
www.narda-sts.de

World Health Organisation (WHO), EMF-Projekt:
www.who.int/peh-emf/

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection:
www.icnirp.de

Eine aktuelle Übersicht wichtiger Normen, Gesetze und Vorschriften pro Land finden Sie unter:
www.who.int/docstore/peh-emf/EMF-Standards/who-0102/worldmap5.htm.

Ampere [A]:
Maßeinheit für elektrischen Strom

Ampere pro Meter [A/m]:
Maßeinheit für magnetische Feldstärke

CE-Zeichen:
Richtlinien für EMVG, nicht für EMVU

Elektrische Felder:
Entstehen z. B. an allen Zuführungskabeln, auch wenn das Gerät nicht betrieben wird.

Elektrische Feldstärke (E):
Wird in Volt pro Meter [V/m] gemessen

Elektrische Spannung:
Maßeinheit Volt

Elektrischer Strom:
Maßeinheit Ampere [A]

Elektrosmog:
Populärer Begriff für EMVU

EMC:
Electromagnetic Compatibility

EMI:
Electromagnetic Interference

EMF:
Elektromagnetisches Feld, in Englisch Electromagnetic Fields. EMF entspricht dem deutschen EMVU

EMVG:
Elektromagnetische Verträglichkeit der Geräte

EMVU:
Elektromagnetische Verträglichkeit der Umwelt

Fernfeld:
Abstand von der Strahlungsquelle mehr als drei Wellenlänge

Frequenz:
Wird in Hertz [Hz] gemessen

Gauss [G]:
Alternative Maßeinheit für die magnetische Induktion

Gigahertz [GHz]:
1 Milliarde Hertz

Gleichstrom:
Fließt ständig in einer Richtung

Hertz [Hz]:
Maßeinheit für Frequenz von Wechselstrom/Wechselspannung

Hochfrequenz (HF):
Von 100 kHz bis 300 GHz

Isotrop:
Richtungsunabhängig (dreidimensional)

Kalibrieren:
Messgeräte gegen nationale Normale prüfen

Kilohertz [kHz]:
1000 Hertz

Kilovolt [kV]:
1000 Volt

Kilowatt [kW]:
1000 Watt

Leistung:
Gemessen in Watt [W]

Leistungsdichte:
Gemessen in Watt pro Quadratmeter [W/m²]

Magnetische Felder:
Entstehen, wenn Strom fließt

Magnetische Feldstärke (H):
Wird in Ampere pro Meter (A/m) gemessen

Magnetische Induktion oder Flussdichte (B):
Wird in Tesla [T] oder Gauss [G] gemessen

Megahertz [MHz]:
1 Million Hertz

Nahfeld:
Abstand von der Strahlungsquelle kleiner als drei Wellenlängen

Nationale Normale:
Durch nationale Institutionen festgelegte Messgrößen

Niederfrequenz (NF):
bis 100 kHz

SAR:
Spezifische Absorptionsrate (in Wärme umgewandelte Strahlungsleistung in Bezug auf Körpermasse), gemessen in W/kg

Stromdichte:
gemessen in A/m

Tesla [T]:
Maßeinheit für magnetische Induktion

Volt [V]:
Maßeinheit für elektrische Spannung

Volt pro Meter [V/m]:
Maßeinheit für elektrische Feldstärke

Watt [W]:
Maßeinheit für Leistung

Wechselstrom:
Wechselt ständig die Fließrichtung

Narda Safety Test Solutions GmbH bietet ein umfangreiches Programm für Sicherheitsmessungen am Arbeitsplatz, in der Öffentlichkeit und im privaten Bereich, zum Beispiel

Selective Radiation Meter SRM-3000

- Misst hochfrequente elektromagnetische Strahlung von UKW bis UMTS
- Bewertet die Ergebnisse nach gängigen Personenschutz-Standards
- Selektiv: Zeigt die Summenwerte und die Einzelbeiträge von Telekommunikationsdiensten (z.B. Mobilfunk), von Betreibern oder von Sendekanälen – in Feldstärkeinheiten oder in Prozent des zulässigen Grenzwerts

HF Radiation Meters, Serien EMR und 87XX

- Messen hochfrequente elektromagnetische Strahlung vom Rundfunk- bis in den Radarbereich
- Zeigen das Summenergebnis als Zahlenwert an – in absoluten Feldstärkewerten oder bewertet nach gängigen Personenschutz-Standards
- Einfach zu handhaben



Niederfrequenz-Messtechnik

Breitbandige Hochfrequenz-Messtechnik

Field Analyzer, Serie EFA

- Misst niederfrequente elektrische und magnetische Felder
- Bewertet nach gängigen Personenschutz-Standards
- Patentiertes STD-Verfahren bringt zuverlässige Ergebnisse

Exposure Level Tester ELT-400

- Misst niederfrequente Magnetfelder
- Zeigt das Ergebnis sofort, auch in komplizierten Feldumgebungen, z.B. an industriellen Schweißanlagen
- Normgerechte Bewertung, auch nach EN 50366

RadMan/Nardalert

- Persönliche Monitore für den Schutz in elektromagnetischen Feldern
- Melden Grenzwertüberschreitungen durch Anzeige und Warnton
- Werden einfach in der Brusttasche oder am Gürtel getragen



Strahlungsmonitore für die persönliche Sicherheit

Gebietsüberwachungsstationen

Selektive Hochfrequenz-Messtechnik

Herausgeber:
 Narda Safety Test
 Solutions GmbH
 Sandwiesenstraße 7
 72793 Pfullingen
 Deutschland

Narda Safety Test Solutions GmbH

Sandwiesenstraße 7
72793 Pfullingen, Germany
Telefon: +49 (0) 7121-97 32-777
Telefax: +49 (0) 7121-97 32-790
E-Mail: support@narda-sts.de
www.narda-sts.de

Narda Safety Test Solutions

435 Moreland Road
Hauppauge, NY 11788, USA
Phone: +1 631 231-1700
Fax: +1 631 231-1711
E-mail: NardaSTS@L-3COM.com
www.narda-sts.com

