

weitnauer MESSTECHNIK
 Eich 1 CH-8752 Näfels
 Tel. 055 612 51 31
 Fax 055 612 51 65

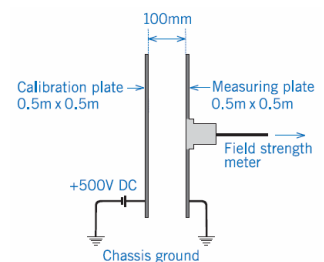
Adrian E. Weitnauer,
 dipl. El.-Ing. ETH/SIA

Stand: September 2007

Elektromagnetische Felder — Grenzwerte und Empfehlungen

Begriffe

Begriff	Erklärung
Elektrisches Feld	Das elektrische Feld übt auf geladene Teilchen (Elektronen, Ionen) eine Kraft aus. Die elektrische Feldstärke ist ein Mass für diese Kraftwirkung. Das einfachste Modell für das elektrische Feld ist der Plattenkondensator. Dabei stehen sich in einem bestimmten Abstand zwei Platten gegenüber. Die elektrische Feldstärke im Innern ergibt sich aus der elektrischen Spannung dividiert durch den Plattenabstand und wird angegeben in Volt pro Meter. Das elektrische Feld lässt sich bei niedrigen Frequenzen sehr einfach abschirmen: bereits leitfähige Folien reichen oft aus. Die korrekte isotrope Messung des elektrischen Feldes ist sehr schwierig und stellt hohe Anforderungen an das Messgerät und den Aufbau des Sensors. Die Messung erfolgt mit einem möglichst kleinen Plattenkondensator pro Feldkomponente. Um das räumliche Feld zu messen, sind drei orthogonale Plattenpaare notwendig. Die Messwertübertragung hat immer über eine nicht elektrisch leitende Verbindung (z.B. Lichtwellenleiter) zu erfolgen. Die schwedische Computernorm TCO definiert zur Messung von elektrischen Feldern rund um ein Bildschirmgerät einen speziellen Sensor. Dies ist eigentlich sinnvoll, damit trotz dem inhomogenen Feld reproduzierbare Messergebnisse erzielt werden. Jedoch muss beachtet werden, dass die leitende und sogar geerdete(!) Platte das elektrische Feld selber erheblich stört. Vom Prinzip her misst die TCO-Sonde gar nicht das elektrische Feld, sondern den nach Erde fliessenden Strom. Die so erhaltenen Messresultate dürfen deshalb nicht mit jenen eines wirklichen Feldmessgerätes verglichen werden.





Begriff	Erklärung
Magnetisches Feld	Sobald ein elektrischer Strom fliesst, bildet sich senkrecht zum Stromfluss ein magnetisches Feld. Somit hat ein magnetisches Feld keine Quellen und die Feldlinien sind in sich geschlossen. Bewegen sich leitfähige Stoffe relativ zum Feld oder ändert sich das Feld zeitlich, wird in ihnen eine elektrische Spannung induziert. Die magnetische Feldstärke wird gemessen in Ampère pro Meter. Die magnetische Induktion ist materialabhängig und wird gemessen in Voltsekunden pro Quadratmeter, was der Einheit Tesla entspricht. Diese Einheit ist sehr gross, weshalb üblicherweise microTesla oder nanoTesla verwendet werden. Im Vakuum (oder auch in Luft) gilt für die magnetische Induktion: 1000 nT = 1.257 A/m Das magnetische Feld durchdringt alle Materialien gut. Eine Abschirmung speziell bei niedrigen Frequenzen lässt sich kaum oder nur mit unverhältnismässig grossem Aufwand bewerkstelligen. Deshalb müssen sämtliche Massnahmen unbedingt an der Quelle ansetzen.
Elektromagnetisches Feld	Nach dem allmählichen Übergang zur Hochfrequenz (ca. ab 30 kHz) sind das elektrische und das magnetische Feld miteinander über die Impedanz des freien Feldes (376.7 Ohm) gekoppelt. Das Feld kann sich ungehindert im Raum fortbewegen und somit Energie drahtlos transportieren. Diese Eigenschaft wird durch die verschiedenen Spielarten des Rundfunks genutzt. Da im freien Feld die beiden Feldkomponenten derart verkoppelt sind, wird üblicherweise statt der Feldstärke die Leistungsflussdichte in Watt pro Quadratmeter angegeben.
Elektromagnetische Strahlung	Bei sehr hoher Frequenz breitet sich das elektromagnetische Feld immer stärker gerichtet aus. Somit wird der Energietransport bei hohen Frequenzen als „Strahlung“ bezeichnet. Dies gilt für Mikrowellen, Infrarot, sichtbares Licht, Ultraviolett und schliesslich Röntgen-, Gamma und Höhenstrahlung, welche alle dem elektromagnetischen Spektrum angehören.
Grenzwerte	In gesetzlichen Regelwerken angegebene verbindliche Werte, die nicht überschritten werden dürfen. Diese Werte sind oft Kompromisse zwischen Machbarkeit und beobachteter negativer Wirkungen. Federführend in diesem Bereich gilt die von der WHO anerkannte unabhängige Organisation ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; www.icnirp.org), die Empfehlungen für gesetzliche Grenzwerte macht.
Vorsorgewerte	Werte unterhalb der Grenzwerte, die vorsorglich nicht überschritten werden sollten. Diese Werte werden auf Grund angenommener, aber nicht belegbarer Wirkungsmechanismen oder von Hinweisen postuliert. Die meisten Länder der Welt orientieren sich bei ihren Grenzwertfestsetzungen an den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission für nicht-ionisierende Strahlung (ICNIRP). So auch die Schweiz und die EU. Verschiedene Institutionen fordern wegen der unsicheren wissenschaftlichen Datenlage mit Hinweisen auf biologische Wirkungen Reglementierungen unterhalb der ICNIRP-Grenzwertempfehlungen, meist in Form von sog. Vorsorgewerten. Der vorliegende Überblick umfasst den NF- (50 Hz) und den HF-Bereich (wichtigste Mobiltelefonfrequenzen). Die ICNIRP-Grenzwertempfehlungen bieten schon vom Konzept her lediglich einen sicheren Schutz vor akuten Wirkungen elektromagnetischer Strahlung, wie sie erst bei extremen Feldstärken auftreten (Unfälle in der Elektroindustrie oder Gefährdung von Antennenmonteuren). Das Risiko von Langzeiteffekten wird von den Grenzwerten nicht tangiert.



Begriff	Erklärung
„Ankopplungs- spannung“	Dieser Begriff wurde vor einigen Jahren durch „Baubiologen“ eingeführt. Er bezeichnet die Spannung gegenüber Erdpotenzial, die ein Körper in einem elektrischen Feld annimmt. Gemessen wird mit einem einfachen Voltmeter mit sehr hohem Innenwiderstand. Nur schon die Tatsache, dass die Wahl des Bezugspotenzials nicht klar definiert ist, verbietet es aber, damit zu arbeiten. Weiter darf nicht vergessen werden, dass die Leitungen des Messinstruments das elektrische Feld in unzulässiger Weise verzerren. Mit der Ankopplungsspannung wird oftmals „bewiesen“, wie „wirksam“ Abschirmmatten sind. Jedoch geschieht dies häufig ohne Kenntnis der tatsächlichen Feldverhältnisse. Die einzige korrekte Messmethode ist die Messung der elektrischen Feldstärke, die allerdings teure Messgeräte erfordert. Abschirmmatten können die Verhältnisse durch die Ausbildung von inhomogenen Feldern gar noch verschlimmern.
Baubiologie	„Baubiologie“ ist ein Sammelbegriff für die umfassende Lehre, Bauwerke durch den Einsatz geeigneter Erkenntnisse und Techniken umweltbewusst und schadstoffarm auszuführen. Das Ziel des gesunden Wohnens soll durch die ganzheitliche Betrachtung physiologischer, psychologischer, physikalischer und technischer Zusammenhänge und der Wechselwirkung zwischen Bauwerk, Nutzer und dessen Umwelt erreicht werden. Baubiologische Grundsätze finden neben dem Bau von Wohnungen auch bei der Errichtung von Schulgebäuden, Krankenhäusern und Kindergärten Verwendung. Die Bezeichnung „Baubiologe“ ist nicht gesetzlich geschützt. Jeder darf sich unabhängig vom Bildungsgrad so nennen. Einige Aussagen von Baubiologen sind bereits dem grenzwissenschaftlichen Graubereich zuzuordnen, so liegen die oft zitierten „baubiologischen Grenzwerte“ um Faktoren von 100 bis 1'000'000 unter den wissenschaftlich begründbaren und damit anerkannten Grenzwerten. Für solche tiefe Werte sind überdies keine sicheren Messmethoden vorhanden. Zur Illustration von „baubiologischen Grenzwerten“ sind in dieser Zusammenstellung die „baubiologischen Richtwerte“ des „Standards für baubiologische Messtechnik 2003“ des Deutschen Berufsverbandes für Baubiologie VDB e.V. aufgeführt (www.baubiologie.net).



Niederfrequente elektrische Felder

Gesetzliche oder institutionelle Grenzwerte

Institution	Wert (V/m)	Frequenz
DIN/VDE 0848 (für den Arbeitsplatz)	20'000	50 Hz
SUVA (CH) für berufliche Exposition	10'000	50 Hz
NISV (CH 1999)	5'000	50 Hz
Verordnung 26. BImSchV (D 1996) / DIN VDE 0848	5'000	50 Hz
MPR Computernorm (50cm Bildschirmabstand)	25	
ECOLOG GmbH, Hannover	20	50 Hz
TCO 03 Computernorm (30cm Bildschirmabstand)	10	5 Hz bis 2 kHz
TCO 03 Computernorm (30cm Bildschirmabstand)	1	2 kHz bis 400 kHz

NISV: Verordnung für den Schutz gegen nichtionisierende Strahlung

BImSchV: Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

TCO: Schwedisches Unternehmen, gegründet von der Dachorganisation der Angestelltengewerkschaften

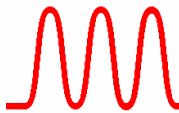
Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche (MSB-2003, Verband für Baubiologie VDB e.V.)

Die nachstehenden Richtwerte entsprechen dem „Standard für baubiologische Messtechnik 2003“. Diese Werte sind Vorsorgewerte für sensible Personen und beziehen sich auf Dauereinwirkungen.

Keine Anomalie	Bis 1 V/m
Schwache Anomalie	1 V/m bis 5 V/m
Starke Anomalie	5 V/m bis 50 V/m
Extreme Anomalie	Grösser als 50 V/m

Massnahmen zur Verringerung der Werte:

- Abstand vergrössern
- Verlängerungskabel entfernen
- Zuleitungen mit Erdleiter (Schutzleiter) verwenden
- Verbraucher allpolig schalten (keine einpoligen Schalter wie bei Nachttischlampen)
- Abgeschirmte Elektroinstallation speziell in Holzbauten
- Verbraucher erden (Schutzleiter)
- Netzfreeschalter
- Geeignete Abschirmungen



Niederfrequente magnetische Felder

Gesetzliche und institutionelle Grenzwerte

Institution	Wert (nT)	Frequenz
SUVA (CH) für berufliche Exposition	500'000	50 Hz
NISV (CH 1999), Immissionsgrenzwert	100'000	50 Hz
Verordnung 26. BlmSchV (D 1996) / DIN VDE 0848	100'000	50 Hz
Russland	12'000	
NISV (CH 1999), Anlagengrenzwert	1'000	50 Hz
KATALYSE 1994, ECOLOG 1994	200	
TCO 03 Computernorm (30cm Bildschirmabstand)	200	5 Hz bis 2 kHz
TCO 03 Computernorm (50cm rund um Bildschirm)	25	2 kHz bis 400 kHz

Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche (MSB-2003, Verband für Baubiologie VDB e.V.)

Die nachstehenden Richtwerte entsprechen dem „Standard für baubiologische Messtechnik 2003“. Diese Werte sind Vorsorgewerte für sensible Personen und beziehen sich auf Dauereinwirkungen.

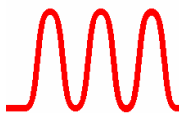
Keine Anomalie	Bis 20 nT
Schwache Anomalie	20 nT bis 100 nT
Starke Anomalie	100 nT bis 500 nT
Extreme Anomalie	Grösser als 500 nT

Massnahmen zur Verringerung der Werte:

- Abstand vergrössern
- keine Kleinspannungsbeleuchtung (Halogenlampen)
- keine Heizdecken oder Wasserbetten
- Geeignete hochpermeable Abschirmungen wenn notwendig (siehe Bemerkung)
- Zuleitungen mit hohen Strömen (Steigleitungen!) nicht im Schlafbereich

Wichtiger Hinweis:

Die Verwendung von abgeschirmten Leitungen hat nahezu keinen Einfluss auf das Magnetfeld. Abschirmungen bedingen die Verwendung hochpermeabler Metalllegierungen (Mu-Metall). Solche Abschirmungen sind sehr teuer, erfordern genaue Planung und sollten demnach nur an Quellen wie Trafostationen angebracht werden.



Hochfrequente elektromagnetische Felder

Gesetzliche und institutionelle Grenzwerte oder Empfehlungen

Institution	Feldstärke (V/m)	Leistungsflussdichte (mW/m ²)
DIN 0848 für berufliche Exposition	194	100'000
Verordnung 26. BImSchV (D 1997) / DIN VDE 0848, ab 2 GHz	61	10'000
NISV (CH 1999), ab 2 GHz, Gesamtexposition	60	9'600
Verordnung 26. BImSchV (D 1997) / DIN VDE 0848, E-Netz	58	9'000
Verordnung 26. BImSchV (D 1997) / DIN VDE 0848, D-Netz	42	4'500
NISV (CH 1999), D-Netz, Gesamtexposition	40	4'200
China, Russland, Italien, Polen, Ungarn (Summe aller Anlagen)	6.1	100
NISV (CH 1999), ab 2 GHz, Anlagengrenzwert	6	96
Brüssel UMTS	4.5	54
Brüssel GSM 1800	4.2	46
NISV (CH 1999), D-Netz, Anlagengrenzwert	4	42
Brüssel GSM 900	3	24
ECOLOG 2003 (Empfehlung, ECOLOG GmbH Hannover)	1	3
„Salzburger Resolution“, 8. Juni 2000 (Empfehlung)	0.61	1

Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche (MSB-2003, Verband für Baubiologie VDB e.V.)

Die nachstehenden Richtwerte entsprechen dem „Standard für baubiologische Messtechnik 2003“. Sie sind Vorsorgewerte für Schlafbereiche und sensible Personen und beziehen sich auf Dauereinwirkungen.

(gepulst)	Leistungsflussdichte (mW/m ²)	Feldstärke (V/m)
Keine Anomalie	Bis 0.0001 mW/m ²	Bis 0.006 V/m
Schwache Anomalie	0.0001 mW/m ² bis 0.005 mW/m ²	0.006 V/m bis 0.04 V/m
Starke Anomalie	0.005 mW/m ² bis 0.1 mW/m ²	0.04 V/m bis 0.2 V/m
Extreme Anomalie	Grösser als 0.1 mW/m ²	Grösser als 0.2 V/m

(ungepulst)	Leistungsflussdichte (mW/m ²)	Feldstärke (V/m)
Keine Anomalie	Bis 0.001 mW/m ²	Bis 0.02 V/m
Schwache Anomalie	0.001 mW/m ² bis 0.05 mW/m ²	0.02 V/m bis 0.14 V/m
Starke Anomalie	0.05 mW/m ² bis 1 mW/m ²	0.14 V/m bis 0.6 V/m
Extreme Anomalie	Grösser als 1 mW/m ²	Grösser als 0.6 V/m

Massnahmen zur Verringerung der Werte:

- Abstand vergrössern, Verwendung einschränken
- keine drahtlosen Telefone, Bluetooth- oder WLAN-Anwendungen in unmittelbarer Nähe
- Geeignete Abschirmungen wenn notwendig (siehe Hinweis)

Wichtiger Hinweis:

Abschirmungen müssen gut geplant werden. Falsch angebrachte Abschirmungen können zu einer Verstärkung der Felder führen. Das Anbringen einer Abschirmung gegen hochfrequente Strahlung muss messtechnisch begleitet werden.

Mobiltelefone regeln ihre Sendeleistung. Deshalb ist das Telefonieren mit Mobiltelefonen im Innern von abschirmenden Gebäuden oder gar Autos (Faraday-Käfig) zu vermeiden. Ebenfalls zu vermeiden ist das Anbringen von elektrisch leitfähigen Gebilden (Folien, Schmuck, „Bio-Chips“) am Gehäuse des Mobiltelefons, da diese das Abstrahlverhalten beeinflussen.