

Bitte wenden Sie sich in allen Fragen des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit bei der Arbeit an den Unfallverhütungsdienst der für Sie zuständigen Landesstelle:

**Wien, Niederösterreich und Burgenland:**

UVD der Landesstelle Wien  
Webergasse 4, 1203 Wien  
Telefon (01) 331 33-0 Fax 331 33 293

UVD der Außenstelle St. Pölten  
Wiener Straße 54, 3109 St. Pölten  
Telefon (02742) 25 89 50-0 Fax 25 89 50 606

UVD der Außenstelle Oberwart  
Hauptplatz 11, 7400 Oberwart  
Telefon (03352) 353 56-0 Fax 353 56 606

**Steiermark und Kärnten:**

UVD der Landesstelle Graz  
Göstinger Straße 26, 8021 Graz  
Telefon (0316) 505-0 Fax 505 2609

UVD der Außenstelle Klagenfurt  
Waidmannsdorfer Straße 35, 9021 Klagenfurt  
Telefon (0463) 58 90-0 Fax 58 90 5001

**Oberösterreich:**

UVD der Landesstelle Linz  
Blumauer Platz 1, 4021 Linz  
Telefon (0732) 69 20-0 Fax 69 20 238

**Salzburg, Tirol und Vorarlberg:**

UVD der Landesstelle Salzburg  
Dr.-Franz-Rehrl-Platz 5, 5010 Salzburg  
Telefon (0662) 21 20-0 Fax 21 20 4450

UVD der Außenstelle Innsbruck  
Meinhardstraße 5a, 6020 Innsbruck  
Telefon (0512) 520 56-0 Fax 520 56 17

UVD der Außenstelle Dornbirn  
Eisengasse 12, 6850 Dornbirn  
Telefon (05572) 269 42-0 Fax 269 42 85

[www.auva.sozvers.at](http://www.auva.sozvers.at)

# Elektromagnetische Felder



[www.auva.sozvers.at](http://www.auva.sozvers.at)

Inhaltsverzeichnis	
<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>Elektrische Gleichfelder</b>	<b>5</b>
<b>Magnetische Gleichfelder</b>	<b>8</b>
<b>Niederfrequente elektrische Wechselfelder</b>	<b>10</b>
<b>Niederfrequente magnetische Wechselfelder</b>	<b>13</b>
<b>Hochfrequente elektromagnetische Felder</b>	<b>16</b>
<b>Literatur</b>	<b>22</b>

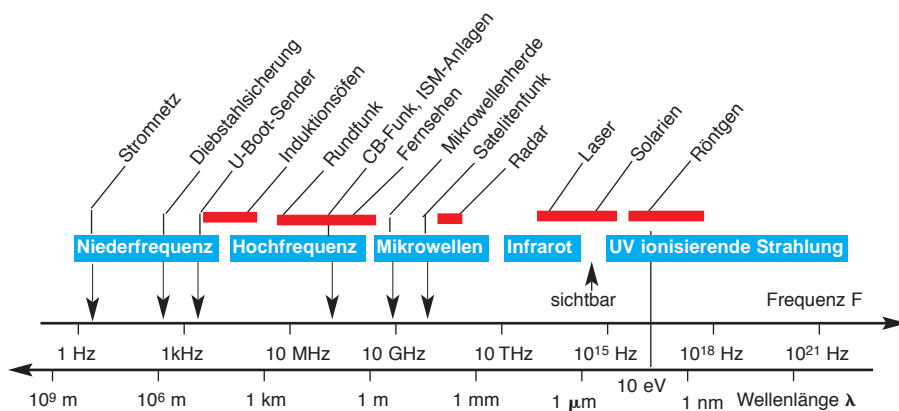
Dieses Merkblatt wurde von Dr. Heinrich Garn, Forschungszentrum Seibersdorf, verfasst.

## Einleitung

Elektromagnetische Felder werden heute für vielerlei Anwendungen in Industrie und Medizin eingesetzt. Dabei kommen wie etwa bei der Materialbearbeitung sehr hohe Intensitäten der Felder zum Einsatz, sodass Gesundheitsgefährdungen der Arbeitnehmer nicht mehr von vornherein ausgeschlossen werden können. Typische Einsatzgebiete sind z. B. Induktionshärten, Plastikschiweißen, Trocknung von Textilien oder medizinische Diathermie.

In Österreich gibt es derzeit keine Verordnungen zur Regelung von Personenschutz in elektromagnetischen Feldern. Als geltende Regel der Technik werden jedoch ÖNORM S 1119 für niederfrequente elektrische und magnetische Felder im Bereich von 0 Hz bis 30 kHz und ÖNORM S 1120 für Mikrowellen und Hochfrequenzfelder im Bereich von 30 kHz bis 3000 GHz (Anhang A) herangezogen.

Die Internationale Kommission zum Schutz vor Nicht Ioni-



Frequenzbereiche, Wellenlängen und technische Anwendungen elektromagnetischer Felder

sierender Strahlung (ICNIRP) hat im Jahr 1998 nach der Beurteilung der vorhandenen wissenschaftlichen Literatur Richtlinien mit Expositionsgrenzwerten für elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz erstellt. Die Grenzwerte dieser Richtlinien basieren auf gesicherten gesundheitsrelevanten Effekten, wie dem Temperaturanstieg im Gewebe durch die Energieabsorption während der Exposition in elektromagnetischen Feldern (ICNIRP 1998).

Die Europäische Gemeinschaft hat im Jahr 1999 eine Ratsempfehlung zur Begrenzung der Exposition der Allgemeinbevölkerung veröffentlicht, die sich im Wesentlichen auf die ICNIRP Empfehlungen aus dem Jahr 1998 stützt und daher auf einer wissenschaftlichen Risiko-Bewertung beruht. In manchen Ländern wurden trotzdem Verordnungen erstellt, die Grenzwerte unter denen der ICNIRP-Richtlinien beinhalten.

In Italien wurden in einem Dekret niedrigere Grenzwerte als jene der ICNIRP und der Ratsempfehlung festgelegt, wobei für Expositionszeiten über vier Stunden die Grenzwerte noch einmal herabgesetzt sind (Italy 1998).

Die Schweizer Verordnung basiert auf der ICNIRP-Richtlinie und der Ratsempfehlung. Es werden aber für die Bereiche Mobilfunk, Rundfunk, TV und Radar punktuell niedrigere Grenzwerte festgelegt (NISV 1999).

Elektromagnetische Felder charakterisiert man durch folgende physikalische Größen:

Messgrößen für die Intensität der Felder bzw. der Strahlung

- Elektrische Feldstärke, gemessen in Volt pro Meter (V/m)

*Internationale Empfehlungen und Regelungen von Grenzwerten*

- Magnetische Feldstärke, gemessen in Ampere pro Meter (A/m)
- Magnetische Flussdichte, gemessen in Tesla (T) = (Vs/m<sup>2</sup>); in Luft oder biologischer Materie gilt für die Umrechnung vom Betrag der magnetischen Feldstärke in magnetische Flussdichte:  $B (T) = 1,26 \cdot 10^{-6} H (A/m)$ . Ein Tesla entspricht 795775 A/m
- Strahlungsleistung (nur bei hochfrequenten Feldern), gemessen in Watt pro Quadratmeter (W/m<sup>2</sup>) oder Milliwatt pro Quadratcentimeter (mW/cm<sup>2</sup>).

Bei Wechselfeldern misst man statt der Feldstärke die sogenannte Ersatzfeldstärke. Dies ist die aus drei aufeinander normal stehenden Feldkomponenten zusammengesetzte Gesamtfeldstärke, wobei Phasendifferenzen zwischen den drei Komponenten unberücksichtigt bleiben.

Messgrößen für die Schwingungsperiode

- Frequenz, gemessen in Hertz (Hz), Kilohertz (kHz), Megahertz (MHz), Gigahertz (GHz)
- Wellenlänge, gemessen in Metern (m).

Je nach physikalischer Erscheinungsform und Frequenz unterscheidet man

- elektrostatische Felder (elektrische Gleichfelder), Frequenz 0 Hz,
- magnetostatische Felder (magnetische Gleichfelder), Frequenz 0 Hz,
- niederfrequente elektrische Felder, Frequenzen zwischen 0 Hz und 30 kHz,
- niederfrequente magnetische Felder, Frequenzen zwischen 0 Hz und 30 kHz,
- hochfrequente elektromagnetische Felder mit Frequenzen von mehr als 30 kHz.

**Auf diese Messgrößen kommt es an!**

### Elektrische Gleichfelder

#### Allgemeines

Elektrostatische Felder treten immer dann auf, wenn elektrische Ladungen getrennt sind. Dies ist z. B. zwischen Wolken und Erde immer der Fall. Die Feldstärke auf der Erde kann je nach Wetterlage zwischen ca. 100 V/m und 20 kV/m betragen. Im Alltag beobachtet man das Phänomen der elektrostatischen Aufladung z. B. beim Gehen über einen Teppichboden. Bei anschließender Berührung eines geerdeten Metallgegenstandes fließt die elektrische Ladung als Stoßstrom ab.

Der menschliche Körper ist elektrisch gut leitend. Gerät der Körper in ein elektrostatisches Feld, erfolgt aufgrund der Influenzwirkung eine Ladungsumverteilung, d. h., es fließt kurzzeitig Strom. Nach erfolgter Trennung der Influenzladungen existiert im Körperinneren kein Feld mehr. Erst bei einer Änderung der Potenzialverhältnisse fließt wiederum Strom, z. B. bei Änderung des äußeren Feldes, bei Bewegung des Körpers oder bei Entladevorgängen.

#### Biologische Wirkungen

##### Haarsträuben

Die Influenzwirkung des Feldes führt zum Aufrichten der Körperhaare. Man beobachtet dies z. B., wenn man den Handrücken in die Nähe eines Bildschirmes bringt. Der Effekt ist ab ca. 1 kV/m wahrnehmbar. Er ist mit keiner Gefährdung verbunden.

##### Elektrisierungen

Bei Entladevorgängen sind je nach Ladungsmenge zwei Fälle zu unterscheiden:

Unkritisch ist der Fall einer sich z. B. nach Gehen über

**Der Mensch ist ein guter „Leiter“**

### **Elektrische Entladungen müssen nicht immer harmlos sein!**

einen Teppichboden auf eine Türklinke entladenden Person. Die von der Person speicherbare Ladungsmenge (Einheit Millijoule = mJ) ist begrenzt (max. 10 mJ). Es ist daher höchstens mit einer unangenehmen Wahrnehmung, einem „Mikroschock“ zu rechnen.

Bei Entladung elektrisch isolierter, aufgeladener Objekte auf eine geerdete Person können wesentlich größere Ladungsmengen abfließen. Ab ca. 250 mJ sind starke Schockwirkungen möglich. Bei der Entladung wird Schmerz empfunden. Ab ca. 1000 mJ kann Herzkammerflimmern auftreten, was akute Lebensgefahr bedeutet. Derart hohe Werte können jedoch nur bei sehr großen, ausgedehnten Objekten auftreten.

#### Elektrische Gleichfelder am Arbeitsplatz

Die industrielle Nutzung elektrostatischer Felder ist auf wenige Anwendungen beschränkt. (Hochspannungs-Gleichspannungsübertragungsleitungen (HGU) existieren im Ausland, nicht jedoch in Österreich.)

Straßenbahnen und U-Bahnen werden mit Gleichspannung von meist 600 V betrieben. Die Feldstärken, denen Personen ausgesetzt sein können, sind jedoch kleiner als 100 V/m.

Generelle Beachtung erfordern aber ungewollte elektrostatische Aufladungen am Arbeitsplatz. Große isolierte Objekte, wie z. B. Fahrzeuge, die sich in elektrischen Feldern befinden, können bei Berührung spürbare Ableitströme gegen Erde verursachen. Elektrostatische Aufladungen gefährlicher Stärke können auch infolge Reibung auftreten. Dies kann z. B. bei bewegten Maschinenteilen der Fall sein, bei Förderbändern oder Riemenantrieben, aber auch bei luft- oder gasumströmten isolierten Gegenständen; statische

Aufladungen bedeuten weiters eine große Brandgefahr.

#### Grenzwerte

In der ÖNORM S 1119 ist für zeitlich unbefristeten Aufenthalt ein Grenzwert der elektrischen Feldstärke von 28 kV/m spezifiziert.

#### Schutzmaßnahmen

Eine Verringerung der Stärke eines einwirkenden elektrostatischen Feldes erreicht man durch Vergrößerung des Abstandes zwischen Quelle und Aufenthaltsort oder durch Errichtung von elektrischen Abschirmungen aus Metall. Geerdete Strukturen wie Zäune oder Bauwerke, aber auch Zwischenwände und dergleichen verringern die elektrische Feldstärke am Arbeitsplatz. Schutz gegen elektrostatische Entladungen bei Berührung aufgeladener Gegenstände erzielt man durch Erden dieser Gegenstände. Ist dies nicht möglich, sind Berührungsschutz oder Aufenthaltsbeschränkungen vorzuschreiben .

**Die Schutzmaßnahme „Erdung“ ist leider nicht immer möglich**

### Magnetische Gleichfelder

#### Allgemeines

Magnetische Gleichfelder entstehen entweder durch Permanentmagnete oder durch elektrische Leiter, die von einem Gleichstrom durchflossen werden. Die magnetische Feldstärke ist proportional zur Stromstärke. Der menschliche Körper ist nicht magnetisch und wird daher von Magnetfeldern ungehindert durchdrungen. Das Magnetfeld übt Kraftwirkungen auf bewegte elektrische Ladungen aus. Ladungsträger im zirkulierenden Blut werden daher von ihrer Bahn abgelenkt.

#### Wirkung auf den Menschen

In den Blutgefäßen bewegen sich positiv und negativ geladene Teilchen in die gleiche Richtung. Da die Richtung der magnetischen Kraftwirkung vom Vorzeichen der Ladung abhängt, kommt es zu einer Ladungstrennung und damit zu einer elektrischen Spannung quer zur Bewegungsrichtung. Am Herzmuskel ist die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes besonders hoch, infolge dessen kommt es bei Flussdichten ab ca. 350 mT zu Veränderungen im EKG. Bei Flussdichten ab ca. 1 T kommt es zu einer reversiblen Verlängerung der Reaktionszeit.

Werden Herzschrittmacher magnetischen Gleichfeldern ausgesetzt, sind Störungen möglich (wenn auch sehr unwahrscheinlich), da der Schrittmacher durch das Magnetfeld in einen Testmodus umgeschaltet werden kann.

Für diagnostische Zwecke nutzt man heute die Magnetisierbarkeit von Zellen und Molekülen bei Untersuchungsverfahren, die auf der Kernspinresonanz-Tomographie beruhen.

Gefährlich ist die Kraftwirkung des Feldes auf ferromagneti-

**Besondere Vorsicht ist bei Herzschrittmachern geboten!**

sche Gegenstände in der Nähe starker Magneten.

Ferromagnetische Implantate können durch die Kraftwirkung in ihrer Lage verschoben werden, z. B. Elektroden von Herzschrittmachern.

#### Magnetische Gleichfelder am Arbeitsplatz

In gleichstrombetriebenen Schienenfahrzeugen, wie Straßenbahnen oder U-Bahnen, können Flussdichten bis zu 0,5 mT auftreten. Wesentlich stärkere Magnetfelder werden von Lichtbogen- und Plasmaschmelzöfen (bis 50 mT), Aluminium-Elektrolyseanlagen (bis 10 mT), Hochleistungs-Gleichstrommotoren (z. B. in Walzwerken), Hubmagneten und Schweißgeräten verursacht. An medizinischen Kernspinresonanz-Tomographen kann das Personal Flussdichten bis zu 100 mT ausgesetzt sein.

#### Grenzwerte

In der ÖNORM S 1119 ist eine magnetische Feldstärke von 7 kA/m, entsprechend einer Flussdichte von 8,75 mT, als Grenzwert für zeitlich unbeschränkten Aufenthalt spezifiziert.

#### Schutzmaßnahmen

Eine Reduktion einwirkender hoher Feldstärken erreicht man am besten durch Vergrößerung des Abstandes zur Quelle. Abschirmungen sind technisch äußerst aufwendig (z. B. wären zentimeterdicke Stahlplatten erforderlich) und oft nicht realisierbar. An den Eingängen zu Betriebsräumen mit starken inhomogenen Magnetfeldern, z. B. Kernspinresonanz-Tomographen, sollten Metallsuchschleusen aufgestellt werden.

**Die Stärken sind sehr unterschiedlich**

**Je weiter von der Quelle entfernt, desto besser!**

### Niederfrequente elektrische Wechselfelder

#### Allgemeines

Bei Wechselfeldern ändert sich die Feldrichtung periodisch mit der Schwingungsfrequenz. Elektrische Felder entstehen, wenn zwischen elektrisch leitenden Objekten oder Metallgegenständen eine elektrische Spannung angelegt wird, z. B. 220 V an die Anschlüsse des Stromnetzes.

Einer der beiden Leiter („Null-Leiter“) hat meist näherungsweise Erdpotenzial. Daher besteht die Spannung nicht nur zwischen den beiden Leitern, sondern auch zwischen Erde und dem zweiten Leiter („Phase“).

Zwischen allen spannungsführenden Leitungen und Erde existieren daher elektrische Felder. Die Feldstärken ergeben sich aus der Spannung und dem Abstand der Leitung vom nächsten Erdpunkt.

Elektrische Felder rufen in elektrischen Leitern, wie z. B. dem menschlichen Körper, Ströme hervor. Weiters üben die Felder Kraftwirkungen auf elektrische Ladungen aus.

#### Wirkung auf den Menschen

Empfindliche Personen nehmen bereits ab einigen kV/m Haarvibrationen infolge der Kraftwirkung des Feldes wahr. Dieser Effekt ist belästigend, aber harmlos.

Im Körperinneren erzeugen äußere Felder elektrische Ströme. Die Gefährdungsmöglichkeit beurteilt man nach der Stromdichte (Strom pro Fläche, durch die der Strom hindurchfließt).

**Zwischen allen Leitungen und Erde existieren elektrische Felder**

### Man beobachtet folgende Effekte

(Stromwerte gelten für 50 Hz):

- 1 bis 10  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ :  
Wahrnehmung durch empfindliche Personen. Reizwirkungen auf Nervenzellen.
- 10 bis 100  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ :  
Stimulation erregbarer Gewebe mit möglichen Gesundheitsgefährdungen.
- über 100  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ :  
Möglichkeit von Extrasystolen (Herzrhythmusstörungen) und Herzkammerflimmern.

Die Feldstärkegrenzwerte sind nun so gewählt, dass gesundheitliche Gefährdungen und Störungen des Wohlbefindens auch unter ungünstigen Umständen nicht zu erwarten sind.

Langzeitwirkungen niederfrequenter elektrischer Wechselfelder existieren nach heutigem Kenntnisstand nicht.

#### Niederfrequente elektrische Wechselfelder am Arbeitsplatz

In diesen Bereich fallen vor allem die Felder des öffentlichen Stromversorgungsnetzes (Frequenz 50 Hz) sowie der elektrischen Bahnen (Frequenz 16 2/3 Hz). Elektrische Felder sind immer vorhanden, sobald eine Leitung unter Spannung steht. Unter Hochspannungsfreileitungen können Feldstärken bis zu 8 kV/m auftreten. In Umspannwerken überschreiten die Feldstärken im Nahbereich von Hochspannungsverteiltern die 10 kV/m-Grenze. Im Bereich der Bahngleise beträgt die elektrische Feldstärke vom Fahrdraht etwa 1 kV/m.

Elektrogeräte erzeugen je nach Bauart im Nahbereich stark

**Was bewirken elektrische Felder?**

**Feldstärken in der Praxis**

### Ab wann wird es gefährlich?

inhomogene Felder. Die maximalen Feldstärken betragen z. B. bei einem Lötkolben oder einem Heizlüfter ca. 1 bis 2 kV/m. Bildschirmterminals hingegen erzeugen in 30 cm Abstand maximal nur etwa 100 V/m (Breitbandmessung).

#### Grenzwerte

Nach der ÖNORM S 1119 gelten für berufliche Exposition über den gesamten Arbeitstag die Werte der folgenden Tabelle. Bei 50 Hz sind kurzzeitige Expositionen bis 30 kV/m zugelassen, wenn die Summe der Produkte aus Aufenthaltsdauer in Stunden und Ersatzfeldstärke in kV/m, gemittelt über einen Arbeitstag, den Wert 80 nicht überschreitet.

Frequenz [Hz]	Elektrische Ersatzfeldstärke [kV/m]
$0 < f \leq 25$	20
$25 \leq f \leq 50$	500/f
50	10
$50 \leq f \leq 815$	500/f
$815 \leq f \leq 30\,000$	0,614

*Grenzwerte der elektrischen Ersatzfeldstärke für den gesamten Arbeitstag*

#### Schutzmaßnahmen

Elektrische Felder kann man mittels einer geschlossenen, z. B. gitterförmigen, metallischen Hülle (Faraday'scher Käfig) abschirmen.

Meist steht jedoch der Berührungsschutz (Schutz gegen Elektrisieren an spannungsführenden Leitungen) im Vordergrund. Im Bereich extrem hoher Spannungen bzw. Feldstärken kommen Schutzanzüge mit eingewebten Metallfäden zum Einsatz, z. B. für Arbeiten an Hochspannungsleitungen unter Spannung.

### Schutzprinzip Faraday'scher Käfig

### Niederfrequente magnetische Wechselfelder

#### Allgemeines

Magnetfelder entstehen, wenn elektrische Leiter von Strom durchflossen werden. Elektrische Geräte erzeugen daher nur dann Magnetfelder, wenn man die Geräte einschaltet. Die Feldstärken bei Hochspannungsfreileitungen und Trafostationen hängen vom momentanen Stromverbrauch ab. Magnetfelder üben Kraftwirkungen auf bewegte Ladungen (und damit auch auf stromdurchflossene Leiter) aus. Dies nützt man bei elektrischen Maschinen (Motoren, Generatoren) aus.

#### Wirkung auf den Menschen

Niederfrequente magnetische Wechselfelder induzieren im Körperinneren Ströme. Mit sehr schwachen Magnetfeldern versucht man heute in der Medizin, die Heilung von Knochenbrüchen zu unterstützen. Hier hat das Feld also positive biologische Wirkungen. Bei starken Feldern beurteilt man die Gefährdungsmöglichkeit nach der Stromdichte im Körper. Seheindrücke („Magnetophosphene“) können bereits bei Feldstärken entstehen, die am Arbeitsplatz auftreten. Die induzierten Ströme üben eine Reizwirkung auf die Sinneszellen der Netzhaut aus. Dieser Effekt ist belastend, aber ungefährlich und reversibel.

Die Möglichkeit schädlicher Langzeitwirkungen (z. B. Leukämie) von auch nur schwachen Magnetfeldern wird derzeit in epidemiologischen Studien untersucht. Statistisch signifikante Nachweise eines Zusammenhanges zwischen Aufenthalt nahe Hochspannungsleitungen und Krebshäufigkeit wurden bis jetzt nicht erbracht. Auch ein möglicher biologischer Wirkungsmechanismus wurde bis jetzt nicht gefunden, es existieren lediglich Hypothesen. Das Thema wird jedoch weiterhin untersucht.

**Schädliche Langzeitwirkungen sind bis dato nicht nachgewiesen**

Niederfrequente magnetische Wechselfelder am Arbeitsplatz

Unter Hochspannungsleitungen treten Flussdichten von 10 bis 50  $\mu\text{T}$  pro kA Betriebsstrom auf. Drosselspulen in Umspannwerken können im Nahbereich Flussdichten bis 20 mT erzeugen. Die stärksten industriellen Quellen sind Induktionsöfen, Gießereiöfen, Funkenerosionsmaschinen und Schweißmaschinen. In einigen Zentimetern Abstand von Elektrogeräten sind z. B. etwa folgende Werte zu erwarten: Lötstation 0,1 mT, Herdplatte 0,5 mT, Bohrmaschine 0,1 mT.

Grenzwerte

Nach der ÖNORM S 1119 gelten für berufliche Exposition über den gesamten Arbeitstag die Werte der folgenden Tabelle.

Bei 50 Hz sind bei Expositionen bis zu 2 Stunden pro Arbeitstag Flussdichten bis 5 mT zugelassen, in den Extremitäten sogar bis 25 mT, wenn die Werte an den übrigen Körperstellen (Kopf, Rumpf) die Grenzwerte der Tabelle nicht überschreiten.

Schutzmaßnahmen

Elektromagnetische Abschirmungen sind so wie bei magnetischen Gleichfeldern technisch äußerst aufwendig und selten praktisch realisierbar. Vergrößerung des Abstands zur Feldquelle ist stets die einfachste und wirkungsvollste Schutzmaßnahme.

**Ab wann es gefährlich wird**

**Wenn möglich, Abstand halten!**

Frequenz [Hz]	Elektrische Ersatzfeldstärke [kA/m]	Magnetische Flussdichte [ $\mu\text{T}$ ]
$0 < f \leq 4$	20	6,25
$4 \leq f \leq 50$	$20/f$	$25/f$
50	0,4	0,5
$50 \leq f < 250$	$20/f$	$25/f$
$250 \leq f \leq 10\ 000$	0,08	0,1
Frequenz [kHz] $10 < f \leq 30$	Magnetische Ersatzfeldstärke [A/m] $3,66 * f^{1,34}$	Magnetische Flussdichte [ $\mu\text{T}$ ] $4,57 * f^{1,34}$

Grenzwerte der magnetischen Flussdichte für den gesamten Arbeitstag

### Hochfrequente elektromagnetische Felder

#### Allgemeines

Elektromagnetische Strahlung ist eine Art der Energieausbreitung im Raum in Form von zeitlich veränderlichen elektrischen und magnetischen Feldern. In hochfrequenten Feldern treten elektrische und magnetische Feldkomponenten immer gekoppelt auf. Gemeinsam bilden sie eine Welle.

Im Nahbereich der Strahlungsquelle müssen jedoch beide Feldkomponenten separat untersucht und bewertet werden. Hier charakterisiert man das Feld nicht durch die Leistungsdichte, sondern durch die Feldstärken. Elektromagnetische Wellen breiten sich über sehr große Entfernungen aus. Die Intensität des Feldes ist jedoch nur im Nahbereich von Strahlungsquellen so hoch, dass sie für den Personenschutz relevant ist.

Die Eindringtiefe der Strahlung in den menschlichen Körper wird mit steigender Frequenz immer geringer. Bei der industriell oft angewandten Frequenz 27 MHz dringt die Strahlung noch weitgehend ins Körperinnere vor, bei Mikrowellenfrequenzen (z. B. 2,45 GHz) hingegen wird der Großteil der Strahlungsenergie in der Haut und den äußeren Gewebeschichten absorbiert.

#### Wirkung auf den Menschen

Die dominierende biologische Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung auf den menschlichen Körper ist die Erwärmung infolge Absorption von Strahlungsleistung.

Die Strahlungsenergie wird durch sogenannte dielektrische Verluste in Wärme umgewandelt. Das Ausmaß der Energieaufnahme pro Körpermasse und Zeit ist die sogenannte

**Je höher die Frequenz, desto geringer die Eintrittstiefe!**

**Hauptfolge: Erwärmung**

„spezifische Absorptionsrate“ SAR. Verschiedene Gewebearten (z. B. Knorpel, Fett, Eiweiß, Muskel, Blut) haben stark unterschiedliche spezifische Absorptionsraten. Auf Grund der inhomogenen Körperstruktur erfolgt die Erwärmung daher lokal unterschiedlich stark. Weiters erfolgt in durchbluteten Gewebeteilen Wärmeabfuhr, in nicht durchbluteten und in thermisch isolierten Bereichen bildet sich ein Wärmestau. Dies kann zu einer lokalen, über z. B. nur wenige Gramm Körpergewebe ausgedehnten Überhitzung führen, wogegen global keine Erwärmung merkbar ist. Besonders gefährdet ist daher z. B. das menschliche Auge.

Die sogenannten „nichtthermischen“ Effekte kommen nicht durch die Temperaturerhöhung im Körper zustande. Solche Effekte wurden unterhalb der derzeitigen (thermischen) Grenzwerte festgestellt. Es ist aber derzeit noch unklar, welche gesundheitsgefährdende Relevanz sie haben. Schweiz und Italien haben im Sinne der Vorsorge die Immissionen bei den ortsfesten Sendeanlagen gesetzlich geregelt. Diese Grenzwerte sind niedriger als jene der ICNIRP, VMO und ÖNORM S 1120. In Salzburg wurde im Sinne der Vorsorge in einer Vereinbarung für die Summe der niederfrequent-pulsmodulierten Hochfrequenten Immissionen von Mobilfunksendeanlagen, wie z. B. GSM-Basisstationen, ein vorläufiger Beurteilungswert von  $0,001 \text{ W/m}^2$  empfohlen. In der Salzburger Resolution zu Mobilfunksendeanlagen von Juni 2000 wird außerdem für die Gesamtheit der Immissionen hochfrequenter elektromagnetischer Felder ein Richtwert von  $0,1 \text{ W/m}^2$  empfohlen.

Große isolierte Metallgegenstände können sich in elektromagnetischen Feldern aufladen. Berührt eine Person den Metallgegenstand, so fließt Strom gegen Erde. Unter ungünstigen Umständen (z. B. Autobus, Traktor etc. vor einem

**Besonders gefährdet: Das Auge**

**Uneinheitliche Grenzwerte**

**Keine Angst vor Rundfunksendern!**

**Bei Handys hängt die Leistung vom Modell ab**

Rundfunksender) können dabei unangenehme Wahrnehmungen, Verbrennungen an der Kontaktstelle sowie Schocks auftreten.

Hochfrequenz- und Mikrowellenstrahlung am Arbeitsplatz  
Radio- und Fernsehstationen sind wohl die bekanntesten Verursacher von Hochfrequenzfeldern. Die Feldstärken liegen in Ballungszentren in der Größenordnung von maximal ca. 3 V/m.

Nur im unmittelbaren, normalerweise unzugänglichen Nahbereich solcher Sender können sicherheitstechnisch bedenkliche Feldstärken auftreten.

Handsprechfunkgeräte arbeiten bei 27 MHz (1-m-Band), 150 MHz (2-m-Band), oder 450 MHz (70-cm-Band).

Bei Mobilfunktelefonie – ortsfeste Basisstationen und Mobilstationen (Handys) – wird die Frequenz 900 MHz (GSM 900) bzw. 1800 MHz (GSM 1800) verwendet. Bei den Basisstationen sind pro Sektor 1 bis 4 Frequenzkanäle im Betrieb. Die Leistung pro Kanal ist je nach Betreiber verschieden und beträgt im Durchschnitt ca. 3 bis 12 W. Die maximale Leistung pro Kanal beträgt je nach Betreiber im Bereich 10 bis 22 W. Die Leistung der Handtelefone ist variabel und beträgt im Durchschnitt ca. 0,25 W. Die maximale Leistung ist bei GSM 900 etwa 2 W; bei GSM 1800 beträgt sie 1 W. Die im Kopf absorbierte Leistung SAR ist überdies auch vom Handymodell abhängig und liegt im Bereich 0,05 bis 0,1 W/kg. Der Grenzwert beträgt für den Kopf als Teilkörper 4 W/kg.

In der medizinischen Diathermie wird der Körper des Patienten zu Therapiezwecken stark erwärmt, die Feldstärken liegen weit über 1000 V/m. Arbeitsfrequenzen sind

27,12 MHz, 433 MHz und 2,45 GHz. Hier ist darauf zu achten, dass sich nur die Patienten, nicht aber andere Personen in den Strahlungsfeldern aufhalten. Die Bereiche mit Grenzwertüberschreitungen reichen ca. 2 bis 3 m weit.

In der Industrie wird die Energieabsorption aus dem Strahlungsfeld zur Erwärmung, Trocknung, Verschmelzung, Vulkanisation, Härtung, Verschweißung und Sterilisierung verschiedenster Materialien eingesetzt. Im Bereich der Nutzstrahlung beträgt die Feldstärke stets ein Vielfaches der Grenzwerte. Arbeitsfrequenzen sind meist 27,12 MHz oder 2,45 GHz.

Die Felder von Bildschirmgeräten liegen stets weit unter den Grenzwerten. Bei Mikrowellenherden bleiben die Felder gänzlich im Inneren des Gerätegehäuses eingeschlossen, solange keine Undichtheiten auftreten. Dies sollte man bei alten oder mechanisch beschädigten Herden überprüfen.

Grenzwerte

Der Basisgrenzwert für die spezifische Absorptionsrate, gemittelt über den ganzen Körper, beträgt 0,4 W/kg. Für Teilkörperbereiche von nicht mehr als 10 g Gewebe sind 10 W/kg zulässig. Die Grafik auf Seite 21 zeigt die für die Praxis verwendbaren Grenzwerte der elektrischen und der magnetischen Ersatzfeldstärken bei Ganzkörperexposition und Dauerbestrahlung über mehr als 6 Minuten. Für Kurzzeitexposition und Exposition gegenüber mehreren Feldern aus verschiedenen Quellen gelten spezielle Regelungen.

Die Grenzwerte der Berührungsströme bei großen, elektrisch isolierten Metallgegenständen in Feldern sind in der folgenden Tabelle angegeben.

**Bei industriellen Anwendungen ist Vorsicht im Nahbereich geboten**

**Bildschirme und Mikrowellen sind üblicher Weise harmlos**

## Messen

Frequenzwert f (MHz)	Effektivwert des Stromes (mA)
0,033–0,1	400 x f

Grenzwerte der Berührungsströme

### Schutzmaßnahmen

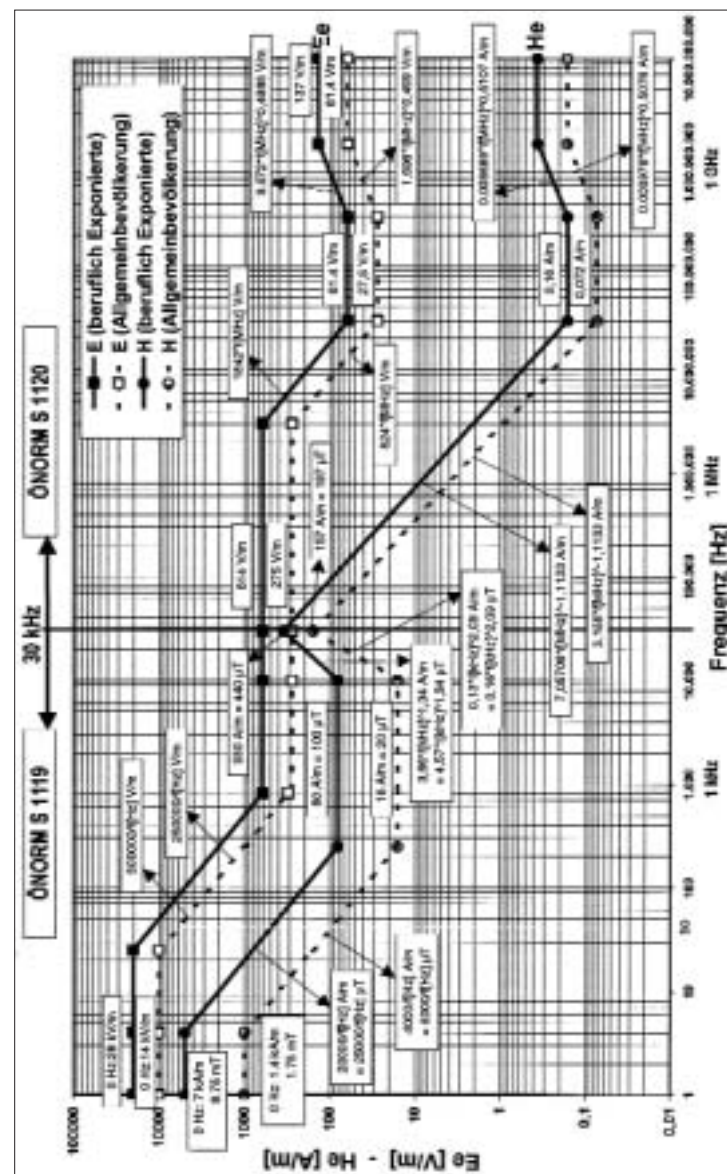
An Arbeitsplätzen mit Anwendung von Hochfrequenzenergie sollte eine genaue Untersuchung der Feldstärken im gesamten Aufenthaltsbereich erfolgen. Dabei sind Betriebsfrequenz, Tastverhältnis sowie weitere technische Aspekte zu berücksichtigen.

## Abschirmen

Zur Abschirmung der Strahlung an einer Anlage kann man Bleche einsetzen, die einen Faraday'schen Käfig um die Strahlungsquelle bilden müssen. Dies erschwert jedoch meist die Handhabung der Werkstücke. Fernbedienungen, Roboter, Förderanlagen und andere Manipulationshilfen ermöglichen es dem Arbeiter, sich bei in Betrieb befindlicher Anlage außerhalb des Gefahrenbereiches aufzuhalten. Vergrößerung des Abstandes zur Quelle bringt stets eine Verringerung der Exposition. Weiters kann man durch Kurzeit-aufenthalt im Feld (z. B. für einige Sekunden) und anschließendes Entfernen um einige Meter eine wirkungsvolle Verringerung der mittleren Strahlungsabsorption erreichen.

## Erden

Berührungsströme vermeidet man durch Erden aller großen Metallgegenstände, durch Isolation berührbarer Teile sowie durch Zugangssperren.



*Für alle, die  
mehr wissen  
wollen oder  
müssen ...*

## Literatur

Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf  
Schutz vor nichtionisierender elektromagnetischer Strahlung, Teil 2: Hochfrequenz- und Mikrowellenstrahlung im Frequenzbereich 10 kHz - 3000 GHz

ÖNORM S 1119 (Vornorm): Niederfrequente elektrische und magnetische Felder. Zulässige Expositionswerte zum Schutz von Personen im Frequenzbereich 0 Hz bis 30 kHz

ÖNORM S 1120 (Vornorm): Mikrowellen- und Hochfrequenzfelder. Zulässige Expositionswerte zum Schutz von Personen im Frequenzbereich 30 kHz bis 3000 GHz, Messungen

Molla-Djafari, H., Winker, N., Schmid, G., Neubauer, G., Haider, H., Garn, H., Alesch, F., Baumgartner, W. D., Jahn, O., Zehetmayer, M., Tschabitscher, M.: „Strahlungsabsorption im menschlichen Kopf bei Exposition in hochfrequenten elektromagnetischen Feldern“, Report 19, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Wien 1998

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

EU 1999, Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 199/59, 30.7.1999

Italy 1998, Italienisches Dekret Nr. 381, Decree no 381, Regulations Laying down Standards for Determining the Maximum Levels of RF Compatible with Human Healths,

Ministry of the Environment (Italy), DECREE of 10 September 1998, No 381, B/RFE 038

NISV 99, Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, Schweizerischer Bundesrat, 23.12.1999

Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf  
Schutz vor nicht ionisierender elektromagnetischer Strahlung

Teil 1: Statische und niederfrequente Felder bis 10 kHz.

ÖFZS-Bericht Nr. 4434, Februar 1988

Teil 2: Hochfrequenz- und Mikrowellenstrahlung im Frequenzbereich 10 kHz- 3000 GHz. ÖFZS-Bericht Nr. 4436, Februar 1988

Die Möglichkeit der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch elektromagnetische Felder mit energietechnischen Frequenzen

2 Bände, ÖFZS-Berichte A-1657 und A-1658, März 1990

*Für alle, die  
mehr wissen  
wollen oder  
müssen ...*



A large grid of small dots for taking notes, consisting of 20 columns and 30 rows.